

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**“GERMINACIÓN DE SEMILLA BOTÁNICA DE Terminalia amazonia
(J. F. GMEL.) EXELL, UTILIZANDO CINCO TRATAMIENTOS
PREGERMINATIVOS”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

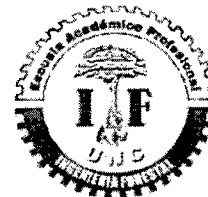
EINSTEIN BRAVO CAMPOS

JAÉN – PERÚ

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
SECCIÓN JAÉN



"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962
Bolívar N° 1342 - Plaza de Armas - Telfs. 431907 - 431080
JAÉN - PERÚ

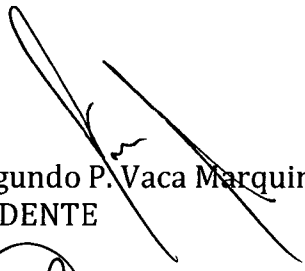
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los diecinueve días del mes de Mayo del año dos mil catorce, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 028-2014-FCA-UNC, de fecha 18 de Marzo del 2014, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"GERMINACIÓN DE SEMILLA BOTÁNICA DE *Terminalia amazonia* (J.F. GMEL.) EXELL, UTILIZANDO CINCO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS"**, del Bachiller en Ciencias Forestales don EINSTEIN BRAVO CAMPOS, para optar el Título Profesional de INGENIERO FORESTAL.

A las quince horas y cinco minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto, invitando al sustentante a exponer su trabajo de tesis y luego de concluida la exposición, se procedió a la formulación de las preguntas. Concluido el acto de sustentación el jurado procedió a deliberar para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la APROBACIÓN por UNANIMIDAD, con el calificativo de QUINCE (15). Por lo tanto, el graduando queda expedito para que inicie los trámites para que se le expida el Título Profesional de Ingeniero Forestal.


A las dieciséis horas y cincuenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.


Jaén, 19 de Mayo de 2014


Ing. M.Sc. Segundo P. Vaca Marquina
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. Germán Pérez Hurtado
SECRETARIO


Ing. Leiver Flores Flores
VOCAL


M.C. Marcela N. Arteaga Cuba
ASESOR


Ing. M.Sc. Segundo M. Tafur Santillán
ASESOR

Dedicatoria

Un agradecimiento infinito a nuestro creador, Dios, por haberme prestado la vida y así poder hacer uso de sus infinitas maravillas naturales, para ser un hombre profesional de bien ante la sociedad.

A mis padres, Ciro Bravo Ruíz y Liduvina Campos Sánchez, por toda su comprensión, apoyo, estímulo y enseñanzas morales, ellos los que indujeron al servicio de la educación, desde el inicio de mi educación formal hasta lo que soy ahora, por lo que pude adquirir principios y valores para mi desempeño profesional y social; a ustedes padres les debo quien soy y hasta dónde pueda llegar.

A mis tíos, Jaime Cabrera Campos, Evelia Bravo Ruíz, y a toda la familia Bravo Ruíz, por su apoyo y/o colaboración, estímulos y consejos, que me han servido para poder realizar mi desarrollo profesional.

A mis hermanos, Will Smith Bravo Campos y Cleini Bravo Campos, tía, Melva Bravo Ruíz, a quienes quiero mucho, pues ellos me han estimulado para poder realizarme lo que soy ahora.

Agradecimientos

Dejo expresado mi más sincero agradecimiento a:

Mis asesores: Mtblga. M.Cs. Marcela Arteaga Cuba, Ing. M.Cs. Segundo M. Tafur Santillán, por su apoyo incondicional de una manera desinteresada en el proceso de transmisión de conocimientos y solución de problemas de desarrollos académicos, como es el perfeccionamiento del presente trabajo de investigación, la cual se ha podido desarrollar de una manera exitosa.

Ing. Jorge Antonio Delgado Soto, Lic. Nelson Hermogenes Urcya Yengle por sus apoyos en la adopción de conocimientos y prestación de productos químicos de laboratorio.

Bach. Eli Pariente Mondragón, por su apoyo en la obtención de la constancia de determinación botánica de la especie Terminalia amazonia en la UNALM.

Sres. Eli Becerra Aguilar, Daniel Pérez Díaz y Clodomiro Becerra Quispe, por sus apoyos en la colecta de muestras necesarias en campo para la Ejecución del Proyecto de Tesis.

De la semilla nace un árbol,
y de él una nueva esperanza

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	16
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
2.1. Planteamiento del problema	18
2.2. Formulación del problema	18
2.3. Justificación de la investigación	18
2.4. Delimitación de la investigación	19
III. REVISIÓN DE LITERATURA	20
3.1. Antecedentes teóricos de la investigación	20
3.1.1. Clasificación taxonómica	20
3.1.2. Descripción botánica	21
3.1.3. Distribución geográfica	22
3.1.4. Ecología de la especie	22
3.1.5. Importancia de especie	23
3.1.6. Manejo y almacenamiento de la semilla	24
3.1.7. Ensayos pre-germinativos	25
3.1.8. Plagas y enfermedades	26
3.1.9. Semilla y germinación	27
3.1.10. Factores que intervienen en la germinación	33
3.1.11. Factores que impiden la germinación de la semilla	34
3.1.12. Tratamientos pre-germinativos	35
3.2. Bases teóricas	42
IV. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	44
V. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	45
VI. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	46
6.1. Definición operacional de variables	46
6.2. Tipo y descripción del diseño de contrastación	48
VII. METODOLOGIA Y MATERIALES	49
7.1. Tipo de investigación	49

