

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Conservación de Recursos Genéticos mediante el Enraizamiento de
Estaquillas de *Plukenetia Volubilis* L. y *Omphalea Diandra* en dos
tipos de sustrato, en el Distrito de La Banda de Shilcayo**

Por:
Keysi Fiorela Vargas Meléndez

Asesor:
Ing. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, mayo del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

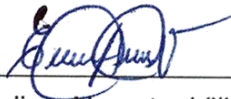
Yo, *Carmelino Almester Villegas*, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Conservación de recursos genéticos mediante el enraizamiento de estaquilla de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* en dos tipos de sustratos, en el distrito de La Banda de Shilcayo”*** constituye la memoria que presenta el **Bachiller: Keysi Fiorela Vargas Meléndez**, para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, que ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 21 días del mes de mayo del año 2019



Ing. Carmelino Almester Villegas

Conservación de recursos genéticos mediante el enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* en dos tipos de sustrato, en el distrito de La Banda de Shilcayo.

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR

Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno
Presidente

Mg. Betsabeth Teresa Padilla Macedo
Secretario

Ing. Ivone Vásquez Briones
Vocal

Ing. Jhon Patrick Rios Bartra
Vocal

Ing. Carmelino Almestar Villegas
asesor

Morales, 14 de mayo del año 2019

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado, en primer lugar, a Dios por derramar sabiduría durante la formación de mi vida profesional y por darme fuerzas para seguir adelante. A mis padres Carlos y Margarita por su apoyo incondicional y a mis hermanos Mirco y Janina por su amor y respeto.

Agradecimiento

Al programa INNOVATE PERÚ que, por medio del proyecto titulado “Desarrollo de formulaciones en inducción floral, fertilizante compuesto (N-P-K) y enraizador de estaquillas, orientados a incrementar la productividad del cultivo de sacha Inchi en la región San Martín” con contrato N° 017-2017- PITEI, brindó el financiamiento y las herramientas necesarias para el desarrollo del proyecto.

A la empresa Agroindustrias Amazónicas por facilitarme información y por la confianza depositada para la ejecución del proyecto.

Al ing. Danter Cachique – especialista en propagación genética de especies nativas- f por la asesoría brindada, por sus enseñanzas, consejos e información facilitada.

Al ing. Carmelino Almestar por su asesoría y enseñanzas impartidas.

A la Universidad Peruana Unión por ser la casa de estudios en donde aprendí a amar la carrera de Ingeniería Ambiental.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Objetivos.....	18
1.1.1. Objetivo General.....	18
1.1.2. Objetivos Específicos.....	18
1.2. Justificación.....	18
1.3. Presuposición filosófica.....	19
CAPÍTULO II.....	20
REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1. Fundamentos de la conservación de los recursos genéticos.....	20
2.1.1. Conservación de la biodiversidad.....	20
2.1.2. Conservación de la biodiversidad vegetal.....	22
2.1.2.1. Presión antrópica sobre las especies vegetales.....	22
2.1.3. Conservación de recursos genéticos.....	23
2.1.4. Estrategias para la conservación de recursos genéticos.....	24
2.1.4.1. Conservación in situ.....	24
2.1.4.2. Conservación ex situ.....	25
2.1.4.3. Conservación on farm.....	25
2.1.5. Mejoramiento genético de especies vegetales.....	25
2.1.6. Diversidad biológica.....	26

2.1.6.1. Niveles de la diversidad biológica.....	26
2.1.7. Biología de la conservación	28
2.1.7.1. Principios de la biología de la conservación.....	28
2.1.7.2. Disciplinas de la biología de la conservación	29
2.1.8. Margo Legal.....	30
5.1.8.1. Ley N° 26839.- Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica	30
5.1.8.2. Constitución Política del Perú	30
2.1.9. Sustratos.....	30
2.1.9.1. Arena blanca	30
2.1.9.2. Cascarilla de arroz	31
2.1.10. Generalidad de la especie <i>Plukenetia volubilis</i> L.	31
2.1.10.1. Clasificación botánica	31
2.1.10.2. Origen y distribución	32
2.1.10.3. Morfología.....	33
2.1.10.4. Propagación de plantas de <i>Plukenetia</i>	35
2.1.10.5. Poblaciones naturales de <i>Plukenetia volubilis</i> L.	35
2.1.10.6. Diversidad genética de <i>Plukenetia</i>	38
2.1.11. Generalidad de la especie de <i>Omphalea diandra</i> L.....	38
2.1.11.1. Clasificación botánica	38
2.1.11.2. Hábitat y distribución	39
2.1.11.3. Morfología.....	39
2.1.12. Propagación asexual o vegetativa.....	41
2.1.13. Propagación vegetativa a través de estacas.....	42
2.1.14. Reguladores de crecimiento	43

2.1.14.1. Ácido-3- indol butírico (AIB)	43
2.1.15. Sistemas de propgación.....	43
2.1.15.1. Propagador de subirrigación.....	44
2.2. Métodos para la conservación de recursos genéticos	45
2.3.1. Métodos para la conservación de especies vegetales.....	45
2.3.2. Métodos para generación de variación genética.....	45
2.3. Antecedentes.....	46
2.2.1. Antecedentes internacionales	46
2.2.2. Antecedentes nacionales	47
CAPITULO III.....	48
MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. Descripción del área de estudio.....	48
3.2. Especificación del campo experimental	49
3.2.1. Distribución de las unidades experimentales del invernadero	49
3.2.1.1. Descripción del invernadero	49
3.2.1.2. Descripción de la cámara de sub-irrigación	49
3.2.1.3. Identificación y selección de plantas madres	50
3.2.1.4. Protocolo para la extracción y transporte de estacas	51
3.2.1.5. Descripción de los sustratos	52
3.2.1.6. Equipos, materiales e insumos de laboratorio.....	52
3.3. Diseño experimental.....	53
3.3.1. Diseño experimental para la especie <i>Plukenetia volubilis</i> L.	54
3.3.1.1. Especificaciones del campo experimental.....	54
3.3.1.2. Factores de estudio para el ANOVA.....	54
3.3.1.3. Tratamientos en estudio.....	55

3.3.2. Diseño experimental para la especie <i>Omphalea diandra</i>	55
3.3.2.1. Especificaciones del campo experimental.....	55
3.3.2.2. Factores de estudio.....	56
3.3.2.3. Tratamientos en estudio.....	56
3.4. Formulación de hipótesis	57
3.4.1. Hipótesis nula	57
3.4.2. Hipótesis alterna.....	57
3.5. Identificación de variables.....	57
3.5.1. Variable independiente	57
3.5.2. Variables independientes.....	57
3.5.3. Frecuencia de medición de las variables.....	58
3.6. Operacionalización de variables	58
3.7. Instrumentos de recolección de datos	59
3.8. Técnica de recolección de datos	59
3.9. Plan de procesamiento de datos	59
3.9.1. Análisis estadístico de los indicadores de enraizamiento para la especie <i>Plukenetia volubilis</i>	60
3.9.2. Análisis estadístico de los indicadores de enraizamiento para la especie <i>Omphalea diandra</i>	61
3.9.3. Prueba de comparaciones múltiples (Tukey).....	61
CAPITULO IV	62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.1. Resultados.....	62
4.1.1. Análisis de las características morfológicas de <i>Plukenetia volubilis</i> L.....	62
4.1.2 Análisis de las características morfológicas <i>Omphalea diandra</i>	69

4.2. Discusiones	75
4.2.1. Plukenetia volubilis L.	75
4.2.2. Omphalea diandra	80
CAPITULO V	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1. Conclusiones	88
5.2. Recomendaciones	89
REFERENCIAS	90
ANEXOS	95

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de los tratamientos en estudio.....	55
Tabla 2. Factores y repeticiones de <i>Omphalea diandra</i>	56
Tabla 3. Tratamientos estudiados.....	56
Tabla 4. Operacionalización de las variables	59
Tabla 5. Análisis de varianza	60
Tabla 6. Esquema de análisis de varianza <i>Omphalea diandra</i>	61
Tabla 7. Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento	62
Tabla 8. Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB.....	63
Tabla 9. Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB.....	63
Tabla 10. Análisis de varianza del número de raíces.....	64
Tabla 11. Prueba Tukey del número de raíces para la dosis de AIB.....	65
Tabla 12. Prueba Tukey del número de raíces para la dosis de AIB.....	65
Tabla 13. Análisis de varianza del porcentaje de brotación	66
Tabla 14. Prueba Tukey del porcentaje de brotación para la dosis de AIB	66
Tabla 15. <i>Análisis de varianza del porcentaje de mortandad</i>	67
Tabla 16. Prueba Tukey para el porcentaje de mortandad para el tipo de sustrato	67
Tabla 17. Prueba Tukey para el porcentaje de mortandad para la dosis de AIB.....	68
Tabla 18. Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB.....	68
Tabla 19. Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento	69
Tabla 20. Prueba Tukey para el porcentaje de enraizamiento para el tipo de sustrato	69
Tabla 21. Prueba Tukey para el porcentaje de enraizamiento para la dosis de AIB	70
Tabla 22. Análisis de varianza del número de raíces.....	70
Tabla 23. Prueba Tukey para el número de raíces para el tipo de sustrato	71

Tabla 24. Análisis de varianza del porcentaje de brotación	71
Tabla 25. Prueba Tukey para el porcentaje de brotación para el tipo de sustrato	72
Tabla 26. Prueba Tukey para el porcentaje de brotación para la dosis de AIB.....	72
Tabla 27. Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB.....	73
Tabla 28. Análisis de varianza de la longitud de raíz	74
Tabla 29. Prueba Tukey para la longitud de raíz para tipo de sustrato	74
Tabla 30. Prueba Tukey para la longitud de raíz para la dosis de AIB.....	75

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución del género <i>Plukenetia</i> en el mundo	32
<i>Figura 2.</i> Exsicata de <i>Plukenetia volubilis</i> ecotipo Mishquiyacu	34
Figura 3. Mapa de las principales poblaciones naturales de Sacha Inchi de San Martín.	37
Figura 4. Exsicata de <i>Omphakea diandra</i>	40
<i>Figura 5.</i> Ubicación del lugar de estudio	48

Índice de Anexos

Anexo 1. Instalación del vivero de propagación	96
Anexo 2. Instalación de las cámaras de propagación	96
Anexo 3. Diseño de ubicación de cámaras	97
Anexo 4. Desinfección de material.....	97
Anexo 5. Diseño de ubicación de estaquillas	98
Anexo 6. Diseño de ubicación de estaquillas 10x10 cm	98
Anexo 7. Hormona enraizador (ácido- 3- indol butírico.....	99
Anexo 8. Material vegetativo a propagar	99
Anexo 9. Instalación de estaquillas.....	100
Anexo 10. Estaquillas instaladas	100
Anexo 11. Estaquillas enraizadas de Plukenetia volubilis.....	101
<i>Anexo 12. Estaquilla enraizada de Omphalea diandra</i>	<i>102</i>

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue analizar el efecto del sustrato y la dosis AIB en el enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* con la finalidad de conservar recursos genéticos de estas especies promisorias. Para ello se consideró un diseño en bloques completamente al azar con dos factores, siendo estos sustratos (arena blanca y cascarilla de arroz) y dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) (0.0%, 0.2%, 0.4% y 0.6%). El mejor sustrato para el enraizamiento de estaquillas de *P. volubilis* L., fue arena blanca y la mejor dosis de AIB fue 0.2%. Esto permitirá que se acelere la aparición de raíces de las estaquillas del ecotipo Mishquiyacu, promoviendo de esta manera la conservación ex situ de la especie, la cual presenta características nutritivas y medicinales. En todos los casos se aceptó la hipótesis alterna. En cuanto a la especie *Omphalea diandra*, los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas fueron: Cascarilla de arroz y la dosis de AIB de 0,6%. Asimismo, el sustrato que presentó mayor número de raíces fue arena blanca. Por otro lado, los tratamientos con mayor porcentaje de brotación fueron: Arena blanca, dosis de AIB de 0,6% y la interacción de arena blanca con 0,6% de AIB. Con respecto a la longitud de raíz mayor los mejores tratamientos fueron: Cascarilla de arroz y la dosis de AIB de 0,6%. Por tanto, el mejor sustrato para el enraizamiento de estaquillas de *O. diandra*, fue cascarilla de arroz y la mejor dosis de AIB fue 0.6%. Esto permitirá promover la conservación de esta especie e impulsar su cultivo, debido a sus bondades. En todos los casos se aceptó la hipótesis alterna.

Palabras clave: Conservación, Genética, *Plukenetia volubilis* L., *Omphalea diandra*, Propagación, Enraizamiento.

Abstract

The objective of the present investigation was to analyze the effect of the substrate and the AIB dose in the rooting of cuttings of *Plukenetia volubilis* L. and *Omphalea diandra* in order to conserve genetic resources of these promising species. For this, a completely random block design was considered with two factors, being these substrates (white sand and rice husk) and doses of 3-indole butyric acid (AIB) (0.0%, 0.2%, 0.4% and 0.6%). The best substrate for the rooting of cuttings of *P. volubilis* L. was white sand and the best dose of AIB was 0.2%. This will allow the emergence of roots of the Mishquiyacu ecotype cuttings to be accelerated, promoting in this way the ex situ conservation of the species, which has nutritional and medicinal characteristics. In all cases the alternative hypothesis was accepted. Regarding the species *Omphalea diandra*, the treatments that presented the highest percentage of rooting of cuttings were: Rice husk and the AIB dose of 0.6%. Also, the substrate that presented the highest number of roots was white sand. On the other hand, the treatments with the highest sprouting percentage were: White sand, AIB dose of 0.6% and the interaction of white sand with 0.6% of AIB. Regarding the root length, the best treatments were: Rice husk and the AIB dose of 0.6%. Therefore the best substrate for the rooting of cuttings of *O. diandra*, was rice husk and the best dose of AIB was 0.6%. This will allow to promote the conservation of this species and boost its cultivation, due to its benefits. In all cases the alternative hypothesis was accepted.

Key words: Conservation, Genetics, *Plukenetia volubilis* L., *Omphalea diandra*, Propagation, Rooting.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La biología de la conservación es una ciencia orientada a una misión, nació como resultado de la pérdida acelerada de la diversidad biológica y ecosistémica a raíz de las actividades antrópicas. El crecimiento poblacional es una preocupación dominante, el consumo excede el reabastecimiento y, en las últimas décadas la flora silvestre, en el mundo, está siendo sobrexplotada.

La diversidad biológica de la Amazonía Peruana se ha visto expuesta gracias a las propiedades nutraceuticas de distintas especies nativas, siendo el Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y el género *Omphalea* unas de las más demandadas en el mercado por sus grandes concentraciones de Omega 3, 6 y 9, convirtiéndolas en cultivos importantes con aplicaciones en la industria farmacéutica y alimentaria originando que, en el Perú la pérdida de la biodiversidad y recursos naturales va a un ritmo alarmante; ameritan, con urgencia, desarrollar investigaciones que permitan identificar, describir y caracterizar la biodiversidad, para que se pueda tomar medidas de mitigación y conservación (May, Catenazzi, Angulo, Venegas & Aguilar, 2014).

La región San Martín es un ámbito geográfico referente en cuanto a la producción de *Plukenetia*, sin embargo, no se dispone de recursos genéticos con características óptimas. Existen tecnologías propuestas por la biología genética para la conservación, que son sostenibles y amigables con el medio ambiente; una de ellas es el uso de cámaras de sub irrigación, un método que se ha venido aplicando para la conservación de especies, en donde se seleccionan genotipos de mejor calidad, se monitorean las condiciones del clon y la cantidad de estacas a propagar, con la finalidad de obtener recursos genéticos con

características homogéneas de alta productividad y resistente a plagas y enfermedades. Para el uso de este método es indispensable contar con sustratos adecuados para evaluar el comportamiento de las estaquillas y que, a la vez, estas puedan desarrollarse en tiempo óptimo, razón por la cual en la presente investigación se utilizará como sustratos arena blanca y cascarilla de arroz.

Por esta razón en el presente estudio se busca responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la capacidad de enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* en dos tipos de sustratos: arena blanca y cascarilla de arroz con la finalidad de promover la conservación de recursos genéticos?

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Analizar el efecto del sustrato y la dosis AIB en el enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* con la finalidad de conservar recursos genéticos de estas especies promisorias.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del tipo de sustrato (arena blanca y cascarilla de arroz) en la capacidad de enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra*.
- Determinar el efecto de tipo de la dosis de AIB en la capacidad de enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra*.
- Evaluar el efecto de la interacción entre el tipo de sustrato y la dosis de AIB en la capacidad de enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra*.

1.2. Justificación

La biología de la conservación es una ciencia multidisciplinaria que nació a raíz de la búsqueda de soluciones a las causas de la pérdida de la diversidad biológica. Dentro de ella podemos encontrar distintos niveles, una de ellas es la conservación de los genes.

A raíz de la presión que existe por temas de conservación, se realizan investigaciones con escasa información y en corto tiempo, lo que implica que se propongan nuevos métodos o se optimicen a los métodos que ya existen de modo que, permita tener mejores datos de campo y que estos puedan ser analizados de forma eficaz, esto ayudará a tener argumentos más sólidos en menor tiempo; es así que, esta investigación estará orientada a la optimización de un método ya existente, ya que, al no contar con bancos que proporcionen recursos genéticos con características óptimas; nos enfocaremos en realizar estudios de conservación de especies mediante la evaluación de la capacidad de enraizamiento de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* utilizando arena blanca y cascarilla de arroz mediante el uso de cámaras de sub irrigación. Así mismo, permitirá determinar cuál es el mejor sustrato para la conservación de los genes de las especies en estudio.