7.2. Ubicación del trabajo de investigación	49
7.3. Metodología	50
a. Unidad de análisis, universo y muestra	50
b. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
b.1. Recolección de las semillas de ciricuna	50
b.2. Procesamiento del fruto para obtener la semilla	50
b.3. Métodos indirectos de determinación de viabilidad	51
b.3.1. Ensayo topográfico de tetrazolio	51
b.3.2. Método de peróxido de hidrogeno	51
b.4. Tratamientos en estudio	52
b.5. Inmersión de las semillas en las soluciones	52
b.6. Disposición de tratamientos en laboratorio	53
b.7. Método de determinación del tejido embrionario	53
c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
d. Diseño experimental	57
7.4. Materiales	57
a. Material biológico	57
b. Reactivos	57
c. Equipos y material de laboratorio	57
d. Material de escritorio	58
e. Infraestructura	58
f. Otros	58
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES	59
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
9.1. CONCLUSIONES	70
9.2. RECOMENDACIONES	71
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01. Definición operacional de variables	46
Tabla 02. Disposición de tratamientos en laboratorio, adaptado al DBCA	48
Tabla 03. Disposición de tratamientos en laboratorio, adaptado al DBCR	53
Tabla 04. Disposición de tratamientos en laboratorio	54
Tabla 05. Ordenamiento de muestras de acuerdo al tratamiento pregerminativo, con sus respectivas cantidades germinadas por repetición	54
Tabla 06. Análisis de varianza	56
Tabla 07. Resultados del porcentaje de pureza	59
Tabla 08. Resultados del porcentaje de germinación	61

ANEXO

- Anexo 01. Mapa de ubicación de la especie forestal *Terminalia amazonia*
- Anexo 02. Distribución de árboles relictos de *Terminalia amazonia*
- Anexo 03. Ficha de observación fitosociológica, especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que crecen alrededor de *Terminalia amazonia*
- Anexo 04. Evaluación de la germinación diaria de las semillas *Terminalia amazonia* por tratamientos
- Anexo 05. Resultados de la disposición de tratamientos en laboratorio
- Anexo 06. Cálculo de las fuentes de variación
- Anexo 07. Análisis de varianza (ANVA)
- Anexo 08. Flor de *Terminalia amazonia* y partes observadas
- Anexo 09. Semilla de *Terminalia amazonia* y partes observadas
- Anexo 10. Estructura de frutos inmaduros de *T. amazonia*
- Anexo 11. Corteza; Textura fibrosa de *T. amazonia*
- Anexo 12. Hojas de *T. amazonia*
- Anexo 13. Constancia de identificación de la especie *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, otorgado por el Director del Laboratorio de Dendrología y Herbario Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina; Carlos Reynel Rodríguez Ph.D.

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

- Imagen 01. **Árbol semillero - *Terminalia amazonia***
- Imagen 02. **Muestras de semillas secas y lista para el ensayo de germinación**
- Imagen 03. **Semillas enteras sin la recubierta alada (endocarpo fibroso)**
- Imagen 04. **Semillas seccionadas longitudinalmente para hacer uso del tetrazolio y no ha presentado coloraciones en embrión (método indirecto)**
- Imagen 05. **Semillas seccionadas longitudinalmente para observación macroscópica y no se halló embrión**
- Imagen 06. **Preparación de muestras para realizar el ensayo de germinación**
- Imagen 07. **Reactivo AG_3 : 1000 y 2000 ppm**
- Imagen 08. **Reactivo KNO_3 : 1000 y 2000 ppm**
- Imagen 09. **Obtención de celulasa a través de materia orgánica**
- Imagen 10. **Semilla embebida con AG_3 para ubicarlos en sus respectivos sustratos**
- Imagen 11. **Esterilización de las placas Petri**
- Imagen 12. **Semilla embebida con KNO_3 para ubicarlos en sus respectivos sustratos**
- Imagen 13. **Semillas tratadas, al inicio del experimento (no embebidas)**
- Imagen 14. **Semillas tratadas, al final del experimento, embebidas y no hay germinación**
- Imagen 15. **Endospermo, no hay presencia de embrión, determinada con eosina**
- Imagen 16. **Tejido con abundante sustancias aceitosas determinada con eosina**
- Imagen 17. **Tejido endospermático, determinado con Azul de metileno**
- Imagen 18. **Tejido endospermático de la semilla, no se observa tejido embrionario, determinado con azul de metileno**

- Imagen 19. Tejido endospermatico, determinado con rojo neutro
- Imagen 20. Tejido endospermatico de la semilla, no se observa tejido embrionario, determinado con rojo neutro
- Imagen 21. Acodo aéreo preparado con AIB 200 ppm para el proceso de enraizamiento
- Imagen 22. Enraizamiento del acodo aéreo, la cual ha sido inducido por el AIB 200 ppm
- Imagen 23. Restos de árboles muertos a causa de la agricultura migratoria
- Imagen 24. Restos de árboles muertos a causa de la agricultura migratoria
- Imagen 25. Restos del árbol aserrado con fines de construcción de casas y otros
- Imagen 26. Frutos vanos sin semillas a causa de la fragmentación total de la especie
- Imagen 27. Diversidad fitosociológica de *Terminalia amazonia*
- Imagen 28. Árbol relicto de *Terminalia amazonia* rodeado de pastos con otras especies arbóreas y sin regeneración natural, también no podrá tener una polinización cruzada
- Imagen 29. Libreta de apuntes en la etapa de gabinete
- Imagen 30. Libreta de apuntes en la etapa de campo
- Imagen 31. Espécimen de *Terminalia amazonia*, en el herbario de la UNALM
- Imagen 32. Vista panorámica del valle o área de presencia de *T. amazonia*

RESUMEN

Terminalia amazonia (J. F. Gmel.) Exell, es una especie forestal que ha generado mucho interés por su gran potencial de crecimiento, adaptabilidad a condiciones difíciles, y es altamente valorado por su madera de alta calidad. *Terminalia amazonia*, produce semillas sexuales, sin embargo esta vía de propagación presenta inconvenientes como la escasa existencia de árboles semilleros, sin regeneración natural, y alto porcentaje de semilla vana. El objetivo de contribuir con los mecanismos de propagación de esta especie se realizó ensayos de germinación aplicando cinco tratamientos pre-germinativos a sus semillas. Estas semillas se colectaron en Huarango – San Ignacio – Cajamarca. Los resultados del análisis físico se obtuvo al final del proceso de germinación, mostrando un porcentaje de pureza del 0 %, contenido de humedad del 21 % y 130 000 semillas por kilogramo, para estos parámetros se ha considerado semillas sin embrión con endospermo. Las muestras de semillas fueron remojadas por un periodo de 30 minutos, realizándose pruebas indirectas de viabilidad. El porcentaje de germinación de 05 tratamientos pre germinativos (KNO_3 : 1000 y 2000 ppm, AG_3 : 1000 y 2000 ppm, enzima celulasa) no mostraron germinación alguna (0 %). Ante la respuesta negativa, se optó por realizar coloraciones y observaciones microscópicas, determinando la ausencia de tejido embrionario; aprobándose así la hipótesis nula. Del inventario realizado se determinó que *Terminalia amazonia* en etapa reproductiva en el ámbito de estudio, se encuentra a distancias que oscilan de 1 a 3 km, y la ausencia de especímenes en la etapa de brinjal y latizal, determinando el no suministro de polen suficiente y de manera reincidente. El problema del estado vano puede deberse a factores genéticos como la posible incompatibilidad. Por lo que *T. amazonia* no se reproduce sexualmente, recomendándose la propagación asexual mediante acodos aéreos.

Palabras claves: *Terminalia amazonia*, tratamiento pregerminativo, semilla vana.

ABSTRACT

Terminalia amazonia (JF Gmel.) Exell, is a forest species that has generated much interest for its high growth potential, adaptability to harsh conditions, and is highly valued for its high quality wood. *Terminalia amazonia*, sex produces seeds, but this mode of transmission has drawbacks such as limited stock of seed trees, no natural regeneration, and high percentage of seed vain. The aim of contributing to the mechanisms of propagation of this species germination tests were conducted using five pre-germ your seed treatments. These seeds were collected in Huarango - San Ignacio - Cajamarca. Physical analysis results obtained at the end of the germination process , showing a percent purity of 0 % , moisture content of 21% and 130 000 seeds per kilogram , for these parameters have been considered without embryo seed endosperm. Seed samples were soaked for a period of 30 minutes, performing indirect viability tests. Germination percentage germinal treatments pre 05 (KNO₃: 1000 and 2000 ppm, AG3: 1000 and 2000 ppm cellulase enzyme) showed no (0%) germination. Given the negative response, we chose to perform colorations and microscopic observations, determining the absence of embryonic tissue; and approving the null hypothesis. Inventory conducted determined that *Terminalia amazonia* reproductive stage in the field of study, is found at distances ranging from 1 to 3 km, and the absence of specimens at the stage of seedling and saplings, determining not supply sufficient pollen and recidivist way. The problem of wasted state can be caused by genetic factors as the possible incompatibility. As *Terminalia amazonia* not reproduces sexually, recommending the asexual propagation by air-layering.

Keywords: *Terminalia amazonia*, pregerminative treatment, seed vain

I. INTRODUCCIÓN

Las selvas tropicales son los ecosistemas terrestres biológicamente más diversos; gran parte de esta diversidad está amenazada por la pérdida de masa forestal. El mantenimiento de la variación florística se considera esencial para la supervivencia a largo plazo de una especie ya que la diversidad de la flora proporciona especies potencialmente evolutiva y propagativa; por otra parte, una reducción de la diversidad a través de la deforestación, pierde la capacidad de una población para responder a los desafíos bióticos (los agentes patógenos) y a los cambios en el entorno abiótico, por la cual la especie tiende a extinguirse o atenuarse.

Los conocimientos sobre las características y análisis de la aplicación de tratamientos para la propagación vegetativa y botánica de una especie, son vitales si se quiere desarrollar herramientas prácticas que permitan el buen manejo de la especie seleccionada para los proyectos de reforestación. La importancia de la aplicación de estos procedimientos en la semilla es significativa, pues si no hay germinación no hay planta y sin esta no hay cosecha de semillas o madera. El inicio de la vida de una planta se ve amenazada por varios inconvenientes, como serían, la falta o exceso de humedad, plagas, temperatura ambiental inapropiada, por estas y otras razones siempre se extremarán los cuidados para obtener plántulas. El uso de especies nativas en los programas de reforestación es una actividad que toma auge día a día. *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, es una especie forestal que ha generado mucho interés por su gran potencial de crecimiento, adaptabilidad a condiciones difíciles, como colinas y planicies costeras, suelos rojos o amarillos, suelos lateríticos profundos, derivados de materiales aluviales o ígneos, atributo que la convierte en una especie clave para programas de reforestación. A pesar de la capacidad de adaptación, de su manejo y productividad de *Terminalia amazonia*, estas características podrían mejorarse con una buena selección del material genético y adecuada selección del sitio (Montero y Kanninen, 2005).

Terminalia amazonia, es un árbol grande, ampliamente distribuido en el bosque lluvioso y altamente valorado por su madera de alta calidad; junto con su crecimiento moderado, aun en suelos de mediana fertilidad, y libre de plagas y patógenos serios, con habilidad aparente a prosperar en rodales puros, es un buen candidato para plantaciones a altitudes bajas hasta medianas, están entre los 40 a 1200 msnm (Solís y Moya, 2004). *Terminalia amazonia*, es una especie forestal con potencial maderable, sin embargo la vía de propagación sexual presenta algunos inconvenientes, como la baja existencia de árboles semilleros, semilla vana, nulo porcentaje de germinación; por esta razón, su regeneración natural no es dada y sumado a la alteración e intervención de su hábitad natural relicta, conducen a una inevitable extinción.

Los problemas antes indicados, motivaron el interés para la realización del presente trabajo el mismo que está orientado al uso de tratamientos pre-germinativos a fin de lograr el incremento de la capacidad germinativa de *Terminalia amazonia*, habiendo planteado los siguientes objetivos:

Objetivo general: Determinar el tratamiento más eficiente para obtener un mayor porcentaje de germinación de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell. Objetivos específicos: Determinar los parámetros germinativos de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, que fueron: El porcentaje de germinación, energía germinativa y el valor germinativo. Determinar la concentración más eficiente tanto del Ácido giberélico (AG_3), Nitrato de potasio (KNO_3), enzima celulasa, para la germinación de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell.