Debido a la amenaza en la que se encuentra la diversidad biológica; se necesitan de este tipo de investigaciones que permitan obtener resultados óptimos en corto tiempo, presentar alternativas para reintroducir especies con el fin de hacerlas sostenibles en el tiempo y, sobre todo; abrir campos de estudio para aplacar la acelerada pérdida de la diversidad biológica.

1.3. Presuposición filosófica

Gen. 1:29 establece: “Y dijo Dios - He aquí os he dado toda planta que da semilla, que está sobre toda la tierra, y todo árbol en el que hay fruto y que da semilla; os será para comer” (Versión Reina Valera 2000). El creador indicó que la dieta apropiada para los seres humanos debe basarse en vegetales, y siendo que las especies *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* L. proporcionan servicios ambientales de provisión de alimentos, la presente investigación busca el mejoramiento de recursos genéticos mediante el enraizamiento de estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra* en dos sustratos diferentes (arena blanca y cascarilla de arroz).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fundamentos de la conservación de los recursos genéticos

2.1.1. Conservación de la biodiversidad

Muchas veces creemos que los términos diversidad y biodiversidad son sinonimia, pero se entiende mejor utilizando conceptos diferentes, las diferencias de estas se encuentran dentro del marco de la investigación y monitoreo. Para tener claro ambos conceptos diremos que Biodiversidad es de concepto más integral y genérico, más amplio por naturaleza, cuya importancia se ve reflejada en los esfuerzos por mantener el equilibrio en el mundo; Diversidad es el que tiene concepto más enfocado y puntual de entre las ciencias ecológicas, esta sí se puede medir e interpretar y para ello se utilizan una gran cantidad de métodos (Delgado & Fiengan, 2010).

Es importante reconocer que el uso de la diversidad biológica sustenta las principales actividades que mueven la economía del país. Además, hay que considerar que existen actividades industriales, las cuales aprovechan los servicios de provisión de la flora y fauna. A pesar de contar con estos beneficios aún no se le ha dado la importancia necesaria a este tema, no se ha invertido en la investigación para la conservación de la diversidad biológica.

Von May, *et al.* (2012) mencionan que el uso de la tecnología es importante para facilitar el estudio de la biodiversidad que involucren la continua capacitación de investigadores en cuanto a procesos evolutivos asociados a la existencia de áreas con mayor diversidad y endemismo en el Perú y los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad peruana.

En general existen dos grandes preocupaciones respecto de la biodiversidad en nuestro país:

- La primera, es la pérdida de diversidad biológica por causa de la pérdida de hábitats y por la erosión genética, lo que pone de manifiesto la importancia de programas de conservación y de investigación de genes para el desarrollo agropecuario, forestal e industrial del país.
- La segunda preocupación se refiere a la diversidad en territorios culturales y la desaparición de etnias, especialmente en la Amazonía, lo que lleva a la pérdida de conocimientos sobre prácticas de manejo sostenible de los ecosistemas que trascienden de generación en generación.

Ocasionar la pérdida de biodiversidad tiene graves consecuencias, siendo la más importante la reducción de la capacidad de los ecosistemas de brindar bienes y servicios que aportan a la economía, actividades agrícolas, culturales, espirituales y de salud pública. Dentro de los servicios que brindan los ecosistemas, tenemos: el reciclaje de nutrientes, la filtración del agua y el aire, la absorción de la contaminación, los bancos genéticos, la estética, la recreación y los hábitats de la vida silvestre. Se sabe muy bien que, intentar darle valor monetario a la biodiversidad resulta muy complicado ya que la metodología aún es poco confiable lo que hace que pocos investigadores quieran experimentar con esta, aun así, no se cuestiona el importante valor económico que tiene; un claro ejemplo se dio en Costa Rica, en el que un grupo de economistas calculó en 33 billones de dólares el valor económico estimado de los servicios que suministra el conjunto de ecosistemas naturales de la biosfera, lo que equivaldría 1,8 veces el producto nacional bruto (Instituto nacional de biodiversidad, 2004).

Si bien los esfuerzos por conservar la naturaleza se concentran en zonas claves y estratégicas en donde existen especies raras y en peligro de extinción, no debemos olvidarnos de aquellas especies nativas que vienen siendo aprovechadas por sus propiedades nutraceuticas ya que, son de suma importancia para la diversidad vegetal de la Amazonía y la economía de nuestro país.

2.1.2. Conservación de la biodiversidad vegetal

Los componentes vegetales son de gran importante dentro de la diversidad biológica. Estos ofrecen servicios ambientales a los ecosistemas que van desde la producción de oxígeno y la eliminación de las emisiones de dióxido de carbono atmosférico, hasta el suministro de los recursos naturales (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad biológica, 2009).

Los componentes vegetales, también son parte de la pirámide trófica siendo la base en todos los ecosistemas terrestres y en la mayoría de los ecosistemas marinos. Además, son fuente principal para los recursos naturales para la humanidad proporcionando los alimentos, medicamentos y fuente económica, este último en los países en desarrollo.

A lo largo de la historia del Perú, desde la época de las culturas preincaicas, existe registros de experiencias de uso y conservación de recursos de la diversidad vegetal. Sin embargo, actualmente nuestro país no cuenta con una política de ordenamiento territorial que permita mejor manejo, uso y conservación de la diversidad biológica (Consejo Nacional del Ambiente, 2001). Unas de las opciones para mejorar esta política en nuestro país es la biología de la conservación, ya que esta es una ciencia encargada de velar por la estabilidad de los ecosistemas, está enfocada en detener las consecuencias del hacinamiento urbano. Mediante esta ciencia podemos mejorar los servicios ambientales que brindan las especies que están siendo explotadas y/o aprovechadas por sus propiedades.

2.1.2.1. Presión antrópica sobre las especies vegetales

Los cambios por la mayor demanda mundial y la exigencia del mercado por los recursos naturales y los servicios ambientales que presta la Amazonia han generado nuevas presiones sobre estos recursos que se expresan en la ampliación de las áreas intervenidas, procesos de deforestación y ganadería, intensificación de actividades extractivas, como la pesca y la

minería, y el establecimiento de los cultivos de uso ilícito; todas ellas con consecuencias secundarias considerables (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2013).

2.1.3. Conservación de recursos genéticos

De acuerdo con Resende (2009) los recursos genéticos vegetales son considerados un patrimonio de la humanidad de valor incalculable y su pérdida es un proceso irreversible, afectando principalmente la seguridad alimentaria mundial.

Los recursos genéticos vegetales, con valor reconocido o potencial para la alimentación y agricultura, desempeñan un papel cada vez más importante en la seguridad alimentaria a nivel mundial y en el desarrollo económico de los pueblos, dado que el uso y la respectiva valorización contribuyen decisivamente para la reducción de la pobreza y garantía de la seguridad alimentaria a nivel global (Ministerio de Agricultura, 2015).

El aumento creciente en el uso de las plantas, ha despertado el interés de formular estrategias para conservación y mantenimiento de los recursos genéticos vegetales (Brito, Pereira, Pereira & Machado, 2011).

Brito, Pereira, Pereira & Machado (2011) implementaron un huerto de plantas medicinales, con la finalidad de conservar y preservar los recursos genéticos, y el acceso de la población local a estos recursos genéticos en cuanto a su valor terapéutico.

La conservación de los recursos genéticos es imprescindible para el mantenimiento de la agro-biodiversidad y para el desarrollo de nuevas variedades con características deseables (Chamon, 2016).

La conversión de los bosques, así como la expansión de la agricultura ha transformado el paisaje en todo el planeta, resultando en la pérdida de la biodiversidad y consecuentemente causando daños a los servicios ecosistémicos. Sin embargo, el desarrollo de prácticas agrícolas ecológicamente favorables, caracterizadas por los sistemas agroecológicos, ha

promovido una matriz de alta calidad para el mantenimiento de la biodiversidad (Monteiro, 2008).

En Brasil un huerto de frutales, se considera un banco de recursos genéticos, ya que prácticamente toda conservación se realiza en forma de colecciones en campo (Ferreira, 2011).

La mayoría del germoplasma de especies de frutales es conservada clonalmente, o sea, la forma más restringida de la biodiversidad, pues todos los individuos de un mismo acceso (planta madre), son genéticamente idénticos. Sin embargo, existen riesgos sobre este tipo de conservación, ya que existe gran homogeneidad entre los individuos, además de restringir la variabilidad genética (Ferreira, 2011). Frente a esto el autor plantea soluciones como la conservación *in situ*, *in vitro* y la conservación *on farm*.

2.1.4. Estrategias para la conservación de recursos genéticos

La conservación de recursos genéticos vegetales, ya sea *in situ* o *ex situ*, es un factor fundamental en la protección de los recursos genéticos (Ministerio de Agricultura, 2015).

2.1.4.1. Conservación *in situ*

Resende (2009) indica que tipo de conservación se realiza en el hábitat natural. En el caso de las especies domesticadas, del lugar donde estas desarrollan sus características adaptativas, incluyendo los sistemas tradicionales agrícolas. Incluye el manejo y monitoreo de los recursos genéticos de poblaciones silvestres dentro de áreas definidas para conservación activa a largo plazo. Para Resende (2009) en la conservación *ex situ* se conserva la población como un todo y no únicamente una muestra como en el caso de la conservación *ex situ*.

La conservación *in situ*, es entendida como la conservación de los ecosistemas y hábitats naturales y en el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables en su ambiente natural, en el caso de las especies cultivadas, en las condiciones donde se desarrollan sus especificidades (Ministerio de Agricultura, 2015).

2.1.4.2. Conservación *ex situ*

Consiste en la conservación de la especie fuera del hábitat natural (Resende, 2009a). La conservación *ex situ* tiene por objetivo conservar la integridad genética y la variabilidad presente en determinado momento para un específico pool genético (Ministerio de Agricultura, 2015).

2.1.4.3. Conservación *on farm*

Este tipo de conservación corresponde al cultivo y manejo continuo de poblaciones de plantas en el sistema tradicional realizado por comunidades locales y pueblos indígenas (Resende, 2009).

2.1.5. Mejoramiento genético de especies vegetales

Jones, citado por Machado (2014), indica que el mejoramiento genético de especies está relacionado con la uniformidad y la especialización de plantas.

El concepto moderno de mejoramiento genético ha dado una respuesta bastante efectiva a la humanidad en lo relacionado al incremento de la productividad de diferentes cultivos y contribuyendo para una mayor oferta de alimentos y el desarrollo de materias primas para las industrias cada vez más crecientes (Bueno, citado por Machado, 2014).

Los bancos genéticos incluyen variedades de diferentes regiones, llamados también bancos de germoplasma. A partir de esta variabilidad podrán encontrarse materiales genéticos con tolerancia a diferentes tipos de estrés (Machado, 2014).

El mejoramiento genético en general se realiza seleccionando plantas con las siguientes características: alta productividad, configuración de la planta, precocidad y resistencia a plagas y enfermedades (Reifschneider, citado por Chamon, 2016).

Los programas de mejoramiento genético buscan una selección intensa de los recursos genéticos a propagar. Esto muchas veces tiende a intensificar el monocultivo y la resistencia de algunas plagas y enfermedades (Franco & Baldin, 2010).

El germoplasma constituye la suma del material hereditario de una especie, o sea, la base física de la herencia que es transmitida de una generación a otra. Los bancos de germoplasma promueven la conservación ex situ e in situ, donde una muestra de variabilidad genética de determinada especie es conservada en condiciones artificiales, fuera del hábitat de la especie (Franco & Baldin, 2010).

La propagación vegetativa ayuda mantener intacto al genotipo y promueve la conservación de germoplasma. Así mismo con este tipo de propagación se aumenta la ganancia genética en periodos muy cortos al utilizar los componentes aditivos como los no aditivos de la varianza genética total (Cachique, Rodríguez, Ruiz-Solsol, Vallejos & Solis, 2011).

La propagación vegetativa en el Sacha Inchi ha permitido clonar de manera eficiente genotipos seleccionados que sean resistentes a plagas y enfermedades, alta productividad y altos niveles de aceite (Cachique, Rodríguez, Ruiz-Solsol, Vallejos & Solis, 2011), con lo cual se conseguirá aprovechar plantas con alto potencial de provisión de recursos ecosistémicos para la seguridad alimentaria.

2.1.6. Diversidad biológica

La diversidad biológica se entiende como la variedad de formas de vida, así como sus interacciones entre sí y el medio ambiente, además, es el punto a partir de donde nace la biología de la conservación (Monroy-Vilchis, 2007).

Monroy (2007) organizó a la diversidad biológica en distintos niveles con la finalidad de facilitar el estudio de la misma. Dentro de estos niveles se encuentran: los paisajes y ecosistemas, asociaciones o comunidades biológicas, especies, poblaciones y, genes.

2.1.6.1. Niveles de la diversidad biológica

- **Paisajes y ecosistemas:** Se puede definir como comunidades biológicas que interactúan entre sí dentro de su medio físico. En este nivel se estudian los flujos de la biomasa,

es decir, flujos de energía y materia; a través de los eslabones de la cadena trófica. Dentro de estas se estudia la cantidad de materia orgánica que pueden transformar los productores a través de la energía que absorben, lo que permite conocer cuánta biomasa y energía es captada por los primarios, secundarios y terciarios; y mediante esto se conoce la cantidad que se reincorpora al sistema. Dentro de estos procesos también se estudian factores ambientales como son; la temperatura, la humedad y la topografía del terreno.

- **Comunidades biológicas:** Se podría definir como el grupo de especies que habitan el mismo espacio e interactúan entre ellas. Para facilitar el estudio de este nivel se los agrupó por la forma en la que obtienen su energía del medio ambiente, de esta manera se tienen a los fotosintéticos, los herbívoros, los carnívoros y los detrívoros. Dentro de este nivel se encuentran especies claves de las cuales dependen el mantenimiento de otras especies.

- **Especies:** Se define como el conjunto de individuos con características morfológicas similares que se reproducen y dejan descendencia para continuar con la preservación de la especie. Es muy importante el estudio de estas, ya que de eso depende la conservación los genotipos de distintas fisiologías.

- **Poblaciones:** Están compuestas por individuos que mantienen intercambio de información genética mediante su linaje, estos intercambian información social desde muy simples hasta muy complejas. Estas poblaciones son importantes al momento que tratar temas de conservación ya que, son las poblaciones endémicas las que permitirán que el linaje de genes se mantenga sobre el tiempo.

- **Genes:** Los genes representan unidades de cromosomas que representan códigos para formar proteínas, estos se originan a raíz de las mutaciones. Diferentes factores como la temperatura y la topografía influyen para que existan diferentes tipos de genes y su conservación. La variación genética mantiene la flexibilidad evolutiva, lo que significa que mientras mayor sea el número de genes, mayor permanencia en el tiempo tendrá. El enfoque

de la conservación debe tener como punto clave la investigación en genes ya que, mediante los estudios de estos podremos hacer que muchas especies sean sostenibles.

2.1.7. Biología de la conservación

Actualmente la humanidad se encuentra en una situación crítica debido a la acelerada depredación de la diversidad biológica. Se ha tratado de medir, evaluar y mitigar esto, pero se necesitaba una de un medio que permita investigar estos fenómenos, es así como nace la biología de la conservación; una ciencia multidisciplinaria que busca encontrar la solución a las causas de la pérdida de la diversidad biológica.

Al ser una ciencia multidisciplinaria engloba a muchos enfoques, dentro de las cuales tenemos a las disciplinas de práctica, disciplinas científicas, disciplinas de ciencias sociales, y disciplinas de humanidades (Monroy-Vilchis, 2007).

2.1.7.1. Principios de la biología de la conservación

Para hacer frente a la situación que afronta la diversidad biológica se ha considerado que es necesario el análisis a través de varios enfoques, es así que varios autores hacen hincapié en que la biología de la conservación tiene dos principales objetivos.

Uno de estos se basa en investigar los efectos de las actividades antrópicas sobre los demás seres vivos y las comunidades biológicas; para esto, las disciplinas científicas se ven obligadas a realizar investigaciones con poca información y con la presión del tiempo, ya que las actividades realizadas por el ser humano se interponen cada día. Este objetivo se debe considerar como el más importante pues de ello dependerán muchas futuras soluciones a la problemática actual.

El segundo objetivo cumple la tarea de consecuencia del primer objetivo ya que, este trata de desarrollar aproximaciones prácticas que ayuden a solucionar problemas puntuales como: degradación de hábitats, extinción de especies, restaurar ecosistemas, reintroducir

especies. Este objetivo permitirá crear relaciones sustentables entre el ser humanos y la biodiversidad (Monroy-Vilchis, 2007).

2.1.7.2. Disciplinas de la biología de la conservación

Monroy (2007) señala que la biología de la conservación busca a la integración de ciencias ambientales y sociales de tal forma que se pueda crear una perspectiva general para la protección de la diversidad biológica junto con la cultural, a largo plazo. Este autor menciona, también, que esta ciencia necesita de ciertas disciplinas y las categoriza de la siguiente forma:

- **Disciplinas científicas:** Estas se encargan de identificar, describir y tratar de pronosticar los fenómenos biológicos y físicos que se vendrán. Dentro de ellas tenemos: taxonomía, ecología, biogeografía, evolución, genética y epidemiología.