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Planteamiento del problema

Terminalia amazonia, es una especie forestal con potencial maderable que produce semillas botánicas, sin embargo esta vía de propagación presenta algunos inconvenientes como la baja existencia de árboles semilleros, semilla vana, nulo porcentaje de germinación, además de ello, su regeneración natural no es dada debido a la alteración e intervención de su hábitat natural relicta, conduciendo a una inminente extinción de la especie.

2.2. Formulación del problema

¿Qué tratamiento pre germinativo es el más eficiente para obtener un mayor porcentaje de germinación de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell?

2.3. Justificación

La importancia del presente trabajo se atribuye a la restauración del estado de decadencia de la especie *Terminalia amazonia*, donde se conoció el estado actual de su biología reproductiva en forma general y a la vez recomendando alternativas para recuperar la estructura genética y así tener una variabilidad alélicas, en consecuencia con la contribución en evitar los nulos porcentajes de germinación, nula regeneración natural, y obtener plántulas en altas proporciones con capacidades de responder a los desafíos bióticos y abiótico.

En tal sentido se trata de salvaguardar esta especie nativa y maderable que está en proceso de extinción, es una de las especies representativas de la zona de Huarango – San Ignacio, ya que se ha dado el caso de la extinción de muchas otras especies forestales que hoy en día no se conocen a causa de la agricultura migratoria y de la habilitación de madera, el presente trabajo de investigación se pretende evitar la desagradable desaparición de *Terminalia amazonia*.

2.4. Delimitación del problema

Las observaciones de la germinación de la semilla, fueron dadas por un tiempo de 89 días, donde a estas se aplicaron cinco tratamientos y un testigo. Se trabajó a temperatura ambiente y para las pruebas de germinación de la semilla se usó como soporte el algodón, papel filtro y arena. Se considera semilla germinada con la aparición de la radícula y no germinada sin la aparición de esta.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Antecedentes teóricos de la investigación

3.1.1. Clasificación taxonómica de la ciricuna

Jiménez (2001), indica que la ciricuna, pertenece a la siguiente

Clasificación Taxonómica:

División	:	Plantae
Reino	:	Magnoliophyta (Angiosperma)
Clase	:	Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Myrtales
Familia	:	Combretaceae
Género	:	Terminalia
Especie	:	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell

Nombres comunes

Montero y Kanninen (2005). roble coral, amarillón, canxún, naranjo, volador, amarillo real, guayabo de charco (América Central y Panamá); sombrerete, tepesuchil (México); guayo, chicharrón (Cuba).

Información local: ciricuna (Perú)

Nombres en el Perú: yacushapana, nogal amarillo, árbol del chuncho.

Sinónimos

Montero y Kanninen (2005). *Gimbermatea obovata* (Ruiz & Pavón), *Chuncoa obovata* (Ruiz & Pavón), *Ch. amazonia* (Gmel.), *T. obovata* (Ruiz & Pavón), *T. odontoptera* (Heurck & Müll), *Myrobalanus obovatus* (Ruiz & Pavón), *T. hayesii* (Pittier).

3.1.2. Descripción botánica

Montero y Kanninen (2005):

- a. **Fuste:** *T. amazonia* es una especie arbórea dioica que alcanza alturas de hasta 70 m en los bosques amazónicos y centroamericanos y un diámetro de 1 a 3 m. El fuste es bastante recto, asimétrico y con frecuencia acanalado en el tercio basal, con gambas delgadas. Al inicio las ramas crecen horizontalmente y progresivamente el ápice asume la posición vertical.
- b. **Corteza:** La corteza es delgada (1 cm de espesor), de color pardo grisáceo o amarillo grisáceo en el exterior y amarillo verdoso o pardo-amarillento en el interior, de textura fibrosa y sabor amargo.
- c. **Hojas:** Hojas simples de obovadas a oblongo – oblanceoladas, de 4 a 13.6 por 3 a 6.3 cm., membranáceas o subcoriáceas, glabras o más o menos pilosas a lo largo de los nervios. Ápice de redondeado a corto-acuminado. Pecíolo de 2 a 15 mm (Más largo en hojas jóvenes). Son de color verde oscuro, brillante en el haz y verde claro y opaco en el envés.
- d. **Flores:** Las inflorescencias son racimos con numerosas flores, de color amarillo, se originan en las axilas de los numerosos tallos cortos arrosetados. Ubicadas en espigas cuando los árboles están brevemente sin hojas, en los meses más secos del año.
- e. **Frutos:** Frutos samaroides, de 0.5 a 2 por 0.5 a 1 cm, incluida el ala, secos, alados, de verde claro a pardos o de color amarillo a dorado. Son muy abundantes y en forma de mariposa con 2 – 3 alas endocarpo fibroso, 3 grandes y 2 pequeñas.
- f. **Semillas:** Las semillas se encuentran en una cavidad circundada por él, con una cubierta seminal de color amarillo opaco.

3.1.3. Distribución geográfica de la especie

Montero y Kanninen (2005), indican que *T. amazonia* crece en forma natural desde el Golfo de México en la vertiente Atlántica, hasta Venezuela, las Guayanas, Surinam, Trinidad y Tobago. En América Central se localiza en colinas de poca pendiente y llanuras costeras semipantanosas; en México se encuentra en el bosque perennifolio del litoral Atlántico.

3.1.4. Ecología de la especie

Clima

Solís y Moya (2004), indican que esta especie es sensible a períodos secos mayores a 4 meses. Esta especie crece desde los 40 a los 1200 msnm, con precipitaciones de 2500 a 3000 mm y temperaturas superiores a los 28 °C, crece en una amplia gama de suelos.

Montero y Kanninen (2005). Las condiciones climáticas más favorables son, Bosque húmedo premontano, Bosque húmedo tropical y Bosque muy húmedo tropical.

Suelos

Montero y Kanninen (2005), mencionan que se adapta bien a suelos ultisoles y andisoles y no es sensitivo a suelos ácidos.

Solís y Moya (2004), mencionan que, se ha observado que en su ambiente natural crece en suelos con buen drenaje, desde moderadamente profundos (mayor a 60 cm) a profundos.

Se encuentra en una gran variedad de suelos, incluyendo arenas, gravas, suelos volcánicos de tierras altas, arcillas de baja fertilidad y suelos calcáreos. Su crecimiento óptimo se da en suelos arcillosos a francos con pH de ácido a neutro (4 a 7).