- **Disciplinas de prácticas:** Una vez realizada la investigación, las disciplinas prácticas se ocupan de ejecutar estas investigaciones en donde intervienen el manejo organismos y poblaciones con fines enfocados en desarrollo predeterminado. Dentro de ellas tenemos las siguientes: veterinaria, agronomía e ingeniería forestal.

- **Disciplinas de ciencias sociales:** Una vez realizada la investigación y comprobada en campo, las ciencias sociales se encargan de recibir, analizar y transmitir la información hacia las comunidades. Dentro de estas tenemos: antropología, geografía, historia y sociología.

- **Disciplinas de humanidades:** Esta disciplina se encarga de impartir ética entre los pobladores, además de impartir los aspectos legales procurando el manejo sustentable de los recursos. Dentro de ellas se encuentran: filosofía y derecho ambiental.

2.1.8. Margo Legal

5.1.8.1. Ley N° 26839.- Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica

Art.- 42, Considera centros de conservación ex situ en materia de flora a los siguientes: Jardines botánicos, Bancos de germoplasma y de genes, Herbarios, Arboretos, Museos de ciencias naturales y Viveros (Presidencia del Consejo de Ministros, 2001).

Es así que, esta ley nos da la razón al momento de realizar investigaciones en temas de conservación de la biodiversidad vegetal mediante viveros de propagación clonal.

5.1.8.2. Constitución Política del Perú

Art.- 68, menciona, “que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas” (Ministerio del Ambiente, 2014).

2.1.9. Sustratos

Se puede definir como sustrato para un cultivo a todo aquello que sirva como soporte para el crecimiento de las raíces de las plantas, este medio de cultivo se aísla del suelo para impedir que las raíces tengan contacto con el mismo y se desarrollen en el medio, de esta manera poder tener control absoluto en el suministro de nutrientes a la planta y el oxígeno necesario para su respiración (Malaver, 2016).

2.1.9.1. Arena blanca

La arena blanca es un sustrato muy conocido, es de gran beneficio ya que por su color blanquecino facilita identificar cuándo una estaquilla se encuentra contaminada por hongos o cualquier otro factor lejano a la cámara de sub irrigación. Al tener textura suave facilita la formación de la raíz, además de brindar soporte en donde reposará la estaquilla seleccionada (Murrieta, 2010).

2.1.9.2. Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz como sustrato puede ser usada de forma directa en su estado natural o después de haber pasado por un proceso de compostaje, como la gran mayoría de los sustratos, es rico en potasio y fósforo además de presentar grandes cantidades de manganeso y boro, lo que significa que puede mostrar cierto grado de toxicidad para las plantas, posee nula fijación en nitrógeno; a pesar de ellos es una fuente importante de silicio. Entre las ventajas del uso de la cascarilla de arroz como sustrato tenemos: calidad uniforme, potencial de reutilización, puede ser usada en su forma natural o en una mezcla. Algunas de las desventajas son: bloqueo del paso de nitrógeno, disponibilidad de poca agua (Patrón & Pineda, 2010).

El uso de la cascarilla de arroz como sustrato significa un gran aporte a la reducción a la contaminación y mitigación al cambio climático, además de mostrar alternativas limpias para la reutilización de este sub producto que abunda en la región San Martín (Saboya, 2010).

2.1.10. Generalidad de la especie *Plukenetia volubilis* L.

2.1.10.1. Clasificación botánica

Álvarez G. y Ríos T. (2009) presentan la siguiente clasificación:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Fanerogama
Clase	:	Magnoliopsida (Angiospermae)
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Subfamilia	:	Alcalyphoideae
Tribu	:	Plukenetieae
Subtribu	:	Plukenetiinae

Género : Plukenetia
Especie : Plukenetia volubilis

2.1.10.2. Origen y distribución

El género *Plukenetia* comprende de 17 especies de distribución tropical, 12 de América, tres de África, una de Madagascar y una de Asia. En México se encuentran otros ecotipos de esta especie como: *P. carabiasiae*; *P. penninervia* y *P. stipellata* L.; *Plukenetia* L. es un género pantropical (Figura 5), posee 19 especies entre *euphorbiaceae*, este género incluye 12 especies neotropicales, y siete en el viejo mundo: una especie en el Asia, tres en el África y tres en Madagascar (Gillespie L. J., 1993).

En nuestro lado del continente se han registradas, en todos los países de la cuenca amazónica y las Guyanas, diferentes especies del género *Plukenetia*. En el Perú se tienen reportadas la presencia de cuatro especies de este género: *Plukenetia brachybotrya*, *P. lorentensis*, *P. polyadenia* y *P. volúbilis* (Gillespie L. J., 1993).

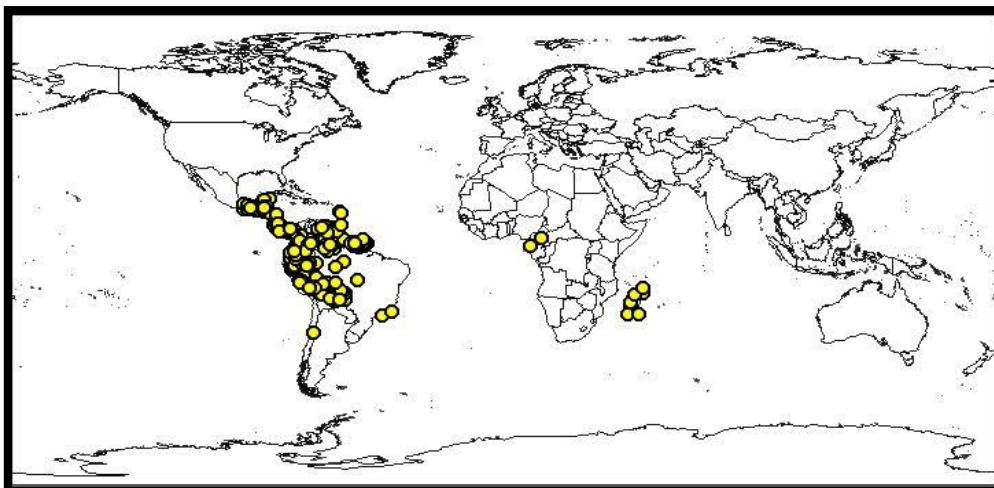


Figura 1. Distribución del género *Plukenetia* en el mundo

Fuente: Gillespie (1993)

2.1.10.3. Morfología

En la Figura 2 se aprecia la siguiente descripción: Es una planta que crece a base de soga o liana; sus tallos son jóvenes y tomentoso; de pecíolo 0.5-2 cm de largo, tomentoso; hoja cactácea, elíptica, ápice acuminado, base aguda a obtusa, margen serrulado, glabro a escasamente pubescente por encima y por debajo de las principales venas, pennadamente nervadas; glándulas basilaminares más de un par o confluyentes en un único par alargado. Cápsula 4-lobada, 0.5-0.7 x 1-1,2 cm, puberulenta, dehiscente, cada carpelo lóbulo (carpelo) con cornículo. Semillas globosas, marrón oscuro (Rodríguez, *et al.*, 2010).

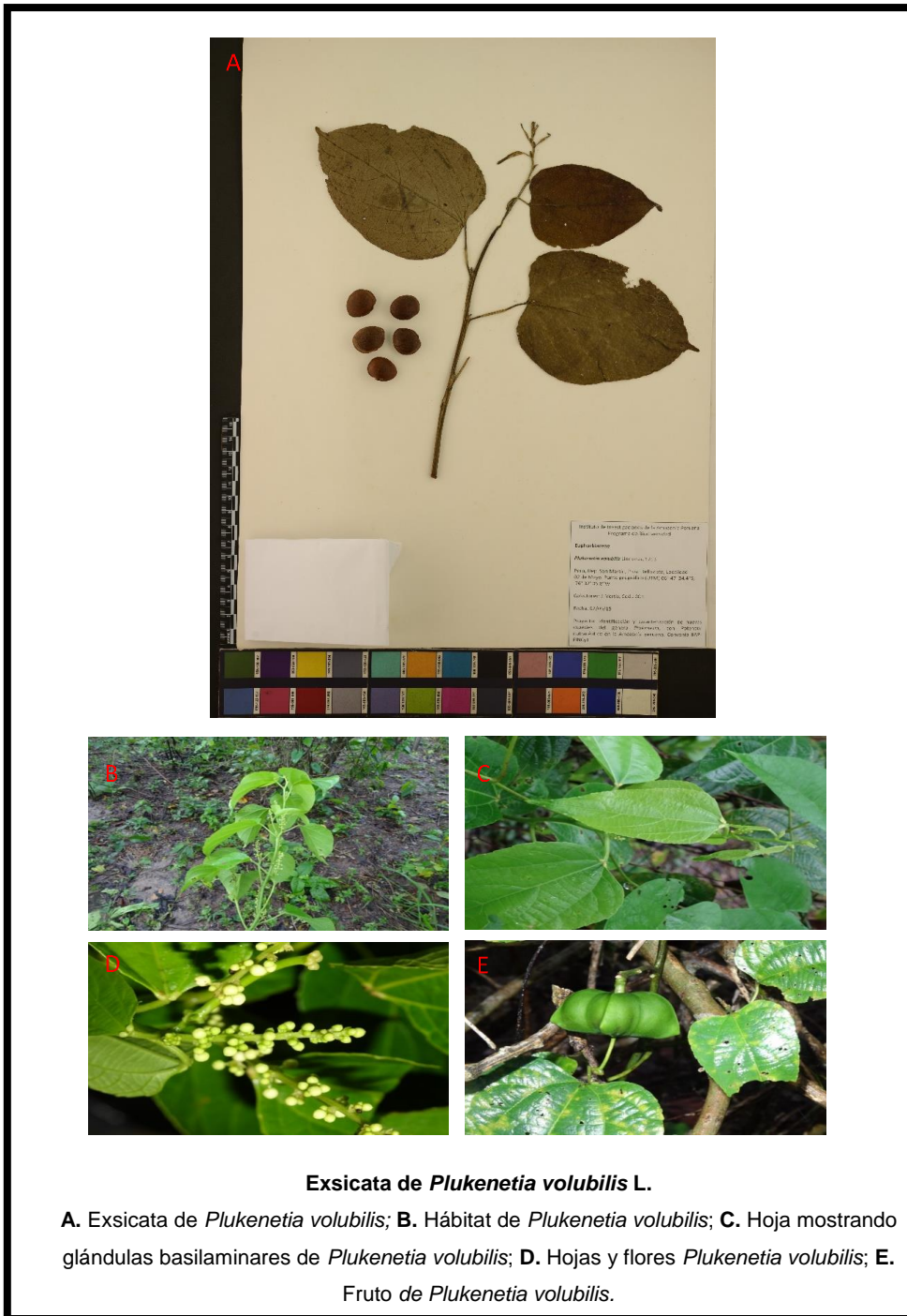


Figura 2. Exsicata de *Plukenetia volubilis* ecotipo Mishquiyacu

Fuente: Rodríguez (2010)

2.1.10.4. Propagación de plantas de *Plukenetia*

La propagación del sachá inchi se da de forma sexual, comúnmente mediante semilla botánica, sin embargo, se ha demostrado que también se puede propagar de manera asexual mediante estaquillas. En ensayos preliminares realizados por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana- Tarapoto, se evaluaron los efectos de dos tipos de sustratos, cinco dosis de ácido-3-indolbutírico (AIB), tres longitudes de estacas y cuatro áreas foliares sobre la capacidad de enraizamiento de estacas juveniles del Sachá Inchi, utilizando un el método de propagación llamado cámaras de sub irrigación. Al final de la investigación se obtuvieron porcentajes de enraizamiento superiores al 90 por ciento. En conclusión, la especie puede ser enraizada fácilmente en arena y otros sustratos usando una dosis de AIB de 0.2%, mediante estacas de 8 cm de longitud con áreas foliares de 50 o 100 cm² (Cachique, Ruiz, Vallejos, & Solis, 2011).

El enraizamiento es un proceso reconstructivo a través del cual se forman raíces adventicias. Se denomina raíz adventicia a cualquier raíz que se constituye a partir de un tejido que no es la radícula del embrión. A pesar de haber sido objeto de estudio e investigación aún no se ha logrado saber cuál es el factor que desencadena la formación de raíces adventicias (Hartmann & Kester , 1997).

2.1.10.5. Poblaciones naturales de *Plukenetia volubilis* L.

Corazón (2009) realizó una investigación en la que se tuvo como objetivo identificar cuatro poblaciones naturales dentro del departamento de San Martín, estas fueron: Tununtunumba, Cerro Alto, Shica y Habana. En la Figura 7 se muestra el mapa de ubicación de cada una de estas poblaciones.

El autor encontró 24 genotipos diferentes, distribuidos entre las cuatro poblaciones evaluadas, pero no encontró ningún genotipo compartido entre las poblaciones: Shica (15 genotipos), Cerro Alto (4 genotipos), Habana (3 genotipos) y Tununtunumba (2 genotipos);

esto quiere decir que aun siendo de la misma familia y especie no comparten el mismo ADN, por lo que el análisis logra concluir en que el factor indispensable para este fenómeno se deriva de la altitud y clima de cada lugar.

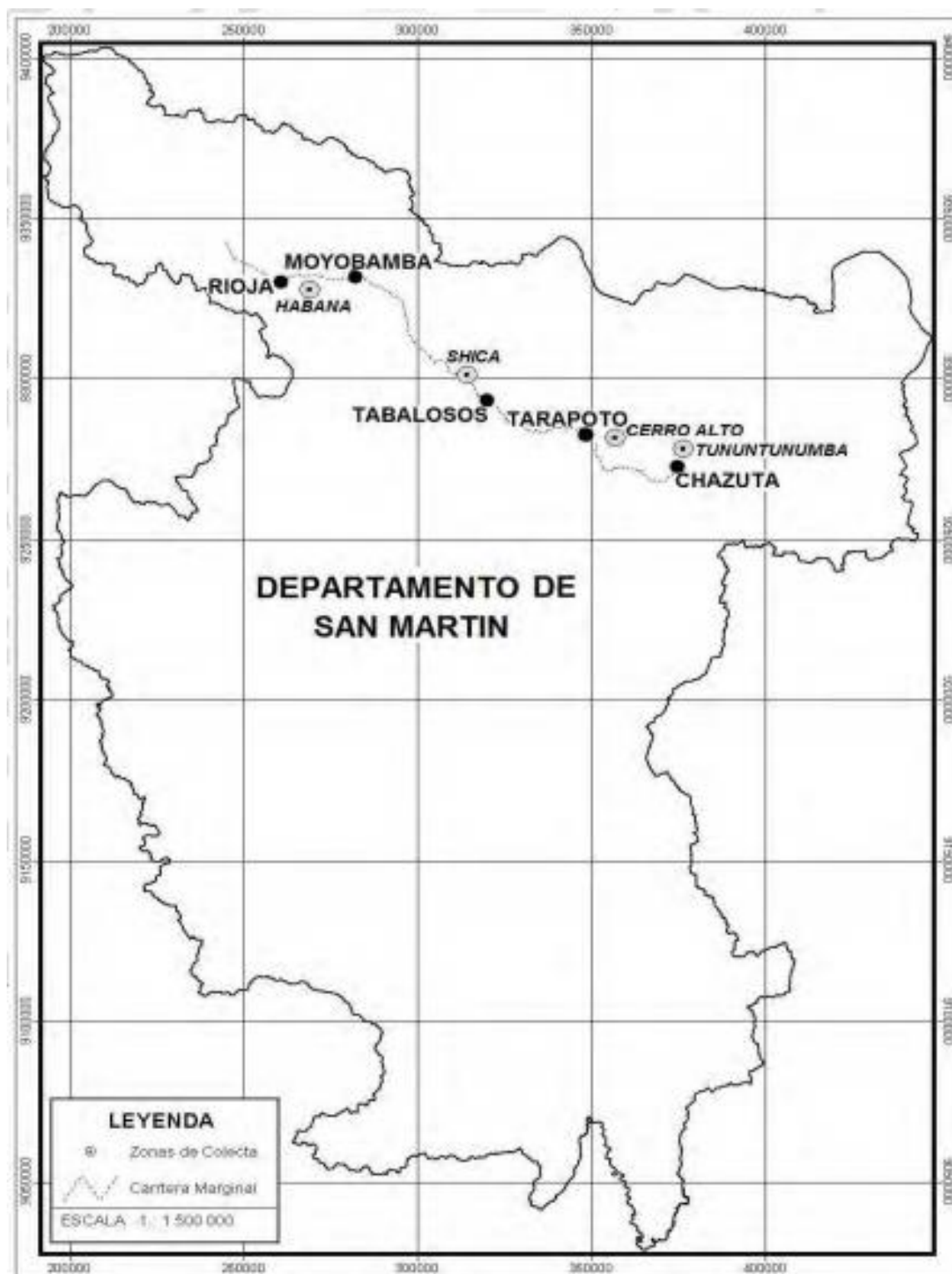


Figura 3. Mapa de las principales poblaciones naturales de Sacha Inchi de San Martín.

Fuente: Corazón (2009)

2.1.10.6. Diversidad genética de *Plukenetia*

Se han identificado 17 especies de distribución pan-tropical, pertenecientes al género *Plukenetia*; 12 de América, tres de África, una de Madagascar y una de Asia (Guillespie, citado por Jiménez, Martínez & Cruz, 2000).