Fisiografía

En México es una especie dominante en los bosques siempre verdes de la costa Atlántica, y en América Central es abundante en laderas de pendiente moderada y llanuras costeras semipantanosas.

Por lo general no se encuentra en zonas secas (disponible en: http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_a_nexos/terminalia_lucida.pdf).

Factores limitantes

Solís y Moya (2004), indican que esta especie no tolera suelos arcillosos pesados y compactados y es muy susceptible a la competencia con el pasto llamado *Brachiaria*. La especie es sensible a periodos secos mayores a cuatro meses.

Terminalia amazonia es una especie que tolera a un gran rango de climas y altitudes, al plantarla es muy importante escoger una fuente de semillas apropiada. Si la semilla proviene de una zona seca posiblemente no crecerá bien en una zona húmeda, si es de una zona baja no crecerá bien a altitudes frías y viceversa (disponible en: http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_a_nexos/terminalia_lucida.pdf).

3.1.5. Importancia de especie

De la especie se puede realizar los siguientes usos que son de importancia: Agroforestal, Madera para construcción, Industrial y Ornamental.

Agroforestal

Solís y Moya (2004), indican que *Terminalia amazonia* es utilizada en combinaciones con pasto – ganado y también se ha plantado asociado con café.

Existen experiencias en Costa Rica en parcelas demostrativas asociada con frutales (*Averrhoa carambola*, *Persea americana*, *Diospyros discolor* y *Chrysophyllum cainito*). Los resultados fueron de un crecimiento normal para los frutales y un estado sanitario satisfactorio y un buen crecimiento para *T. amazonia*, en comparación con parcelas de monocultivo, o en condiciones de sombra en bosque secundario y, similar a parcelas de asocio con maíz en sistema tipo "taungya".

Madera para construcción

Montero y Kanninen (2005), mencionan que *T. amazonia* por su alta fortaleza y acabado atractivo tiene diversos usos en construcción pesada en general, pisos, muebles y gabinetes de primera clase, armazones de barcos, elementos estructurales para puentes y durmientes para vías de ferrocarril, contrachapado y chapas decorativas.

Se recomienda para mangos de herramientas, encofrados, puentes, pilotes, tarimas, pisos industriales, chapa, parquet, barriles y puertas. Su durabilidad es natural y su resistencia a los hongos puede variar según el origen, tiene una resistencia moderada al ataque de las termitas.

Uso industrial

Solís y Moya (2004), indican que la corteza es rica en taninos y puede utilizarse en el curtido de pieles.

3.1.6. Manejo y almacenamiento de la semilla

Según Montero y Kanninen (2005), los árboles semilleros deben ubicarse en rodales y tener un diámetro entre 40 y 70 cm como máximo, pues la mayor parte de los árboles con un diámetro superior están huecos. Los frutos deben estar bien maduros, pues las semillas de frutos inmaduros no germinan.

Una vez recolectados, los frutos se transportan en sacos de tela a un lugar techado, donde se extienden sobre lonas; durante dos días se secan al sol por periodos de 3 a 4 horas. Las semillas se frotran en zarandas para que desprendan las alas. Las semillas son ortodoxas y deben almacenarse en recipientes herméticos a 4 °C, con un contenido de humedad de 6 a 8 %.

La semilla puede colectarse directamente del suelo; sin embargo, es recomendable escalar el árbol para recolectar los frutos, ya que recogerlos del suelo es muy lento y los frutos caídos son atacados por insectos. La producción varía de 4,6 a 6,0 kg de semillas por árbol. La semilla tiene un contenido de humedad inicial de 18 a 20 %. Se han reportado de 120.000 a 140.000 semillas por kilogramo, con una germinación de hasta 30 %. La germinación es epigea, se inicia a los 69 días de sembrada y termina a los 89 días.

3.1.7. Ensayos pre-germinativos en *Terminalia amazonia*

Solís y Moya (2004), indican que, preferiblemente se debe realizar un almácigo para producir las plántulas de *Terminalia amazonia* y posteriormente trasplantarlas a las bolsas un mes después. La germinación, inicia alrededor de los dos meses y se completa un mes después en caso de que no sean vanas. Es indispensable que la semilla se plante superficialmente en las cámaras de germinación.

El semillero se puede hacer en eras o en los germinadores normales, hechos de madera con fondo de reglas de madera o cedazo. Como sustrato normalmente se utiliza una combinación de arena con tierra, arena con granza, aserrín con arena, en iguales proporciones. La mezcla arena con granza es la mejor opción. Sin embargo, señala que es necesario esterilizar el sustrato con el objetivo de eliminar cualquier foco de infección. Entre las alternativas de "curado" del sustrato están: Bromuro de Metilo (muy tóxico y con restricciones),

Basamid, Formalina, cocinar la tierra ya sea en seco o mojado, extender la tierra bajo el sol y colocarle un plástico.

Las camas o bancales requieren sombra moderada y humedad constante para la germinación de las plántulas. El trasplante a las bolsas se realiza cuando aparecen el primer par de hojas verdaderas. En esta etapa es importante mantener las plantas bajo sombra alrededor de un mes.

3.1.8. Plagas y enfermedades de la especie

Montero y Kanninen (2005), mencionan que algunas plantaciones puras de *Terminalia amazonia* presentan problemas de plagas durante las primeras etapas de desarrollo; principalmente el barrenador *Cossula* sp. El ataque provoca grandes deformaciones, lo que reduce la calidad y rendimiento de la madera. En una plantación pura establecida en la zona de Puerto Jiménez se podaron unos cuantos árboles, mientras que el resto del área no recibió poda. El resultado fue un ataque masivo del barrenador en todos los árboles podados, mientras que los árboles sin poda no tuvieron daño alguno. También es frecuente encontrar problemas de "gomosis" provocada por un virus, la cual causa debilitamiento del árbol y hasta su muerte. Si se poda un árbol atacado por este virus se puede dar una propagación masiva al resto de los árboles. Por su capacidad de autopoda, no es necesario – ni conveniente- podar los árboles de *T. amazonia*. Es mejor manejar la poda natural, que manejar una plaga en toda la plantación.