Corazón et al. (2008) indican la presencia de cuatro poblaciones de *Plukenetia volubilis* L. con entidades genéticas independientes en la región San Martín. Estas poblaciones fueron denominadas: Habana, Cerro Alto, Tununtunumba y Shica. Esta última con mayor diversidad genética (15 genotipos).

El género *Plukenetia* (Euforbiaceae) es un género pan-tropical de lianas y enredaderas que trepan. De las 20 especies conocidas, doce están presentes en el neo-trópico, siete en África y Madagascar y una en Asia (Bussmann et al., citado por Solís, Pezo, Díaz, Arévalo y Cachique, 2017).

2.1.11. Generalidad de la especie de *Omphalea diandra* L.

2.1.11.1. Clasificación botánica

Según Gillespie (1993) presentan la siguiente clasificación:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Fanerogama
Clase	:	Magnoliopsida (Angiospermae)
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Subfamilia	:	Alcalyphoideae
Género	:	Omphalea
Especie	:	Omphalea diandra

2.1.11.2. Hábitat y distribución

Habita terrenos arcillosos y plegadizos, y se puede encontrar en casi toda la Amazonía generalmente a orillas de caminos y trepando sobre las copas de árboles situados en bosques.

Omphalea diandra es nativa de América tropical, es la única especie de este género encontrada y reportada en Centro y Sudamérica. Se ha distribuido en diferentes países del continente tales como; Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Guinea Francesa, Guayana, Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú y Brasil, en su mayoría en bosques húmedos. En el Perú se encuentra distribuido a lo largo de la selva, en las regiones de Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Las flores son usadas en la industria farmacéuticas y de cosméticos por sus propiedades astringentes. Las hojas son empleadas para curar úlceras antiguas, además que calentadas a una temperatura adecuada son ideales para aplicarlas sobre regiones del cuerpo atacadas por micosis y también para tratar picadura de insectos e inflamaciones (Patiño, 2002).

2.1.11.3. Morfología

En la Figura 4 se aprecia la siguiente descripción: Es una planta que crece a base de lianas leñosas, subiendo hasta 25-30 m; sus hojas son simples, alternas, de 5-18 x 3-11 cm, ovadas, oblongas o elíptico-oblongas con inflorescencias de 15-50 cm; flores apetalas, en cimas, con 1 flor pistilada central o todas las flores estaminadas. Sus frutos son presentados en cápsulas de 5-8 cm. Se reconoce por su hábito escandente, savia acuosa o rojiza, hojas usualmente pubescentes, con 2 glándulas en los pecíolos, y por las brácteas foliáceas de la inflorescencia (Souza Najjar, 2016).



Figura 4. Exsicata de *Omphakea diandra*

Fuente: Souza Najjar (2016)

2.1.12. Propagación asexual o vegetativa

A lo largo de los años y gracias a las constantes investigaciones en cuanto a mejoramiento genético se encontraron cuatro métodos de propagación vegetativa: la primera, por estacas que consiste en secciones de tallos o ramas que puestos en condiciones óptimas permite el enraizamiento. La segunda es por injerto, consiste en propagar las plantas por medio de la unión de una yema con otro llamado patrón. La tercera es por acodo, estas son secciones de una planta a las que se les hace un corte y se proporciona tierra y la adecuada humedad para ser sometidas a un proceso provocado de enraizamiento, una vez lograda la nueva plántula se le separa de la planta madre. Finalmente se tiene el tejido de cultivo, cuando se logra nuevos vástagos en función a la utilización de tejidos, células o protoplastos del vegetal (Gispert, 1984).

La propagación vegetativa implica la clonación de genes a partir de partes o secciones de la planta, tales como tejidos u órganos del cuerpo vegetativa, esto es posible porque cada célula que compone la planta contiene suficiente información genética indispensable para generar un nuevo clon (Kains & McQuesten, 2002). Es probable que en algunos casos el nuevo clon no se parezca fenológicamente hablando a la planta madre ya que puede ser influenciado por la variación ambiental, sin embargo, es genéticamente idéntico a la planta original (Alba, Mendizábal, & Márquez, 2008).

La propagación vegetativa comprende división celular mitótica, es decir se produce una copia del sistema cromosómico y del citoplasma de la célula. Esta condición origina, posteriormente, crecimiento y diferenciación de tejidos somáticos (Hartmann H. , Kester, Davies, & Geneve, 1987), es así que las plantas propagadas vegetativamente reproducen, por medio de la réplica del ADN, toda la información genética de la planta madre, por lo que las características de calidad se mantienen a lo largo de proceso de propagación asexual (Cabello, 2000).

Zobel y Talbert (1992) mencionan que la propagación vegetativa tiene ventajas desde el punto de vista de la investigación, estas son:

- a. La valoración genética del material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo – ambiente.
- b. Determinación de la magnitud y control de los efectos ambientales comunes o efectos que prevalecen en algunas especies.
- c. Preservación de genotipos y complejos genéticos en bancos clonales y jardines de multiplicación para fines específicos.
- d. Reducción del ciclo reproductivo para acelerar los procesos y prueba de cruzamiento.

2.1.13. Propagación vegetativa a través de estacas

La propagación por estacas consiste en cortar partes o secciones de una planta, ya sea brotes, ramas o raíces; estas se colocan en una cámara enraizadora, con el fin de lograr la aparición de raíces y brotación en la parte superior aérea de la planta, hasta obtener una nueva (Wells, 1979). Se define a la estaca como una parte de la planta capaz de adquirir características fisiológicas autónomas. Se instala en un medio favorable, condiciones ambientales óptimas y protegida de la ausencia de humedad (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 1987).

En la propagación vegetativa a través de estacas, se corta una porción de tallo, raíz u hoja de la planta madre, después de tener nuestra muestra a propagar se coloca en condiciones ambientales favorables y se induce a que forme raíces y tallos, obteniéndose con ello una nueva plántula independiente.

Las estacas se dividen en tres grandes grupos, según su origen: estacas de raíz, de tallo y de hojas. El método a través de estacas de tallo es el más investigado a tal punto de ser el más usado, el más importante y con el que mejores resultados se obtuvieron (Cuculiza, 1956). Según Wells (1979), este método de propagación es uno de los más utilizados a nivel

práctico y posee una gran importancia económica ya que resulta sustentable. Este método cumple un papel muy importante en la propagación de árboles frutales, ornamentales y de importancia forestal (Awad, 1993).

2.1.14. Reguladores de crecimiento

La aplicación de reguladores de crecimiento para el enraizamiento es necesaria cuando el balance citoquinina - auxina se encuentra muy alto, en caso contrario no es necesario el uso. Es importante que haya un balance adecuado; especialmente en auxinas, giberelinas y citoquininas quiere decir, un equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de inicio de la raíz.

La manera más práctica y común para lograr ese equilibrio es a través de la aplicación de reguladores de crecimiento sintéticos, como AIA (ácido indol acético), AIB (ácido-3-indol butírico), o ANA (ácido naftalenacético); estas pueden elevar el contenido de auxina y proporcionar mayor porcentaje de enraizamiento (Montan Torres, 2003).

2.1.14.1. Ácido-3- indol butírico (AIB)

AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva ante cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento. Una de sus mayores ventajas es que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y permanece por más tiempo en el sitio de aplicación lo que genera un mayor efecto (Mesen, 1998).

2.1.15. Sistemas de propgación

Jinks (1995) menciona que las funciones de propagación son: mantener una atmósfera de baja evaporación y minimizar la pérdida de agua en las estacas es decir, se trata de hacer recircular el agua que se utiliza en el sistema y de esta manera evitar su uso excesivo, sin llegar a saturar el área; asegurar temperaturas adecuadas para la formación de raíces en la

base de las estacas; y proveer adecuados niveles de luz para general el proceso de fotosíntesis.

Es importante el uso de sombra en los sistemas de propagación ya que ayudan a reducir la temperatura en las hojas. Con la llegada de los sistemas de propagación mediante aspersión, el efecto del enfriamiento del vapor permitió una reducción en el uso de la sombra; además, redujo el gradiente de presión de vapor foliar al incrementar la humedad pero tenían gran desventaja si no se contaba con electricidad y agua disponibles, estos sistemas simplemente no funcionaban (Loach, 1977). Es por ello que surgió la idea de diseñar y crear un sistema más simple y económico, capaz de funcionar en condiciones de ausencia de electricidad y de agua de cañería, y en el que se utilice materiales simples como madera y polietileno (Leakey, Propagación vegetativa de especies forestales, 1987), es así que Mesen en 1998 logra hacerlo realidad y lo llama propagador de sub-irrigación. Bajo condiciones tropicales, el propagador de sub irrigación se mantiene constante en cuanto a temperatura del aire y del sustrato dentro de los rangos normales para el enraizamiento de especies forestales, 20 - 25 °C y 18 -30 °C, respectivamente (Mesen, 1998).

2.1.15.1. Propagador de subirrigación

El propagador de sub irrigación según Leakey (1987) consiste básicamente en un marco de madera por plástico transparente para hacerlo impermeable. Los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes de 6,0 a 10,0 cm de diámetro, piedras pequeñas de 3,0 a 6,0 cm y grava, y los últimos cinco centímetros se cubren con un sustrato de enraizamiento ya sea arena blanca, aserrín, cascarilla de arroz, mulch, cartón, entre otros.

Los 20 cm basales se llenan con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantendrá húmedo es decir, se mantiene el riego por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utiliza una sección de tubo o cualquier otro material insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. La caja se cubre con una tapa

forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna. El agua del propagador debe cambiarse al menos cada seis meses.

2.2. Métodos para la conservación de recursos genéticos

2.3.1. Métodos para la conservación de especies vegetales

Pérez (2016) para la conservación mediante propagación vegetativa del motilón, utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con dos factores. El primer factor fue métodos de propagación con cuatro niveles y el segundo factor fue tipos de sustratos con tres niveles, haciendo un total de 12 tratamientos. Las variables dependientes fueron porcentaje de emergencia, periodo de emergencia, altura de la planta y número de hojas, para la propagación sexual y porcentaje de enraizamiento, número de brotes por estaca y altura de la plántula.

De-Lucas (2014) utilizó marcadores de ADN y combinó metodologías empíricas y simulaciones numéricas para conservar el flujo genético del pino negral. Esta investigación tuvo un diseño de 3 factores a estudiar. En las simulaciones que el autor realizó los factores que no sobresalieron mucho fueron: restricción espacial de la de la dispersión del polen y la variación en la producción de polen. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación fueron favorecedores frente a proyectos similares.

2.3.2. Métodos para generación de variación genética

Messmer *et.al* (2015) en coordinación con la Fundación Mercator Schweiz, descubrieron un método para controlar la polinización de las plantas y producir cruzamientos intraespecíficos mediante la esterilización, consta de aislar el polen de la planta madre y espolvorearlo en el momento indicado. Es muy importante que estos tiempos estén sincronizados, ya que si el tiempo falla el cruzamiento no se dará por completo y tampoco se obtendrán los resultados esperados. Este método se ha convertido en una práctica común en España para aumentar la diversidad genética a través de la de los genes y combinar las

características del padre y de la madre, a raíz de estos se puede obtener una infinidad de genes que conllevan a una mejor adaptación de la planta en el medio ambiente.

2.3. Antecedentes

2.2.1. Antecedentes internacionales

Pérez (2016) realizó una investigación titulada “Evaluación de la propagación de *Hyeromina macrocarpa* Schltr. (Moilón) en tres tipos de sustratos, en la parroquia Ulba, Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua”, en Riobamba, Ecuador. El objetivo del estudio fue evaluar la propagación de *Hyeromina macrocarpa* Schltr. (Moilón) en tres tipos de sustratos, en la parroquia Ulba, Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con dos factores. El primer factor fue métodos de propagación con cuatro niveles y el segundo factor fue tipos de sustratos con tres niveles, haciendo un total de 12 tratamientos. Las variables dependientes fueron porcentaje de emergencia, periodo de emergencia, altura de la planta y número de hojas, para la propagación sexual y porcentaje de enraizamiento, número de brotes por estaca y altura de la plántula. Se concluye que el mejor sustrato de propagación fue el capote de monte (mulch) debido a que influyó en las variables dependientes.

Bernal (2014) realizó una investigación titulada “Evaluación del enraizamiento de esquejes de dos cultivares de romero (*Romarinus officinalis* L.) crespo e israelí”, en Bogotá, Colombia. Esta investigación tuvo como objetivo principal fue evaluar el enraizamiento de esquejes de romero crespo e israelí, bajo condiciones de invernadero. El autor empleó un diseño completamente al azar con nueve repeticiones con 72 esquejes por variedad, cuyas variables fueron porcentaje de enraizamiento, altura, número de nudos, longitud de raíces, peso seco de esquejes, raíces y total. La investigación concluye con que no existe diferencia significativa en el enraizamiento de estas dos especies de romero.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Murrieta (2010) en su investigación titulada “Influencia del morfotipo, fitohormona y sustrato en la propagación de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. (cedro colorado), en Pucallpa, Perú” tuvo como objetivo evaluar la influencia de tres tipos de sustrato, cuatro dosis de ácido indol butírico (AIB) y tres características morfológicas en la propagación de estaquillas de *Cedrela odorata* (Cedro colorado) en ambientes de una cámara de sub irrigación. En este estudio se realizó un diseño experimental de bloques al azar con parcelas divididas utilizando tres bloques de seis estaquillas por unidad experimental; en donde se analizaron las siguientes variables: porcentaje de enraizamiento, porcentaje de callos, porcentaje de brotes, porcentaje de sobrevivencia, número de raíces, longitud de raíces por estaquilla, número de brotes y longitud de brotes por estaquilla. Se concluyó que la propagación vegetativa de cedro colorado por cámaras de sub irrigación resultó positiva hasta pasar el 90% del enraizamiento.

Abanto; et al. (2012) en su investigación titulada “Propagación de estacas herbáceas de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) en cámaras de sub irrigación en Ucayali-Perú” tuvo como finalidad evaluar la propagación de estacas herbáceas de camu camu en cámaras de sub irrigación en Ucayali; usando un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 5x3, con tres repeticiones en unidades experimentales que contaron con 12 estaquillas. Para el factor de dosis hormonal, el autor, usó ácido indol butírico mezclado con talco inerte en concentraciones de 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm y 800 ppm en tres secciones de ramas herbáceas. Al finalizar la investigación se obtuvo resultados satisfactorios en relación a sistemas convencionales que demandan mayores costos que no tienen gran índice de en la tasa de propagación vegetativa.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Agroindustrias Amazónicas S.A, ubicado en el distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín; cuyas coordenadas UTM son N 9281352 y E349330 y a una altitud de 332 m.s.n.m. donde la temperatura oscila entre los 19°C y 26°C, cuenta con una humedad relativa promedio de 70,02% y una precipitación anual promedio de 77.8mm (SENAMHI, 2017).



Figura 5. Ubicación del lugar de estudio

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Especificación del campo experimental

3.2.1. Distribución de las unidades experimentales del invernadero

3.2.1.1. Descripción del invernadero

Para la construcción del invernadero se emplearon vigas de madera con una altura de 2,70 m. que fueron enterradas a 0.70 m de profundidad. El área del vivero tuvo un total de 12 m de largo y cuatro metros de ancho con una separación de 1.50 m entre cada cámara; se colocó como techo una malla de sombra negra de 20 metros de largo x 4 metros de ancho para lograr una sombra de 80 % que regule el paso de la radiación solar y la temperatura hacia las cámaras propagadoras, se usó grava o piedra chancada como recubrimiento en el suelo (Anexo 1)

3.2.1.2. Descripción de la cámara de sub-irrigación

La cámara de sub irrigación es un propagador de 1.76 m² basado en el diseño Howland (Leakey, 1987) su estructura esta hecha a base de listones de madera cuyo largo es de 1.50 m y de ancho es 1 m, se mantuvo forrada con polietileno lo cual permitió crear su propio microclima; su base estuvo rellena con lecho de piedras menudas sobre el cual se colocan los sustratos separados 0,08 m cada uno. Cada sustrato se lavó previamente, desinfectando con hipoclorito de sodio al 5,25 % y se dejó secar al sol antes de ser adherido a la cámara.

Los primeros 25 cm se cubrieron con capas sucesivas de piedras grandes (6,0 – 10,0 cm de diámetro), piedras pequeñas (3,0 – 6,0 cm) y grava, y los últimos cinco centímetros con los sustratos de enraizamiento.

Los 20 cm basales se llenaron con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantenga húmedo por capilaridad. Para introducir el agua y observar su nivel, se utilizó un Tubo de PVC, insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. Las estaquillas fueron colocadas en un espacio cuadrado de 0.10 m.

3.2.1.3. Identificación y selección de plantas madres

Para la especie *Plukenetia volubilis* las estacas utilizadas fueron recolectadas de plantas madres provenientes de las parcelas experimentales dentro de la propiedad de la empresa Agroindustrias amazónicas S.A.

Se siguió el protocolo descrito por Cachique (2011);

1. Plantas adultas en plena producción mayor a 18 meses en campo definitivo
2. Plantas con al menos 4 meses de cosecha y que evidencien un rendimiento mínimo de 25 capsulas secas cosechadas cada 15 días.
3. Plantas que según su proceso de selección y destino sean genotipos de alta productividad (mayor a 2 ton/ha), contenido en omega 3 (44-48 %) y tolerantes al complejo nematodo-hongo.
4. Plantas sanas, vigorosas y ramas de buen follaje.

Para la especie *Omphalea diandra* las estacas utilizadas fueron recolectadas de plantas madres crecidas de forma natural, que fueron estudiadas durante su proceso de crecimiento, provenientes de los viveros de que pertenecen la empresa Agroindustrias amazónicas S.A.

Al no existir el protocolo optimizado para esta especie, se adecuó el descrito por Cachique (2011) para *Plukenetia volubilis* a *Omphalea diandra*:

1. Plantas adultas en plena producción mayor a 48 meses en campo definitivo
2. Plantas con rendimiento mínimo de 20 capsulas secas cosechadas cada 15 días.
3. Plantas que según su proceso de selección y destino sean genotipos de alta productividad (mayor a 500 kg/ha), contenido en omega 6 (60 %).
4. Plantas sanas, vigorosas y ramas de buen follaje

3.2.1.4. Protocolo para la extracción y transporte de estacas

Se identificaron y seleccionaron plantas madres sobresalientes de un año y cinco meses de las parcelas experimentales. La selección se basó en términos de características de disponibilidad de brotes tiernos para desarrollar el protocolo de propagación. Las plantas fueron preparadas un mes antes a la extracción de estacas mediante podas, aplicación de fungicida (Protexín 50 WP 20 cc/20 L agua), fertilización foliar (Enziprón 50 cc/20 L agua) y radicular ligera, quince días antes de instalar el experimento se aplicó 50 g de fertilizante (14N - 00P - 44K) por planta, con el propósito de favorecer la aparición de brotes vigorosos, edad y tamaño uniforme (30 – 50 cm. de longitud) para la obtención de estacas.

Las estacas se cosecharon de brotes ortotrópicos, sanos y vigorosos de 10 – 15 cm de longitud en horas tempranas del día para evitar el estrés fisiológico que podrían sufrir en el periodo desde la corta hasta su establecimiento en el propagador, con tijeras de podar desinfectadas con alcohol de 96 °, luego de cortar los brotes a cada planta, se colocaron en hieleras para el transporte , con una capa de cubos de hielo en el fondo, seguidos por capas alternas de papel húmedo y brotes, para bajar la temperatura y así evitar su deshidratación, cada brote nos generó 3 a 5 estacas, éstas se procesaron en un módulo con condiciones asépticas y adecuadas evitando así la contaminación y deshidratación de material.

Se prepararán las estacas haciendo un corte oblicuo justo arriba de un nudo con una longitud de 8 cm, utilizando tijeras podadoras filosas, de manera que cada estaca contenga una hoja y al menos una yema, el cual dará origen al nuevo tallo. Y antes de ser instaladas en la cámara de propagación se realizó el control fitosanitario, sumergiendo las estacas un fungicida orgánico (Cachique 2011).

3.2.1.5. Descripción de los sustratos

- Arena Blanca

Se colocó la arena blanca, previamente lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio, a una altura máxima de 8 cm. Dicho sustrato fue usado ya que su color blanquecino nos permitió identificar con claridad si existe algún tipo de contaminación dentro del área de cada estaquilla, también se usó por su granulometría y su capacidad de retención de agua ya que la cámara de sub irrigación usa el riego por capilaridad, además de ser sostenible en el tiempo.

- Cascarilla de arroz

Se colocó la cascarilla de arroz a una altura máxima de 8 cm por sobre las piedras medianas. Se usó por su propiedad de mantener la humedad constante y, al ser este un residuo abundante en nuestra región de San Martín es conveniente reutilizarlo. Cabe recalcar que con la reutilización de este residuo se contribuirá a la reducción de la contaminación causada por el mismo lo cual cooperará al cuidado y conservación del medio ambiente.

3.2.1.6. Equipos, materiales e insumos de laboratorio

a. Equipos

-Luxómetro digital: Se utilizó para registrar la radiación solar directa hacia las cámaras de clonación. Este equipo cumple con las siguientes características: Funciones mín. / máx. / HOLD; Pantalla con iluminación de fondo; Pantalla LCD de 3 ¼ dígitos, con gráfico de barras con 41 divisiones; Indicación del valor de medición en lux o FootCandle; Indicación del estado de batería; Desconexión automática; La indicación Overload sirve como aviso al sobrepasar el rango de medición.

- Higrotermómetro: Se usó para medir la temperatura del aire y la humedad relativa del ambiente de propagación. Este equipo cumple con las siguientes características: Lecturas mín./máx. con botón de "reinicio"; Humedad: De 10 a 99% HR; Temperatura: De 14 a 140 °F o -10 a 60 °C; Precisión: ±5% HR; ±1.8 °F, ±1 °C.

-Termómetro digital: Se empleó para medir la temperatura de los sustratos. Este cumple equipo con las siguientes características: Intervalo de medida: 35,50 °C – 42,00 °C; Exactitud: $\pm 0,1$ °C; Batería: 1 pila botón 1,5 V LR/SR-41; Vida media de la batería: Aprox. 100 horas en continuo; Peso / Dimensiones: Aprox. 11g / 129x22x14mm (dimensiones del estuche protector); Condiciones ambientales óptimas de uso: 10 – 35 °C / 60 $\pm 20\%$ Humedad relativa; Transporte y Almacenaje: -25 – 55 °C / 60 $\pm 10\%$ Humedad relativa; Tiempo de medición: Aprox. 2 min.

b. Materiales e insumos de laboratorio

-Mandil blanco: Se usó como medida protocolar para los ensayos de laboratorio.

-Guantes quirúrgicos: Se usó como medida protocolar y como medida de prevención al momento de realizar los ensayos de laboratorio.

-Piseta: Se utilizó para tener la medida del agua destilada a usar.

-Espátula: Se usó para sacar la hormona AIB en pequeñas cantidades para luego ser preparada.

-Matraz Erlenmeyer (125ml): Se utilizó para realizar la mezcla de la hormona además para mantenerla guardada y fuera de cualquier agente contaminante.

-Probeta (100ml): Se empleó para medir el volumen del agua destilada a usar para la preparación de la hormona de enraizamiento.

-Acido -3-indol butírico (AIB): Es una auxina sintética que se utilizó como principal agente enraizador ya que, ha demostrado ser más efectiva ante cualquier otra hormona o auxina.

3.3. Diseño experimental

De acuerdo con Sampieri, Fernández y Baptista (2014), se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental para la especie *Plukenetia volubilis* L.

Para *Omphalea diandra* se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x2 (4 dosis de AIB y 2 tipos de sustrato), con tres repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental.

3.3.1. Diseño experimental para la especie *Plukenetia volubilis* L.

3.3.1.1. Especificaciones del campo experimental

Para la propagación vegetativa con fines de mejoramiento del recurso genético de la *Plukenetia volubilis*, cada unidad experimental tuvo las siguientes dimensiones: 0,75 m x 0,50 m. En cada unidad experimental se colocaron 150 estaquillas de la especie en estudio, la separación entre estaquillas 0,10 m. Para realizar el ensayo se utilizó 300 estaquillas de *Plukenetia volubilis* de 0,08 m de longitud en cada cámara de propagación; haciendo un total de 600 estaquillas.

Número de tratamientos: 10

Número de repeticiones: 4

Número total de unidades experimentales: 4

3.3.1.2. Factores de estudio para el ANOVA

- **Material vegetativo**

Estacas basales de sachá Inchi ecotipo Mishquiyacu

- **Tipos de sustratos (A)**

A₁= Arena Blanca

A₂= Cascarilla de arroz

- **Dosis de Ácido Indol butírico (B)**

B₁= 0,0 %

B₂= 0,1%

B₃= 0,2%

B₄= 0,4%

B₅= 0,8%

3.3.1.3. Tratamientos en estudio

Para la especie *Plukenetia volubilis* se tuvo 2 factor 4 repeticiones. Los tratamientos se observan en la siguiente Tabla:

Tabla 1

Distribución de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Clave	Sustratos	Nivel de AIB
T ₁	a ₁ b ₁	Cascarilla de arroz	0,0%
T ₂	a ₁ b ₂	Cascarilla de arroz	0,1%
T ₃	a ₁ b ₃	Cascarilla de arroz	0,2%
T ₄	a ₁ b ₄	Cascarilla de arroz	0,4%
T ₅	a ₁ b ₅	Cascarilla de arroz	0,8%
T ₆	a ₂ b ₁	Arena blanca	0,0%
T ₇	a ₂ b ₂	Arena blanca	0,1%
T ₈	a ₂ b ₃	Arena blanca	0,2%
T ₉	a ₂ b ₄	Arena blanca	0,4%
T ₁₀	a ₂ b ₅	Arena blanca	0,8%

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Diseño experimental para la especie *Omphalea diandra*

3.3.2.1. Especificaciones del campo experimental

Cada unidad experimental tuvo las siguientes dimensiones: 0,38 m x 0,33 m. En cada unidad experimental se colocaron 25 estaquillas de la especie en estudio, la separación entre estaquillas 0,05 m. Para realizar el ensayo se utilizó 300 estaquillas de *Omphalea diandra* de 0,08 m de longitud en cada cámara de propagación; haciendo un total de 600 estaquillas.

Número de tratamientos: 8

Número de repeticiones: 3

Número total de unidades experimentales: 24

3.3.2.2. Factores de estudio

- Material vegetativo

Estacas basales de *Omphalea diandra*

3.3.2.3. Tratamientos en estudio

Para la especie *Plukenetia volubilis* se tuvo 2 factores con 2 niveles y 2 repeticiones. Los tratamientos se observan en la siguiente Tabla:

Tabla 2

Factores y repeticiones de *Omphalea diandra*

Factores	Niveles
Sustratos	a ₁ : Arena Blanca
	a ₂ : Cascarilla de arroz
Dosis	b ₁ : 0,0%
	B2: 0,2%
	B3: 0,4%
	B4: 0,6%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3

Tratamientos estudiados

Tratamiento	Clave	Descripción
T 1	a ₁ b ₁	Arena Blanca, Dosis (AIB: 0%)
T 2	a ₁ b ₂	Cascarilla Arroz, Dosis (AIB: 0%)
T 3	a ₂ b ₁	Arena Blanca, Dosis (AIB:0,2 %)
T 4	a ₂ b ₂	Cascarilla Arroz, Dosis (AIB:0,2 %)

T 5	a ₃ b ₁	Arena Blanca, Dosis (AIB:0,4%)
T 6	a ₃ b ₂	Cascarilla Arroz, Dosis (AIB:0,4 %)
T 7	a ₄ b ₁	Arena Blanca, Dosis (AIB:0,6 %)
T8	a ₄ b ₂	Cascarilla Arroz, Dosis (AIB:0,6 %)

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Formulación de hipótesis

3.4.1. Hipótesis nula

H₀: $\mu_i = \mu_j$ El tipo de sustrato y la dosis de AIB no tienen efecto sobre los indicadores de enraizamiento de las estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra*.

3.4.2. Hipótesis alterna

H₁: $\mu_i \neq \mu_j$ El tipo de sustrato y la dosis de AIB tienen efecto sobre los indicadores de enraizamiento de las estaquillas de *Plukenetia volubilis* L. y *Omphalea diandra*.

3.5. Identificación de variables

3.5.1. Variable independiente

- Tipo de sustrato

Para ambas especies se utilizaron dos sustratos: arena blanca y cascarilla de arroz en estado natural, los cuales fueron evaluados de manera separada para obtener como resultado la eficiencia de cada uno al momento de enraizar las estaquillas.

- Concentración de AIB

Adicionalmente para la especie *Omphalea diandra* se consideró como variable independiente la concentración de AIB. Las concentraciones de AIB para el ensayo fueron las siguientes: 0 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm, y 6000 ppm.

3.5.2. Variables independientes

-Porcentaje de enraizamiento: Después de 15 días de haber iniciado el ensayo se contó el número de estacas enraizadas en base al número de unidades experimentales.

-Número de raíces: Se realizó el conteo del número de raíces de cada estaquilla, después de 15 días de iniciado el ensayo.

-Longitud de raíz mayor: Se hizo la medición de la longitud de raíz más larga usando un vernier milimetrado en cada estaquilla.

3.5.3. Frecuencia de medición de las variables

Después de que las estacas fueron establecidas en el propagador, se asperjó bien las hojas de las estas con agua mediante un aspersor manual. Se realizaron inspecciones interdiarias para detectar y corregir problemas patológicos, eliminar hojas caídas o estacas con síntomas de necrosis que puedan ser foco de infección, observar y mantener el nivel de agua y, evaluar el avance en el proceso de enraizamiento. Siempre que se abrió la tapa del propagador para inspecciones, se esparció agua limpia a las hojas de las estacas ayudándolas a mantenerlas turgentes y favorecer el proceso de enraizamiento.

Se realizaron las evaluaciones de los indicadores de enraizamiento a los 15 y a los 30 días de haber instalado el experimento. El porcentaje de enraizamiento se obtuvo contando el número de estacas enraizadas dividido por el total de estacas de la unidad experimental. El porcentaje de enraizamiento se transformó mediante la función $\arcsen \sqrt{\%100}$ (Bussmann et al., citado por Solis, Pezo, Diaz, Arévalo y Cachique, 2017; Cervantes, 2011).

El número de raíz se obtuvo contando la cantidad de raíces por cada estaquilla. Se consideró una estaquilla enraizada aquella en la cual pueda observarse visiblemente las raíces. El número de raíces se transformó mediante la función $\sqrt{x + 1}$ (Bussmann et al., citado por Solis, Pezo, Diaz, Arévalo y Cachique, 2017; Cervantes, 2011).

La longitud de raíz se obtuvo midiendo la longitud más larga de la raíz con un vernier milimetrado en las estaquillas de cada unidad experimental.

3.6. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4

Operacionalización de las variables

Variable	Valor	Tipo
Tipo de sustrato	Arena blanca; Cascarilla de arroz	Cualitativa
Concentración de AIB	ppm	Cuantitativa continua
Porcentaje de enraizamiento	Porcentaje	Ordinal
Número de raíces	Número	Cuantitativa discreta
Longitud de raíz mayor	Centímetros	Cuantitativa continua

Fuente: Elaboración Propia

3.7. Instrumentos de recolección de datos

-Vernier milimetrado: Se usó como instrumento principal para medir las variables dependientes (longitud de raíz mayor).

-Observador: El número de raíces se determinó mediante la observación sistemática de cada estacilla.

3.8. Técnica de recolección de datos

-Observación experimental

Esta técnica consistió en elaborar datos en base a condiciones controladas por el investigador específicamente porque se pudo manipular las variables. Para emplear esta técnica se puede contar con ciertos instrumentos que facilitan esta tarea tales como una hoja o formato de recolección de datos (Tamayo & Silva, 2016).

3.9. Plan de procesamiento de datos

Antes de realizar el análisis de los indicadores de enraizamiento se realizaron pruebas de hipótesis preliminares como la normalidad y la homogeneidad de varianzas para la variable

longitud de la raíz mayor. Así mismo para las variables número de raíces y porcentaje de enraizamiento se realizaron transformaciones de $\sqrt{x+1}$ y $\arcsen \sqrt{(\%100)}$ respectivamente (Bussmann et al., citado por Solis, Pezo, Diaz, Arévalo y Cachique, 2017; Cervantes, 2011).

3.9.1. Análisis estadístico de los indicadores de enraizamiento para la especie *Plukenetia volubilis*

Para el análisis estadístico de los indicadores de enraizamiento para la especie *Plukenetia volubilis* se aplicó la prueba de análisis de varianza factorial (ANOVA) mediante el programa IBM SPSS 22.0. De acuerdo a nuestros factores, el diseño fue el mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 5

Análisis de varianza

Fuente de variabilidad	GL
Parcelas	
Bloques	3
Tipos de sustrato (A)	1
Error (a)	3
Total Parcelas	7
Sub parcelas	
Dosis de AIB (B)	4
Interacción (AxB)	4
Error (b)	24
Total subparcelas	39

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2. Análisis estadístico de los indicadores de enraizamiento para la especie *Omphalea diandra*

Para el análisis estadístico de los indicadores de enraizamiento para la especie *Omphalea diandra* se aplicó la prueba de análisis de varianza factorial (ANOVA) mediante el programa IBM SPSS 22.0. De acuerdo a nuestros factores, el diseño fue el mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 6

Esquema de análisis de varianza Omphalea diandra

Fuente de variabilidad	GL
Tratamientos	7
A	3
B	1
AB	3
Error	16
Total	23

Fuente: Elaboración Propia

3.9.3. Prueba de comparaciones múltiples (Tukey)

Para la interacción entre los factores 1 y 2 de la especie *Omphalea diandra* se realizó la prueba de comparaciones Tukey, mediante el programa IBM SPSS 22.0. Esto nos permitió crear intervalos de confianza entre los factores 1 y 2 de la especie en estudio.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de las características morfológicas de *Plukenetia volubilis* L.

4.1.1.1 Porcentaje de enraizamiento en *P. volubilis* L.

En la Tabla 7 se muestra el análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento de las estaquillas de *P. volubilis* L. En cuanto al tipo de sustrato, no hubo diferencia significativa, mientras que la dosis de AIB y la interacción existió diferencia significativa. La variable porcentaje de enraizamiento se explica en 74,24%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 9,21%.