Si bien esta apreciación no se apoya en evidencia fundamentada estadísticamente en todo el territorio nacional, sí es importante tomarla en cuenta para el manejo futuro.

3.1.9. Semilla y germinación

Bidwell (1993), menciona que la semilla es una estructura en reposo. Por lo regular esta deshidratada, compuesto principalmente de tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable. Los procesos metabólicos están suspendidos o tienen lugar muy lentamente; la semilla está en condición de vida interrumpida, debido principalmente a su carencia de agua y oxígeno. El proceso de germinación consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento. Unas cuantas cubiertas seminales son tan impermeables al agua que necesitan condiciones extremas para germinar.

Theodore *et al.* (1982), menciona que la estructura de las semillas de las latifoliadas es semejante a las coníferas, excepto que todos los tejidos son diploides; las semillas de las coníferas son diploides con excepción del endospermo. El endospermo de las semillas de las latifoliadas se compone principalmente del almidón y los cotiledones no llegan a funcionar como hojas, sino que la semilla en germinación los consume como fuente de carbohidratos.

Otra diferencia notable es que, en el momento de la caída de las semillas de las coníferas tienen un contenido de humedad de aproximadamente 10 %, mientras que las latifoliadas contienen hasta 40 % de humedad.

Vázquez (1997), indica que los recursos de una planta para producir semillas son limitados, así que cierta cantidad de energía disponible para producirlas puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un gran número de semillas grandes.

El número producido y su tamaño afectaran la capacidad de sobrevivencia y perpetuación de las especies. Las plantas que producen muchas semillas pequeñas se diseminan más ampliamente

y tienen mayores oportunidades de encontrar un sitio favorable para germinar y crecer; sin embargo, su tamaño pequeño aporta poco al crecimiento de la nueva planta y esta depende muy pronto de los recursos disponibles en su medio, por lo que su riesgo de morir es muy alto. También tienen menor resistencia a los efectos de la defoliación por herbívoros y pueden ser aplastadas fácilmente por la hojarasca que cae al suelo, aunque esto se recompensa de alguna manera por el gran número, solo una pequeña fracción sobrevive a todos esos accidentes.

La dispersión de semillas es una de las estrategias de las plantas para evitar ser depredadas o para llegar a sitios adecuados para su germinación. El éxito reproductivo en gran parte depende de la forma y amplitud de dispersión que tengan las especies.

Jara (1994), menciona que en condiciones naturales, la distancia a la que se mueve la semilla con respecto a los árboles madre es limitada.

Frecuentemente una gran cantidad de frutos o semillas cae dentro del área cubierta por la copa. Las semillas aladas y livianas son dispersadas más ampliamente por el viento y las semillas contenidas en frutos suculentos son dispersadas por aves y otros animales.

Aun así la distancia de dispersión se puede medir en decenas o centenas de metros en vez de kilómetros.

Trujillo (1996), define a las semillas forestales como el principal medio para perpetuar de generación en generación, es decir, la semilla es el germen de la vida, el principio y el fin de una serie de procesos fisiológicos que comienzan con la floración y fecundación de los óvulos y terminan con la germinación de la semilla madura.

Durante la formación de la semilla, se producen y almacenan reservas en el endospermo (Monocotiledoneae) o en los cotiledones (Dicotiledoneae).

El CO₂ fijado por las hojas se convierte en sacarosa, transporta a través del floema y se acumula en los tejidos de reserva de la semilla. Durante la formación del endosperma se sintetizan proteínas (enzimas y reservas). Posterior a la acumulación de almidones. De igual manera se acumulan lípidos, los cuales son más energéticos como tejido de reserva y estos tiene una participación activa durante la germinación y el crecimiento.

La germinación de la semilla es como un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla. Durante el desarrollo de la germinación intervienen eventos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos.

Básicamente supone la activación metabólica de la semilla hasta que se da origen a una plántula normal. Para mejorar y hacer óptimas las condiciones para la germinación se recurre al uso de tratamientos pre-germinativos, las cuales ayudan de una u otra manera al estímulo germinativo bien sea superando barrera físicas o biológicas.

Hartman y Kester (1987), afirman, el proceso de germinación se divide en tres etapas consecutivas separadas. Así tenemos:

Etapas 1 (Activación)

Imbibición del agua: La semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidez, luego se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata al protoplasma.

La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse aun en semillas muertas. Síntesis de enzimas: La actividad de las enzimas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla. La activación resulta en parte de la reactivación de enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo de embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación.

El desarrollo de la semilla y su germinación representa un sistema biológico en el cual la maquinaria metabólica de las células es "activada" o "suspendida" mediante el control de flujo de información genética del ADN de la célula. Expresada en forma simple el proceso implica dos pasos básicos.

- ✓ Uno de ellos es la transcripción de instrucciones genéticas del ADN para formar moléculas específicas de ARN mensajero (ARNm).
- ✓ El segundo paso consiste en la traducción de esa información por medio de otro grupo de moléculas de ARN de transferencia (ARNt) para sintetizar proteínas específicas.

Esas proteínas son enzimas que controlan las complejas reacciones bioquímicas que intervienen en el metabolismo y el crecimiento. La energía necesaria para esos procesos se obtiene en los enlaces fosfáticos el alta energía del trifosfato de adenosina (ATP) presente en las mitocondrias.

Elongación de células y emergencia de la radícula: El primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, la cual resulta de la elongación de las células más bien que de división celular.

En una semilla no durmiente, la emergencia de la radícula puede ocurrir en unas cuantas horas o en varios días después de la siembra y usualmente se considera que señala el fin de la etapa 1.

Etapa 2 (Digestión y translocación)

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos; estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos enzimáticamente a ácidos grasos y al final en azúcares.

Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la planta en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar.

Los patrones metabólicos que ocurren durante la germinación implican la activación de enzimas específicas en la secuencia apropiada y la regulación de su actividad.

El control puede ser ejercido dentro de las células por varios procesos bioquímicos y pueden depender de la presencia de sustancias químicas u hormonas. Ahora la absorción de agua y la respiración continúan con una tasa constante.