Tabla 7

Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento

F.V.	GL	SC	CM	p-valor
Bloques	3	0,18859	0,06286	N.S.
A	1	0,04852	0,04852	N.S.
Error(a)	3	0,25402	0,08467	
B	4	3,29342	0,82335	**
Interacción (AB)	4	0,38193	0,09548	*
Error (b)	24	0,8169	0,03404	
Total	39	4,98337	1,14893	

Fuente: Elaboración Propia. Nota: N.S: No significativo ** Significativo al 1 y 5 %

Asimismo, en la Tabla 8, se muestra la prueba Tukey para el factor dosis de ácido-3-indol butírico. La dosis de AIB que presentó mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas de *P. volubilis* L. fue 0,2%.

Tabla 8

Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB

Dosis de AIB	Porcentaje de enraizamiento (%)	
b ₃ 0,2 %	89,58 (1,27) ¹	a
b ₄ 0,4 %	76,04 (1,06)	b
b ₂ 0,1 %	67,70 (0,97)	b
b ₅ 0,8 %	65,62 (0,95)	b
b ₁ 0,0 % (Testigo)	21,87 (0,48)	c

Fuente: Elaboración Propia: ⁽¹⁾ Datos dentro del paréntesis, corresponde a la transformación con $\sqrt{100\%}$

Por otro lado, en la Tabla 9 se muestra la prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB. Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas de *P. volubilis* L. fueron arena blanca con 0,2% de AIB; Cascarilla arroz con 0,2% de AIB; Cascarilla arroz con 0,4% de AIB; Arena blanca con 0,6% de AIB y Arena blanca con 0,4% de AIB, siendo todos ellos estadísticamente iguales.

Tabla 9

Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB

Tratamiento	Descripción de Tratamientos	Porcentaje de enraizamiento	
T-8	Arena blanca; 0,2%	99,46	(1,50) ^{1/} a
T-3	Cascarilla arroz; 0,2%	86,17	(1,19) a
T-4	Cascarilla arroz; 0,4%	80,37	(1,11) a
T-10	Arena blanca; 0,8%	79,82	(1,10) a
T-9	Arena blanca; 0,4%	78,58	(1,09) a

T-2	Cascarilla arroz; 0,1%	71,17	(1,00)	ab
T-7	Arena blanca; 0,1%	64,81	(0,94)	b
T-5	Cascarilla arroz; 0,8%	52,29	(0,81)	bc
T-1	Cascarilla arroz; 0,0%	27,14	(0,55)	c
T-6	Arena blanca; 0,0%	13,92	(0,38)	d

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾ Datos transformados con $\arcsen \sqrt{100\%}$

4.1.1.2 Número de raíces en *Plukenetia volubilis* L.

En la Tabla 10 se muestra el análisis de varianza del número de raíces de las estaquillas de *P. volubilis* L. En cuanto al tipo de sustrato y la dosis de AIB sí hubo diferencia significativa, mientras que en la interacción no existió diferencia significativa. La variable número de raíz se explica en 83,26%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 7,82%.

Tabla 10

Análisis de varianza del número de raíces

F.V.	GL	SC	CM	p- Valor
Bloques	3	1,111	0,3703	
A	1	56,673	56,673	*
Error(a)	3	0,9192	0,3064	
B	4	454,107	113,527	**
Interacción (AB)	4	10,059	0,2515	n. s.
Error(b)	24	79,041	0,3293	
Total	39	620,182	182,775	

Fuente: Elaboración Propia. Nota: N.S. No significativo ** Significativo al 1 y 5 %

En la Tabla 11, se muestra la prueba Tukey para el factor Tipo de sustrato. El sustrato que presentó mayor número de raíces de estaquillas de *P. volubilis* L. fue arena blanca.

Tabla 11

Prueba Tukey del número de raíces para la dosis de AIB

Tipos de Sustrato (A)	Número de raíces
a ₁ Arena blanca	12,11 (3,30) ^{1/} a
a ₂ Cascarilla arroz	7,39 (2,51) b

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾ Datos transformados con $\sqrt{x + 1}$

Asimismo, en la Tabla 12, se muestra la prueba Tukey para el factor Tipo de Sustrato dosis de ácido-3-indol butírico. La dosis de AIB que presentó mayor número de raíces de estaquillas de *P. volubilis* L. fue 0,6%.

Tabla 12

Prueba Tukey del número de raíces para la dosis de AIB

Dosis AIB	Número de raíces
b ₅ 0,8 %	21,24 (4,60) a
b ₃ 0,2 %	11,17 (3,28) ab
b ₄ 0,4 %	9,73 (3,10) b
b ₂ 0,1 %	4,11 (1,98) c
b ₁ 0,0 %	2,48 (1,56) c

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾ Datos transformados $\sqrt{X + 1}$

4.1.1.3 Porcentaje de Brotación

En la Tabla 13 se muestra el análisis de varianza del porcentaje de brotación de las estaquillas de *P. volubilis* L. En cuanto al tipo de sustrato y la interacción no hubo diferencia significativa, sin embargo, en la dosis de AIB sí hubo diferencia significativa. La variable porcentaje de brotación en 72,22%%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 9,34%%.

Tabla 13

Análisis de varianza del porcentaje de brotación

FV	GL	SC	CM	p- valor
Bloques	3	0,09703	0,03234	
A	1	0,0000005	0,0000005	N.S.
Error(a)	3	0,12472	0,04157	
B	4	2,63155	0,65789	**
Interacción AB	4	0,17628	0,04407	N.S.
Error(b)	24	0,89303	0,03721	
Total	39	3,9226	0,81308	

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ** altamente Significativo al 1 y 5 %

Asimismo, en la Tabla 14, se muestra la prueba Tukey para el factor dosis de ácido-3-indol butírico. La dosis de AIB que presentó mayor porcentaje de brotación de estaquillas de *P. volubilis* L. fue 0,0%.

Tabla 14

Prueba Tukey del porcentaje de brotación para la dosis de AIB

Dosis de AIB	Porcentaje de brotación (%)		
b ₁ :0,2 %	68,75	(0,98) ¹	a
b ₂ : 0,1 %	60,42	(0,89)	ab
b ₃ : 0,8 %	53,12	(0,82)	b
b ₄ :0,4 %	30,12	(0,58)	c
b ₅ : 0,0 %	10,42	(0,33)	d

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾ Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

4.1.1.4 Porcentaje de Mortandad

En la Tabla 15 se muestra el análisis de varianza del porcentaje de mortandad de las estaquillas de *P. volubilis* L. En cuanto al tipo de sustrato, la dosis de AIB y la interacción sí

tuvieron diferencia significativa. La variable porcentaje de mortandad en 89,56%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 9,36%.

Tabla 15

Análisis de varianza del porcentaje de mortandad

FV	GL	SC	CM	p- valor
Bloques	3	0,04702	0,01567	
A	1	0,26938	0,26983	**
Error(a)	3	0,01635	0,00545	
B	4	1,29968	0,32492	**
Interacción AB	4	0,11791	0,02948	*
Error(b)	24	0,21054	0,00877	
Total	39	1,96134	0,65413	

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ** altamente Significativo al 1 y 5 %

En la Tabla 16, se muestra la prueba Tukey para el factor tipo de sustrato. El sustrato que presentó menor porcentaje de mortandad de estaquillas de *P. volubilis* L. fue arena blanca.

Tabla 16

Prueba Tukey para el porcentaje de mortandad para el tipo de sustrato

Factores	Porcentaje de mortandad (%)		
Tipos de sustrato (A)			
a ₂ : Cascarilla de arroz	15,83	(0,39) ^{1/}	a
a ₁ : Arena Blanca	6,67	(0,19)	b

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾ Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

Asimismo, en la Tabla 17, se muestra la prueba Tukey para el factor dosis de ácido-3-indol butírico. La dosis de AIB que presentó menor porcentaje de mortandad de estaquillas de *P. volubilis* L. fue 0,2%.

Tabla 17

Prueba Tukey para el porcentaje de mortandad para la dosis de AIB

Dosis de AIB	Porcentaje de mortandad (%)		
b ₁ : 0,8 %	31,25	(0,59)	a
b ₂ : 0,4 %	9,37	(0,31)	b
b ₃ : 0,1 %	8,33	(0,27)	b
b ₄ : 0,0 %	4,17	(0,15)	c
b ₅ : 0,2 %	3,13	(0,13)	c

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

Por otro lado, en la Tabla 18 se muestra la prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB. Los tratamientos que presentaron menor porcentaje de mortandad de *P. volubilis* L. fueron de arena blanca con 0.0% de AIB y arena blanca con 0,2% de AIB. Siendo ambas estadísticamente iguales.

Tabla 18

Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB

Tratamiento	Descripción de tratamientos	Porcentaje de mortandad	
T-5	Cascarilla arroz; 0,8%	42,66	(0,70)1/ a
T-10	Arena blanca; 0,8%	20,83	(0,47) b
T-2	Cascarilla arroz; 0,1%	14,58	(0,39) bc
T-9	Arena blanca; 0,4%	10,42	(0,33) c
T-1	Cascarilla arroz; 0,0%	8,33	(0,29) cd
T-4	Cascarilla arroz; 0,4%	8,33	(0,29) cd
T-3	Cascarilla arroz; 0,2%	6,25	(0,25) cde
T-7	Arena blanca; 0,1%	2,08	(0,14) de
T-6	Arena blanca; 0,0%	0,00	(0,00) e
T-8	Arena blanca; 0,2%	0,00	(0,00) e

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾ Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

4.1.2 Análisis de las características morfológicas *Omphalea diandra*

4.1.2.1 Porcentaje de enraizamiento en *Omphalea diandra*

En la Tabla 19 se muestra el análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento de las estaquillas de *O. diandra*. En cuanto al tipo de sustrato y la dosis de AIB sí tuvieron diferencia significativa, mientras que la interacción no tuvo diferencia significativa. La variable porcentaje de enraizamiento está en 99%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 11%.

Tabla 19

Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento

F.V.	GL	SC	CM	FC	p-valor
Tratamientos	7	0.85	0.12	180.86	**
A	3	2.69	0.90	338.608	**
B	1	0.10	0.10	38.8201	**
Interacción AB	3	0.03	0.01	4.07407	n.s
Error	16	0.04	0.00		
Total	23	2.35			

Fuente: Elaboración Propia. Nota: **= altamente significativo * = significativo N.S = no significativo

Asimismo, en la Tabla 20, se muestra la prueba Tukey para el factor tipo de sustrato. El sustrato que presentó mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas de *Omphalea diandra* fue cascarilla de arroz.

Tabla 20

Prueba Tukey para el porcentaje de enraizamiento para el tipo de sustrato

Tipos de sustrato	Porcentaje de enraizamiento (%)		
a ₂ : Cascarilla de arroz	30,9	(0,58) ^{1/}	b
a ₁ : Arena Blanca	21,2	(0,47)	a

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ^(1/)Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

Asimismo, en la Tabla 21, se muestra la prueba Tukey para el factor dosis de ácido-3-indol butírico. La dosis de AIB que presentó mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas de *Omphalea diandra* fue 0,6%.

Tabla 21

Prueba Tukey para el porcentaje de enraizamiento para la dosis de AIB

Dosis de AIB	Porcentaje de enraizamiento (%)		
b ₄ = 0.6%	57,5	(0,86)	d
b ₃ =0.4%	41,3	(0,69)	a
b ₂ =0.2%	4,9	(0,22)	b
b ₁ =0%	0,6	(0,77)	c

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ⁽¹⁾ Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

4.1.2.2 Número de Raíces

En la Tabla 22 se muestra el análisis de varianza del número de raíces de las estaquillas de *Omphalea diandra*. En cuanto al tipo de sustrato sí tuvo diferencia significativa, mientras que la dosis de AIB y la interacción no tuvieron diferencia significativa. La variable número de raíces en 93%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 14,65%.

Tabla 22

Análisis de varianza del número de raíces

F. V.	Gl	Sc	Cm	Fc	p- valor
Tratamientos	7	14.05	2.01	30.89	**
A	3	13.92	4.64	71.4145	**
B	1	0.04	0.04	0.56279	n. s
Inter AB	3	0.09	0.03	0.48613	n.s

Error	16	1.04	0.06
Total	23	15.09	

Fuente: Elaboración Propia. Nota: **= altamente significativo * = significativo N.S = no significativo

Asimismo, en la Tabla 23, se muestra la prueba Tukey para el tipo de sustrato. El tipo de sustrato que presentó mayor número de raíces de estaquillas de *Omphalea diandra* fue arena blanca.

Tabla 23

Prueba Tukey para el número de raíces para el tipo de sustrato

Tipo de sustrato (A)	Número de raíces		
a1: Arena blanca	2.8	(1,5) ¹	a
a2: Cascarilla de arroz	2.4	(1.8)	b

Fuente: Elaboración Propia. Nota: (1) Datos transformados con $\sqrt{x + 1}$

4.1.2.3 Porcentaje de Brotación

En la Tabla 24 se muestra el análisis de varianza del porcentaje de brotación de las estaquillas de *Omphalea diandra*. En cuanto al tipo de sustrato, la dosis de AIB y la interacción sí tuvieron diferencia significativa. La variable porcentaje de brotación en 99%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 8,66%.

Tabla 24

Análisis de varianza del porcentaje de brotación

F.V.	GL	SC	CM	FC	p- valor
Tratamientos	7	1.32	0.19	63.5	**
A	3	3.03	1.01	1105.07	**
B	1	0.03	0.03	36.7867	**

inter AB	3	0.06	0.02	21.0962	**
Error	16	0.01	0.00		
TOTAL	23	3.13			

Fuente: Elaboración Propia. Nota: **= altamente significativo * = significativo N.S = no significativo

Asimismo, en la Tabla 25, se muestra la prueba Tukey para el tipo de sustrato. El sustrato que presentó mayor porcentaje de brotación de estaquillas de *Omphalea diandra* fue arena blanca.

Tabla 25

Prueba Tukey para el porcentaje de brotación para el tipo de sustrato

Tipos de sustrato	Porcentaje de brotación %		
a1: Arena blanca	24	(0.51) ^{1/}	a
a2: Cascarilla de arroz	17	(0.42)	b

Fuente: Elaboración propia. Nota: ^(1/) Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

Asimismo, en la Tabla 26, se muestra la prueba Tukey para el factor dosis de ácido-3-indol butírico. La dosis de AIB que presentó mayor porcentaje de brotación de estaquillas de *Omphalea diandra* fue 0,6%.

Tabla 26

Prueba Tukey para el porcentaje de brotación para la dosis de AIB

Dosis de AIB	Porcentaje de brotación %		
b4= 0.6%	50,5	(0.79)	a
b3=0.4%	32,5	(0.60)	b
b2 =0.2%	0	(0.0)	c
b1=0%	0	(0.0)	c

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ^(1/) Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

Por otro lado, en la Tabla 27 se muestra la prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB. Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de brotación de *Omphalea diandra* fue arena blanca con 0,6% de AIB.

Tabla 27

Prueba de Tukey para la interacción del sustrato y la dosis de AIB

Tratamiento	Descripción de tratamientos	Porcentaje de brotación %		
T- 7	Arena blanca, AIB 0.6%	62%	(0.90) ^{1/}	a
T- 8	Cascarilla de arroz, AIB 0.6%	38%	(0.66)	b
T- 5	Arena blanca, AIB 0.4%	35%	(0.63)	b
T- 6	Cascarilla de arroz, AIB 0.4%	29%	(0.469)	c
T- 3	Arena blanca, AIB 0.2%	0%	(0.00)	d
T- 4	Cascarilla de arroz, AIB 0.2%	0%	(0.00)	d
T-1	Arena blanca, AIB 0%	0%	(0.00)	d
T- 2	Cascarilla de arroz, AIB 0%	0%	(0.00)	d

Fuente: Elaboración Propia. Nota: ^(1/)Datos transformados $\arcsen \sqrt{100\%}$

4.1.2.4 Longitud de la raíz

En la Tabla 28 se muestra el análisis de varianza de la longitud de raíz de las estaquillas de *Omphalea d.* En cuanto al tipo de sustrato y la dosis de AIB sí tuvieron diferencia significativa, mientras que la interacción no tuvo diferencia significativa. La variable porcentaje de mortandad en 98.79%; asimismo, la variación residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable dependiente fue 15%

Tabla 28

Análisis de varianza de la longitud de raíz

F.V.	GL	SC	CM	FC	p- valor
Tratamientos	7	114.40	16.34	187.20	**
A	3	112.34	37.45	428.93	**
B	1	1.02	1.02	11.69	**
Inter AB	3	1.04	0.35	3.97	n.s
Error	16	1.40	0.09		
Total	23	115.79			

Fuente: Elaboración Propia. Nota: **= Altamente significativo * = significativo N.S = no significativo

Asimismo, en la Tabla 29, se muestra la prueba Tukey para el factor Tipo de sustrato. El tipo de sustrato que presentó mayor longitud de raíz de estaquillas de *Omphalea diandra* fue cascarilla de arroz.

Tabla 29

Prueba Tukey para la longitud de raíz para tipo de sustrato

Tipo de sustrato (A)	Longitud de raíz (cm)		
a2: Cascarilla de arroz	5.2	(2,4) ¹	a
a1: Arena Blanca	2.17	(1,7)	b

Fuente: Elaboración Propia. Nota: (1) Datos transformados con $\sqrt{x + 1}$

Asimismo, en la Tabla 30, se muestra la prueba Tukey para el factor dosis de ácido-3-indol butírico. La dosis de AIB que presentó mayor longitud de raíz de estaquillas de *Omphalea diandra* fue 0,6%.

Tabla 30

Prueba Tukey para la longitud de raíz para la dosis de AIB

Dosis de AIB	Longitud de raíz (cm)	
b4= 0.6%	5.2	a
b3=0.4%	2.6	b
b2 =0.2%	0	c
b1=0%	0	c

Fuente: Elaboración Propia. Nota: (1) Datos transformados con $\sqrt{x + 1}$

4.2. Discusiones

4.2.1. *Plukenetia volubilis* L.

a. Porcentaje de enraizamiento en *Plukenetia volubilis* L.

Del análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento, no se pudo probar diferencias estadísticas significativas para la fuente de variación: tipos de sustrato (A), sin embargo, en la fuente de variación dosis de ácido-3-indol butírico(B), se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas. Así mismo para la interacción AxB (tipos de sustrato por dosis de ácido-3-indol butírico), se pudo probar diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto, el porcentaje de estacas enraizadas de sachá inchi, dependen entre otras condiciones de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 64,22% con un coeficiente de determinación de 74,24% y un coeficiente de variabilidad de 9,21%. De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para el factor principal tipo de sustrato (A), el porcentaje de estacas enraizadas no está sujeto al tipo de sustrato, es decir, a₁ (Arena Blanca) con 65.83% de enraizamiento no se diferenció estadísticamente de a₂ (Cascarilla de arroz) con 62.50% de enraizamiento, en promedio de las dosis de AIB estudiadas; numéricamente arena blanca (65,83%) fue superior a cascarilla de arroz (62,50%)

de la variable evaluada. Estos resultados concuerdan con Mesén (1992), donde el mejor resultado de enraizado se da en arena que en grava en la especie forestal de *Gmelina arborea*.

También se menciona que la arena como medio de enraizamiento ha dado buenos resultados con la mayoría de las especies, siendo más conveniente en el último caso, es posible que se deba al mejor balance entre aireación y humedad de las partículas de arena en comparación a la grava (Mesén 1998). Para la dosis de ácido-3-indol butírico (B), se observa que difieren estadísticamente de la dosis de 0,2% de AIB, respecto a las demás, ya que la dosis de 0,2% superó a las de 0,4%, 0,1%, 0,8%, 0,0% de dosis de AIB.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,2% de AIB, probablemente porque esta dosis favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello una mayor formación de raíces. Esto se corrobora con los resultados obtenidos en el CATIE, (Díaz, 1991; Leakey, 1990; Mesén, 1992; Mesén, 1993; Mesén y Trejos, 1997; Núñez, 1997), la concentración de 0,2 de AIB, ha dado los mejores resultados en *A. acuminata*; *B. quinata*; *Cedrela odorata*; *E. deglupta*; *G. arborea* y *S. macrophylla*; con *Platymiscium pinnatum*, las dosis de 0,2% y 0,4% de AIB fueron los mejores cuando se utilizó grava o arena como sustrato, respectivamente.

Para la interacción tipos de sustratos y dosis de ácido-3-indol butírico (Tabla 9), se observa que el tratamiento T8 (arena blanca al 0,2% de AIB), fue el que superó y presentó el mejor comportamiento, alcanzando el mayor porcentaje de enraizamiento (99,46%), seguidos del tratamiento T3 (cascarilla de arroz al 0,2% de AIB), tratamiento T4 (cascarilla de arroz al 0,4% de AIB), tratamiento T10 (arena blanca al 0,8% de AIB), tratamiento T9 (arena blanca al 0,4% de AIB), y tratamiento T2 (cascarilla de arroz al 0,1% de AIB) con promedios de 86,17%, 80,37%, 79,82%, 78,58%, 71,17% respectivamente.

Este mayor porcentaje de enraizamiento en estacas de *Plukenetia volubilis* han sido altos observado en el tratamiento T8 (arena blanca al 0,2% de AIB), debiéndose posiblemente a una concentración adecuada de hormona acelerando la formación y el crecimiento inicial de

las raíces adventicias, habiendo un equilibrio con el tipo de sustrato por sus diferentes características, mientras que el T6 (arena blanca; 0,0% de AIB) fue el que obtuvo el más bajo porcentaje de enraizamiento con 13,92% de estacas enraizadas.

Corroborando con Leakey, 1987 citado por Gutiérrez 2003, un buen sistema de enraizamiento se considera cuando es superior al 70%. Díaz (1991), obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento en arena y menor en grava, con una dosis de concentración de 0,2% en un trabajo de investigación realizado con la especie de *Gmelina arborea*.

Varios factores pueden contribuir para el aumento del porcentaje de enraizamiento de las estacas, incluyendo la consistencia de la estaca, época de colecta, cuidados durante la preparación de las estacas y tiempo entre la colecta y la colocación en el sustrato (Faria y Sacramento, 2003). Los beneficios de la aplicación de auxinas sobre la formación de raíces en las estacas son bien reconocidos (Hartmann y Kester 1997). Además de los efectos directos de la auxina sobre la división y el crecimiento celular, han sido asociados con un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores hacia la base de la estaca, donde promueven la iniciación y el desarrollo de raíces (Mesén, 1998).

b. Número de raíces

Del análisis de varianza (Tabla 10). Para el carácter número de raíces, se pudo probar diferencias estadísticas significativas para la fuente de variación: tipos de sustrato (A), sin embargo, en la fuente de variación de dosis de ácido-3-indol butírico(B) sí se presentaron diferencias altamente significativas. Así mismo para la interacción AxB (tipos de sustrato por dosis de ácido-3-indol butírico), no se reporta diferencias estadísticas significativas.

La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) mostró diferencias significativas entre sustratos para el número de raíces (tabla 11) la arena blanca (12.11 raíces por estaca) con respecto a cascarilla de arroz (7.39 raíces por estaca).

Para dosis de ácido-3-indol butírico se observa claramente que existe una relación directamente proporcional con la dosis de AIB, obteniéndose el mayor número de raíces para la dosis 0.8% con una media de 21 raíces diferenciándose estadísticamente de las otras dosis respectivamente.

La interacción entre el tipo de sustrato y la dosis de ácido-3-indol butírico en el número de raíces (Tabla 12), la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), demuestra que los tratamientos (T5, T10), no se diferencian estadísticamente entre sí, sin embargo resultan ser superiores a los demás tratamientos puesto que son los que logran obtener el mayor número de raíces; Así mismo para este parámetro evaluado el comportamiento de la arena blanca con bajas dosis de AIB entre (0,1 - 0,0%) no resulta ser más influyente en la generación de raíces.

Leakey 1987 citado por Gutiérrez (2003), menciona que es deseable que las estacas tengan muchas raíces, pero tres raíces bien ramificadas y distribuidas alrededor de las estacas son suficientes. En un estudio realizado en *Cryptomeria japonica*, el número de raíces por estacas estuvo inversamente relacionado con el contenido volumétrico de agua en el medio, sugiriendo que el exceso de agua actúa como barrera para la difusión del oxígeno (Loach, 1986 citado por Núñez 1997).

c. Porcentaje de brotación

De acuerdo al análisis de varianza para el porcentaje de brotación (Tabla 13), se reporta que a nivel de sustratos (A) no existe diferencia significativa para los tratamientos; sin embargo, para el Factor (B) dosis de ácido-3-indol butírico existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos; no existiendo significancia en la interacción de los factores.

Para los efectos principales (Tabla 14) el porcentaje de brotación no está directamente influenciado por los tipos de sustratos, por lo que no se muestra una diferencia significativa; Sin embargo, para el factor B (dosis de AIB), las bajas concentraciones de AIB e incluso la nula aplicación favorece aún más el brotamiento de yemas dormantes en las está.

Por otra parte, la activación de yemas dormantes se debe principalmente al efecto directo de citoquininas, ya que la aplicación de reguladores de crecimiento como el AIA (ácido indol acético), AIB (ácido-3-indol butírico), ANA (ácido naftalenacético), pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento. (Norberto, 1999; Wendling, et al., 2000 citados por Torres, 2003).

Por tanto, las respuestas mostradas para el factor (B) es lógico a lo que explica. (Norberto, 1999; Wendling, et al., 2000 citados por Torres, 2003), donde hace referencia que la dominancia de funciones que adquieren los reguladores en los tejidos se debe principalmente al balance entre Auxinas/citoquininas.

La interacción del factor A (sustratos) con el factor B (dosis de AIB) mostrado en la Tabla 15, demuestra que el tratamiento T1 (cascarilla de arroz con 0,0% de AIB), proporciona el mayor porcentaje de brotamiento respecto a los demás tratamientos, esto se debe principalmente a que existe la posibilidad a la presencia de citoquininas.

d. Porcentaje de Mortandad

En el análisis de varianza (Tabla 16), se observa, que la mortandad está influenciada por el factor principal tipo de sustrato (A) y la dosis de ácido-3-indol butírico en forma altamente significativa. Así mismo existe significancia estadística en la interacción AxB, (tipo de sustrato por dosis de ácido-3-indol butírico).

Para los efectos principales (Tabla 17), el porcentaje de mortandad está directamente influenciado por los tipos de sustratos, resultándose obtener mayor mortandad utilizando cascarilla de arroz; Por otro lado el factor B (dosis de AIB), las altas (0,4-0,8% de AIB) y bajas (0,0% - 0,1% AIB) concentraciones de la auxina son determinantes en la mortandad debido a un desequilibrio hormonal, resultándose obtener un equilibrio cuando se aplica 0,2% de AIB, corroborando con Haissig, 1974 citado por Núñez 1997, quien menciona que la relación entre

aire y agua en el medio de enraizamiento juega un papel importante en el éxito de la macro propagación al influir la cantidad de oxígeno que pueda haber en la base de las estacas ,donde las raíces son formadas.

La interacción del factor A (sustratos) con el factor B (dosis de AIB) mostrado en el Tabla 18, demuestra que el tratamiento T5 (cascarilla de arroz con 0,8% de AIB), proporciona una mayor tasa de mortandad respecto a los demás tratamientos, esto se debe principalmente a lo ya explicado en el cuadro 11, donde se enfatiza de que el grado de equilibrio de una concentración auxina óptima para estacas juveniles de sachá inchi está entre un 0,2% de AIB tal como se observa en el tratamiento (T8).

4.2.2. *Omphalea diandra*

a. Porcentaje de enraizamiento

Del análisis de varianza (Tabla 19) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y Tipo de sustrato (B).

Sin embargo, en la interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto, el porcentaje de estacas enraizadas de *Omphalea diandra*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 26,0 con un coeficiente de determinación de 99,0 % y un coeficiente de variabilidad de 11.0%.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 1 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al % de enraizamiento existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 57,5% superando estadísticamente a los demás sub niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según la Tabla 20 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de enraizamiento.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Tabla 23), el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T7 con un 70,0% de enraizamiento respectivamente, mostro diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,6 % de AIB, probablemente Al parecer, la mayor habilidad de enraizamiento en las estacas tratadas con AIB está relacionada con el incremento de la actividad cambial subsecuente aumento del tejido parenquimáticas de mayor actividad metabólica en las estacas, circunstancia que puede incidir favorablemente en la disponibilidad de carbohidratos solubles durante el proceso de enraizamiento, efecto conocida para las auxinas (Vieitez et al., 1980). Haissig, 1974; Leakey et al., 1982 citado por Núñez (1997) menciona sus efectos directos sobre la división celular asociados con un aumento en la tasa de transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de las estacas donde promueven la iniciación y desarrollo de las raíces. Dichos efectos se pudieron observar en el mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas de *Omphalea diandra* tratadas con AIB. Actualmente está bien establecido que los metabolitos y otros cofactores de crecimiento se translocan hacia las regiones tratadas con auxinas (PHILLIPS, 1975). Otro efecto de las auxinas a la base de la estaca asociado con la formación de raíces, es su capacidad de estimular la síntesis de ADN en ciertas células (Gaspar y Hofinger, 1988).

La efectividad del propagador de subirrigación radica en el tipo de sustrato, en su capacidad de mantener una alta humedad relativa y bajos déficits de presión de vapor, manteniendo así la turgencia foliar de las estacas de *omphalea*. La condición hídrica de las estacas es gobernada por el balance entre pérdidas por evaporación a través de las hojas y la

absorción de agua por las estacas (Gay y Loach, 1977; Grange y Loach, 1983 a,b). Puesto que las estacas carecen de raíces al inicio, deben depender de la retención de su turgencia y de la absorción de agua a través del corte en la base y/o a través de la superficie de las hojas y el tallo (Loach, 1988).

b. Número de raíces

Del análisis de varianza (Tabla 22) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A).

La interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto, el porcentaje de estacas enraizadas de *Omphalea diandra*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 2,65 con un coeficiente de determinación de 93 % y un coeficiente de variabilidad de 14,65 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Tabla 23 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al número de raíces, existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 6,8 superando estadísticamente a los demás niveles del factor A. El número de raíces producidos por las estacas es altamente influenciado por la habilidad de la estaca a suplir carbohidratos, ya sea de reserva o producido mediante fotosíntesis, al área donde surgen las raíces (Lovell y White 1986, Moe y Andersen (1988), Veirskov y Andersen 1982). Por lo tanto, una vez que la estaca enraíza, las dosis crecientes de AIB mediante sus reconocidos efectos sobre la división celular y el transporte de sustancias hacia la base de la estaca, permiten el desarrollo de un mayor número de raíces, como se presentó en el siguiente estudio

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según la Tabla 24 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente, existe una diferencia

significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de enraizamiento, resaltando el sustrato a base de grava fina con una media de 2.8.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato, el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T7 con una media de 7,6 en cuanto al número de raíces, mostro diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El número promedio de raíces por estaca, mostró la típica tendencia creciente al aumentar la dosis de AIB, como se ha observado en muchas otras especies tropicales (Mesén, 1993; Mesén *et. al.*, 1996b) tales como en estacas de *Cordia alliodora* (MESÉN *et. al.*, 1997b); *Vochisia guatemalensis* (Mesén *et. al.*, 1996b) y *Khaya ivorensis* (Tchoundjeu y Leakey, 1996). Esto indica que la aplicación de AIB aceleró la formación y el crecimiento inicial de las raíces adventicias en las estacas de *Omphalea*. Este incremento en el número de raíces puede estar relacionado con la función del ácido indolbutírico de promover la movilización de carbohidratos de hojas y de tallo a la base de las estacas (HAISSIG, 1986). Según Veierskov *et al.*, (1982), una de las funciones de los carbohidratos en algunas especies es la de producir un incremento en el número de raíces por estaca. En todos los casos las raíces emergieron de la parte lateral de las estacas. Esta tendencia posiblemente se relacione con la hipótesis de que cada una de las fases sucesivas que ocurren durante el proceso de enraizamiento es fisiológicamente diferente, como lo es también, la necesidad de auxina en cada fase (Gaspar y Hofinger 1988). Se observó además en las estacas de *Omphalea* no tratadas con AIB, un menor número de proliferación celular y una disminución en la formación del parénquima radical en las estacas, dando como consecuencia un número inferior de raíces emergidas indicando con ello que existió cierta liberación y traslocación de auxinas endógenas. (explicar que no existe diferencia significativa entre dosis de aIB pero sí en tipos de sustrato).

c. Porcentaje de brotación

Del análisis de varianza (Tabla 25) para el porcentaje de brotación, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación Tipo de sustrato (B).

La interacción de los factores A y B presentaron diferencias altamente significativas. Por lo tanto, el porcentaje de estacas enraizadas de *Omphalea diandra*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) y tipo de sustrato. Se obtuvieron una media de 20,75 % con un coeficiente de determinación de 99,0 % y un coeficiente de variabilidad de 8,66 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según la Tabla 26 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al % de brotación existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 50,5% superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según la Tabla 27 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente, existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de brotación, obteniendo el mejor valor en grava fina, con una media de 24,0%.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Gráfica 13), el porcentaje de brotación está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T7 con una media de 62 % alcanzo el mejor porcentaje de brotación y mostro diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,6 % de AIB, probablemente porque esta dosis favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello un mayor porcentaje de brotación.

Esto se debe a que en las estacas basales existen gradientes hormonales en cantidades mayores que en las apicales. Las citoquininas probablemente sean los responsables de la brotación de yemas ya que éstas tienen un movimiento no polar (movimiento acropétalo) hacia el ápice. Estudios realizados por Ruiz *et al* (2005)

Para el porcentaje de brotación nos indica que estos resultados se deben a que en las estaquillas existen gradientes hormonales en cantidades mayores que en las intermedias. Ruiz (2010), menciona que las citoquininas probablemente seas las responsables de brotación de yemas ya que tienen un movimiento no polar (movimiento acropetalo) hacia el apice.

Por otra parte, la activación de yemas dormantes se debe principalmente al efecto directo de citoquininas, ya que la aplicación de reguladores de crecimiento como el AIA (ácido indol acético), AIB (ácido-3-indol butírico), ANA (ácido naftalenacético), pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento (Norberto, 1999; Wendling et al., 2000, citados por Torres, 2003).

d. Longitud de raíz mayor

Del análisis de varianza (Tabla 28) para Longitud de raíz mayor, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación Tipo de sustrato (B).

Así mismo, en la interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias significativas. Por lo tanto, la longitud de raíz mayor de *Omphalea diandra* dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) y Tipos de sustratos Se obtuvieron una media de 2,3 con un coeficiente de determinación de 98,79 % y un coeficiente de variabilidad del 15 %.