Los sistemas celulares existentes han sido activados y el sistema de síntesis de proteínas está funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores y ácidos nucleicos para realizar las funciones de la célula y sintetizar nuevos materiales.

Etapas 3 (Crecimiento de la plántula)

El desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separado del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula.

La iniciación de la división celular de los puntos de crecimiento es independiente de la iniciación de la elongación celular. Una vez que comienza el crecimiento en el eje embrionario, se incrementa el peso fresco y el peso seco de la plántula, pero disminuye el peso total de los tejidos de almacenamiento.

La tasa de respiración, medida por la absorción de oxígeno, aumenta constantemente con el progreso del crecimiento. Finalmente los tejidos de almacenamiento de la semilla dejan de intervenir en las actividades metabólicas, excepto en aquellas plantas en que los cotiledones salen a la superficie del suelo y se vuelven activos en la fotosíntesis.

La absorción de agua aumenta en forma constante a medida que las nuevas raíces exploran el medio de germinación y el peso fresco de la plántula aumenta.

Ordoñez (2004), indica que las semillas clasificadas como ortodoxas son aquellas que pueden ser deshidratadas a contenidos bajos de humedad y almacenadas a temperaturas bajo cero sin que ocurran daños fisiológicos (-18 °C, a un contenido de humedad de 5 a 7 %). Contrariamente, las semillas recalcitrantes deben ser almacenadas con alto contenido de humedad, con el propósito de que su viabilidad no disminuya rápidamente.

3.1.10. Factores que intervienen en la germinación

Trujillo (1996), menciona que la germinación es una secuencia de eventos influenciada directamente por varios factores internos y externos que interactúan permanentemente.

- Dentro de los factores externos se encuentran principalmente la humedad, temperatura, luz, oxígeno y CO₂, sustrato (pH, nivel de salinidad, medio).
- Los internos que intervienen son los promotores e inhibidores de la germinación, la activación metabólica en general y la regulación genética particular.

La fisiología de la germinación aún no está totalmente determinada, aunque existen por lo menos tres teorías bioquímicamente fundamentadas. Sobre algunos de los factores y restricciones existentes es posible la aplicación de tratamientos pre-germinativos.

Hartman y Kester (1987), mencionan que la iniciación de la germinación requiere que se lleve tres condiciones:

- ✓ Primero: La semilla debe ser viable, esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.
- ✓ Segundo: La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No debe existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas para la germinación.
- ✓ Tercero: La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas. Disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

Debido a las complejas interacciones entre el ambiente y condiciones específicas de letargo, dichas exigencias pueden cambiar con el tiempo y los métodos de manejo de las semillas también. Así, el segundo requisito, evitar el letargo, puede, a veces, satisfacerse proporcionando las condiciones ambientales apropiadas.

3.1.11. Factores que impiden la germinación de la semilla

Bidwell (1993), menciona que el letargo seminal tiene una importancia crítica para la supervivencia de las plantas. Han evolucionado mecanismos que impiden a la semilla germinar inmediatamente después de caer al suelo aunque las condiciones ambientales sean buenas, los mecanismos que causan el letargo en la semilla o lo prolongan impidiendo la germinación son los siguientes:

1. Factores ambientales o externos:

- a. Exigencia de luz para la germinación.
- b. Altas temperaturas.
- c. Ausencia de agua.

2. Factores internos:

- a. Testa de la semilla: impide el intercambio gaseoso.
- b. Testa de la semilla: efectos mecánicos.
- c. Inmadurez del embrión.
- d. Baja concentración del etileno.
- e. Presencia de inhibidores.
- f. Ausencia de promotores de crecimiento.

3.1.12. Tratamientos pre-germinativos

Agua

Trujillo (1996), afirma que el agua es un factor imprescindible en el proceso de germinación. La semilla absorbe agua hasta la imbibición, lo que permite la activación de los procesos metabólicos. Dependiendo de la composición química de la semilla se tiene un mayor o menor nivel de imbibición. Existe un mayor nivel de hidratación en proteínas y menor en oleaginosas o en general semillas ricas en grasas.

La imbibición está directamente relacionada con el potencial hídrico. Durante la hidratación ocurre una dispersión de coloides, se hidratan las reservas y se activan los sistemas enzimáticos de hidrólisis. Se puede dividir el proceso de imbibición en tres etapas:

1. Proceso de absorción rápido, puramente físico e indiferente de la viabilidad de la semilla.
2. Fase estacionaria.
3. Fase metabólica, lenta prolongada y dependiente de las condiciones de temperatura y O_2 (se reactivan organelas, se produce un aumento en la respiración y por tanto hay liberación de energía indispensable para la germinación).

Bidwel (1993), menciona que el agua es primordial pues las semillas estas extremadamente deshidratadas. Normalmente contienen solo del 5 al 20 % de agua de su peso total y tiene que absorber una buena cantidad antes de que se inicie la germinación; el primer estadio de la germinación llamado "imbibición" es por lo tanto de rápida toma de agua. Hay indicaciones que no hay crecimiento sino hasta que se alcanza un cierto nivel crítico de agua (diferente para los diversos tipos de semillas). Si se deseca la semilla después de pasado este punto y de haberse iniciado el metabolismo, muere.

Oxígeno

Trujillo (1996), menciona que es necesario como sustrato en las reacciones metabólicas importantes de las semillas, especialmente la respiración. Aunque en los primeros estadios de la germinación los procesos (antes de que la radícula rompa la tegumento; las reacciones son de carácter anaeróbico), posteriormente el proceso se hace totalmente dependiente del oxígeno. La disponibilidad de oxígeno también se afecta por otros factores como la temperatura, el grado de humedad, concentración de CO₂, dormancia y algunos hongos y bacterias.

A bajas temperaturas (5 °C) el consumo de oxígeno a través de la testa es menor. Los tratamientos pre-germinativos aplicables para facilitar la entrada de oxígeno al interior de la semilla son los mismos enunciados anteriormente para el caso del agua. En general son tratamientos tendientes a alterar la permeabilidad de la cubierta mediante la remoción de tejidos restrictivos. Usualmente no es necesario alterar la totalidad de la cubierta, ya que con una pequeña sección es suficiente.