Cameron (1968) citado por Henriquez (2004), afirma que la iniciación de raíces y el crecimiento radicular son procesos morfogenéticos separados y posiblemente cada uno

requiere diferentes condiciones. Los resultados obtenidos son comparables con los descritos por García et al. (2001) en la solanácea *Physalis ixocarpa* Brot., en que tratamientos con concentración de 0.10% y 0.15% de AIB incrementan la longitud de las raíces.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según la Tabla 29 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente a la longitud de raíz mayor, existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 5,2 cm superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según la figura 11 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente, existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de enraizamiento.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato, la longitud de raíz mayor está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T7 y el T8 con medias de 5,6 y 4,7 respectivamente reportaron los mayores valores en cuanto a la longitud de raíz mayor r; los cuales mostraron diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,6 % de AIB y arena blanca probablemente porque esta dosis y el sustrato favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello una mayor formación de raíces. Esto se corrobora con los resultados obtenidos en el IIAP (Ruíz et al 2011) y CATIE (Díaz, 1991; Leakey, 1990; Mesén, 1992; Mesén, 1993; Mesén y Trejos, 1997; Núñez, 1997), donde mencionan que con las concentraciones de 0,2 de AIB, lograron obtener un mayor longitud de raíces de raíces para *Plukenetia volubilis* L; *A. acuminata*; *B. quinata*; *Cedrela odorata*; *E. deglupta*; *G. arborea* y *S. macrophylla* y *Platymiscium pinnatum*.

Reconociendo así los beneficios de la aplicación de auxinas en la división y alargamiento celular, además el transporte de carbohidratos y cofactores hacia la base de la

estaca, promoviendo así la iniciación y el desarrollo de las raíces (Haissig, 1974, citado por Núñez 1997).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas de *P. volubilis* L., fueron: Dosis de AIB 0,2%; arena blanca con 0,2% de AIB; Cascarilla arroz con 0,2% de AIB; Cascarilla arroz con 0,4% de AIB; Arena blanca con 0,6% de AIB y Arena blanca con 0,4% de AIB. Asimismo, los tratamientos que presentaron mayor número de raíces fueron: Arena blanca y la dosis de AIB de 0,6%. Por otro lado, el tratamiento con mayor porcentaje de brotación fue 0,0% de AIB. Mientras que el menor porcentaje de mortandad de estaquillas se obtuvo con los siguientes tratamientos: Arena blanca, dosis de AIB de 0,2% y las interacciones de arena blanca con 0.0% de AIB y arena blanca con 0,2%. Por tanto, el mejor sustrato para el enraizamiento de estaquillas de *P. volubilis* L., fue arena blanca y la mejor dosis de AIB fue 0.2%. Esto permitirá que se acelere la aparición de raíces de las estaquillas del ecotipo *Mishquiyacu*, promoviendo de esta manera la conservación ex situ de la especie, la cual presenta características nutritivas y medicinales. En todos los casos se aceptó la hipótesis alterna.

En cuanto a la especie *Omphalea diandra*, los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas fueron: Cascarilla de arroz y la dosis de AIB de 0,6%. Asimismo, el sustrato que presentó mayor número de raíces fue arena blanca. Por otro lado, los tratamientos con mayor porcentaje de brotación fueron: Arena blanca, dosis de AIB de 0,6% y la interacción de arena blanca con 0,6% de AIB. Con respecto a la longitud de raíz mayor los mejores tratamientos fueron: Cascarilla de arroz y la dosis de AIB de 0,6%. Por tanto, el mejor sustrato para el enraizamiento de estaquillas de *O. diandra*, fue cascarilla de

arroz y la mejor dosis de AIB fue 0.6%. Esto permitirá promover la conservación de esta especie e impulsar su cultivo, debido a sus bondades. En todos los casos se aceptó la hipótesis alterna.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda, utilizar el sustrato arena blanca y dosis de AIB fue 0.2% para el enraizamiento de *P. volubilis* L., de tal manera se acelere la aparición de raíces de las estaquillas de este ecotipo *Mishquiyacu* de *Plukenetia volubilis* L. Este permitirá promover la conservación ex situ de la especie, la cual presenta características nutritivas y medicinales.

Asimismo, se recomienda, utilizar el sustrato cascarilla de arroz y dosis de AIB fue 0.6% para el enraizamiento de *O. diandra*, de tal manera se acelere la aparición de raíces.

Se recomienda además realizar investigaciones futuras de enraizamiento de otras especies nativas de la zona, con diversos sustratos y aceleradores de enraizamiento naturales, de tal manera que se cuente con un banco genético de estas especies, promoviendo de esta manera su conservación.

REFERENCIAS

- Awad, G. (1993). Propagación vegetativa de seis especies vegetales nativas con posibilidades ornamentales. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 66 pág.
- Botti, C. (1999). Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. En: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 72-82 pág.
- Braudeau, J. (1981). El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora S. A. Casas Grandes N° 69. México – D. F. 296 pág.
- Cabello, A. (2000). Propagación Asexual. Apuntes de Clases N° 2. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10 pág.
- Cuculiza, P. (1956). Propagación de plantas. Lima. Perú. Talleres gráficos F. L. Villanueva. 340 pág.
- Díaz, E.G. (2009). Efecto de tres niveles de área foliar y cuatro dosis de ácido indolbutírico en el enraizamiento de amahua (*Plukenetia polyadenia* Muell. Arg.). Tesis. Ing. Agronomo
- Díaz, M.E. (1991). Técnicas de Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica CATIE. 93 pág.
- Dirr, M. y Heuser, C. Jr. (1987). The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Georgia, USA. Varsity Press INC. 239 pág.
- Faria, C. y Sacramento, K. (2003). Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauero (clones CEPEC 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). Rev. Bras. Frutic vol.25, no.1, pág.192-194. [En línea]. Scielo. (<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0100-29452003000100054&lng=es&nrm=iso>. Documentos, 22 Octubre de 2008).

- Galluser, E. (2004). Informe Preliminar. Caracterización e Identificación de Ecotipos del género *Plukenetia*. Tarapoto-Perú. 4 pág.
- Galluser, S. (2005). Identificación de Muestras Botánicas del Género *Plukenetia* (*Euphorbiaceae*). Informe de Consultaría. AMC N° 012- 2004/ INIA- E.E. POV/ CEP. Tarapoto
- Gillespie, L. J. (1993). A synopsis of Neotropical *Plukenetia* (*Euphorbiaceae*) including two new species. *Systematic Botany* 18 (4).
- Grange, R.I., Loach, K., (1985). The effect of Light on the rooting of leafy cuttings. *Scientia Horticulturae* 27: 105-111 pág.
- Gutiérrez, A. (2003). Propagación del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos. Turrialba – Costa Rica. Pág. 107.
- Gutiérrez, B. (1995). Consideraciones sobre la Fisiología y el Estado de Madurez en el Enraizamiento de Estacas de Especies Forestales. Santiago, Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 9 (2): 261 – 277 pág.
- Haissig, E. B. (1974). Origin of adventitious roots. *New Zealand Journal of Forestry Science* (Nueva Zelanda) 4 (2): 299-310 pág.
- Hartman, H.; Kester, D.E; Davis, F.T. (1987) *Plant Propagation. Principles and Practices*. Prentice- Hall, Inc. Englewood cliffs. Fifth edition. New Yersey. 647 pág.
- Hartmann, T. y Kester, E. (1997). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. Editorial continental S.A. México. 814 pág.
- Henriquez, E. (2004). Evaluación de tres factores de enraizamiento en morera (*Morus alba*). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Facultad de ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 77 pág. [En línea]. Cybertesis. (<http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/henriqueze/doc/henriqueze.pdf> Henríquez, Documentos, 24 de Julio 2006)

- Jinks, L. (1995). The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinus excelsior* L.), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *New Forests* (EE.UU.) 10: pág. 183 -195.
- Kains, M. Y Mcquesten, L. (1938). *Propagation of plants*. New York. USA. Orange Judo Publishing Company, INC. 639 pág.
- Leakey, R.R.B. (1987). Clonal Forestry in the tropics-A review of developments, strategies and opportunities. *Commonwealth Forestry Review* (Inglaterra). 66: 61-75 pág.
- Leakey, R. (1990). Propagación vegetativa de especies forestales. In *Manual sobre Mejoramiento genético*. CATIE, Turrialba. Costa Rica. Pág. 113 -120
- Loach, K. (1977). Leaf wáter potential and the rooting of cuttings under mist and polythelene. *Physiology Plantarum* (Dinamarca) 40: pág. 191 -197.
- Loach, K. (1988b). Controlling Environmental Condition to Improve Adventitious Rooting. Ed. Por Davis T.D.; Haissig, B.E. y Sankhla, N. eds *Aventitious root formation in cuttings* Oregon Dioscorides Press pág. 102-116.
- Loagman, K.A. (1993). Rooting Cuttings of Tropical Trees. *Tropical Trees: Propagation and Planting Manuals*. Vol. 1. Commonwealth Science Council, London. 137 pág.
- Macdonald, B. (1986). *Practical woody plant propagation for nursery growers*. London. Ed. Batsford. 669 pág.
- Manco, E. (2006). Cultivo de Sacha Inchi. Estación Experimental Agraria "El Porvenir", INIEA. Tarapoto. 11 pág.
- Mesén, J. F. (1992). Hacia el desarrollo de técnica de silvicultura clonal para el pequeño finquero. *Chasqui* (Costa Rica) 28: 6-18 pág.
- Mesén, J. F. (1993). *Vegetative propagation of Central American hardwoods* Thesis PhD Scotland, University of Edinburgh. P. 231 pág.

- Mesen, F. (1998). Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 pág.
- Mesén F, Trejos E. (1997). Propagación vegetativa de San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. *Revista Forestal Centroamericana*, 21:19-24 pág.
- Mostacero, Mejia, Gamarra. (2002). *Taxonomía de las Fanerógamas Útiles del Perú*. Ed. Normas Legales. CONCYTEC. Vol. I y II. Trujillo, Perú. 674 pág.
- Núñez, Y. (1997). Propagación Vegetativa del Cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); Pílón (*Hyeronima alchorneoides*, Allemo) y Surá (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavon) Mediante el Enraizamiento de Estacas Juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 172 pág. [En línea]. CATIE. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0488e/A0488e.pdf#>)
- Peate, N. (1989). Media for cutting propagation. Washington. U. S. A. The International Plant Propagators Society. 39: pág. 71-76.
- Salisbury, F. Y Ross, W. (2000). *Fisiología de las plantas*. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 988 pág.
- Sandoval, A. (1997). Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. 50 pág.
- Santelices, R. (1998). Propagación vegetativa del Hualo, (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser), mediante estacas procedentes de rebrotes de tocón. Tesis Magister en Ciencias Forestales, Mención Manejo Forestal. Escuela de Postgrado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 93 pág.
- Sevilla Y Holle. (2004). *Recursos Genéticos Vegetales*. Primera Edición. Edit. Torre Azul SAC. Lima, Perú. 445 pág.

- StrasburgueR, E. (1994). Tratado de botánica. Omega, Barcelona. 1.068 pág.
- Souza Najar, R. I. (2016). Obtención de biodiesel a partir del aceite de *Omphalea diandra*. Tesis posgrado, 10-11. Trujillo, Perú.
- Torres, A. (2003). Relação entre Sazonalidade Desrama e Carboidratos no Crescimento do Eucalypto Na propagação Vegetativa por Miniestaquia. Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 pág. [En línea]. USP. (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122003-105826/>)
- Wells, J. (1979). Plant propagation practices. 14^a printing. New York. USA. Macmillan Publishing co., INC. 344 pág.
- Zobel, B. y Talbert, J. (1992). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México. Ed. Limusa. 554 pág.

ANEXOS



Anexo 1. Instalación del vivero de propagación



Anexo 2. Instalación de las cámaras de propagación



Anexo 3. Diseño de ubicación de cámaras



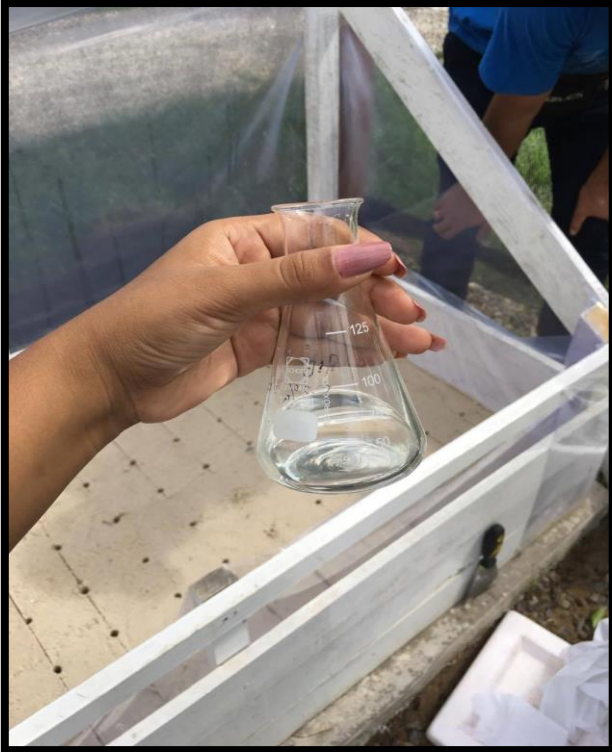
Anexo 4. Desinfección de material



Anexo 5. Diseño de ubicación de estaquillas



Anexo 6. Diseño de ubicación de estaquillas 10x10 cm



Anexo 7. Hormona enraizador (ácido- 3- indol butírico)



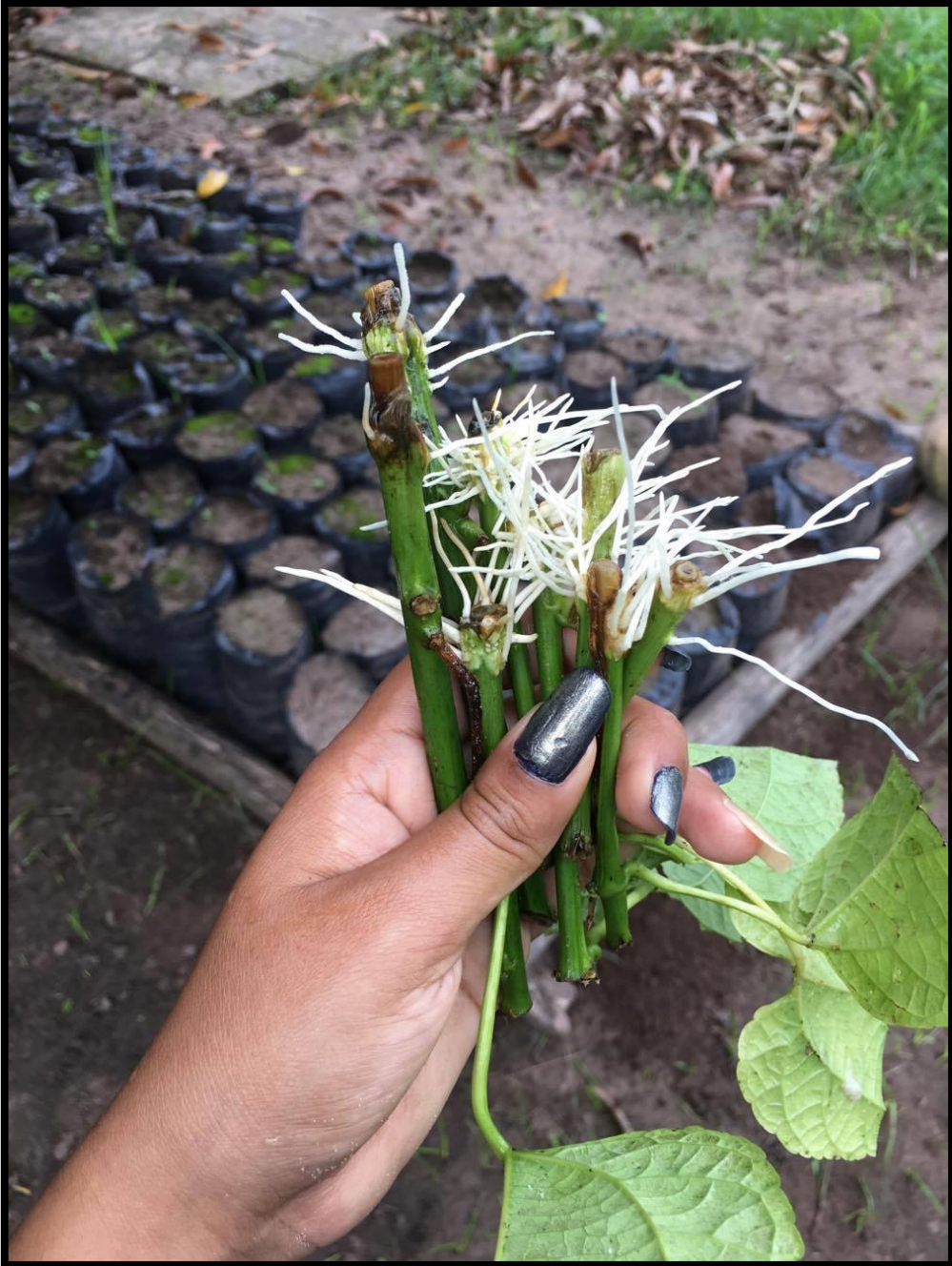
Anexo 8. Material vegetativo a propagar



Anexo 9. Instalación de estaquillas



Anexo 10. Estaquillas instaladas



Anexo 11. Estaquillas enraizadas de *Plukenetia volubilis*



Anexo 12. Estaquilla enraizada de *Omphalea diandra*