Bidwel (1993), menciona que el metabolismo durante los estadios iniciales de la germinación puede ser anaeróbico cambiando a aeróbico, tan pronto como la testa se rompe y el oxígeno se difunde en su interior.

Temperatura

Bidwell (1993), menciona que el tratamiento con baja temperatura es una introducción esencial para la germinación de muchas semillas y la alta temperatura puede ser inhibitoria en el momento de la germinación.

El requerimiento se hace de forma artificial, las semillas se colocan en capas, en charolas en aire húmedo y frío por un periodo de varias

semanas y meses. Las temperaturas de 0 y 10 °C son las más efectivas. El requerimiento de frío se localiza de modo variable en el embrión o en la testa de la semilla o en ambos. La luz roja y el ácido giberélico (GA₃) tiene un efecto sinérgico, es decir, la combinación de ambos factores estimula la germinación más que la suma de ellos por separado.

Trujillo (1996), menciona a la temperatura como uno de los principales y más influyentes factores de la germinación y que se han reportado rasgos mínimos por encima de 0 °C, óptimos entre 25 y 31 °C, máximos de 40 – 50 °C en donde las semillas pueden germinar. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o encima de los límites.

Luz

Bidwel (1993), menciona que la exigencia de luz para la germinación de muchas semillas es, presuntamente, un mecanismo que impide la germinación de semillas pequeñas enterradas muy profundamente, tanto se agotarían sus reservas antes de alcanzar la superficie y poder ser autótrofas.

Muchas semillas no germinan bajo el dosel vegetal del bosque porque la luz que llega al suelo es insuficiente para estimular la germinación. La exigencia de la luz para romper el letargo es baja: 50 – 200 bujías pie durante un segundo puede ser suficientes, pero intensidades más bajas durante periodos más largos cumplen el mismo propósito. Las exigencias de temperatura y de luz están interrelacionadas, bajo condiciones de temperatura alternante algunas semillas que requieren luz germinan en la oscuridad. Ciertos tratamientos químicos (compuestos tan diversos como nitrato de potasio, tiourea y GA₃) eliminan la exigencia de luz en algunas semillas. Este requerimiento puede localizarse en lugares diferentes al embrión pues en algunas especies los embriones *In Vitro* germinan en la oscuridad.

Giberalinas

Strasburger *et al*, (1986), menciona que las giberalinas son un grupo de fitohormonas caracterizados desde un punto de vista químico (presencia de un anillo de gibano en la molécula) y fisiológico (activos en biotest especiales, por ejemplo, desaparición de enanismo o inducción a la alfa-amilasa en el endospermo de la cebada). Se conoce un gran número de compuestos naturales de gibano denominados (GA₁, GA₂,... GA₅₈), de los que 1/3 aproximadamente fisiológicamente activos, son pues giberalinas en sentido estricto. Una giberalina observada con frecuencia en las plantas superiores, especialmente activa y empleada en muchos experimentos, es el ácido giberélico (GA₃).

Bidwel (1993), existe una sustancia promotora para cesar el letargo causado por el ácido abscísico (ABA), sugiriendo que existe una sustancia antagónica, siendo que el ácido giberélico (GA₃). En algunas situaciones el GA₃ se sobre pone con ventaja al efecto de la aplicación de ABA. La cinetina desempeña un papel y su adición contrarresta el efecto de ABA permitiendo que el GA₃ estimule la germinación.

Harman y Kester (1987), indica que la aplicación de las giberalinas puede funcionar para superar muchos tipos de letargo incluyendo al fisiológico, al fotoletargo y al termoletargo.

Al parecer las giberalinas desempeñan un papel en dos etapas diferentes de la germinación.

En la Etapa I, se ha sugerido que las giberalinas actúan en la etapa inicial de la inducción de enzimas al ser transcritas de los cromosomas. En la Etapa II, las giberalinas activan las enzimas que intervienen en la movilización del sistema de alimentos.

Besnier (1989), indica que para romper el letargo con giberalina, el substrato se humedece con una solución al 0.05 % de ácido giberélico (GA₃), si el letargo es débil, basta una solución al 0.02 % y si es fuerte se precisa una solución al 0.1 %. Cuando se encuentra una alta proporción de semillas sin germinar como sucede con las frívolas, se hace un segundo ensayo introduciendo el substrato y las semillas e un sobre sellado de polietileno que tenga un tamaño justo para contener el material.

Weaver (1990) manifiesta que la mayoría de los tejidos vegetales contienen estimulantes como inhibidores, la concentración de un inhibidor se puede ocultar tras la acción de los compuesto que estimulan el crecimiento.

Los compuestos inhiben la germinación de las semillas cuando el periodo de reposo ha terminado. Este momento puede eliminarse al lavar las semillas con agua, para eliminar el ácido abscísico (ABA), ya que este inhibe fuertemente la síntesis de amilasa.

Nitrato de potasio

Besnier (1989), indica que para romper el letargo de las semillas se realiza humedeciendo el sustrato hasta la saturación con solución de nitrato de potasio al 0.02 % (para humedecer se emplea agua).

Harman y Kester (1987), menciona que muchas semillas recién cosechadas y en letargo germinan mejor después de remojarlas en una solución de nitrato de potasio. Las semillas se colocan en charolas de germinación o en cajas Petri y el substrato se humedece con solución de nitrato de potasio al 0.2 %.

Celulasas

Lehninger (1999), menciona que todas las reacciones químicas que tienen lugar a los seres vivos están catalizadas por enzimas, los enzimas son catalizadores específicos en donde cada enzima cataliza un solo tipo de reacción y casi siempre actúa sobre un único sustrato o sobre un grupo muy parecido de ellos. Los enzimas poseen grupos químicos ionizables (carboxilos $-\text{COOH}$; amino $-\text{NH}_2$; tiol $-\text{SH}$; imidazol) en las cadenas laterales de sus aminoácidos. Según el pH del medio, estos grupos poseen tener carga eléctrica positiva, negativa o neutra. Como la conformación de las proteínas depende, en parte, de sus cargas eléctricas, habrá un pH en el cual la conformación será más adecuada para la actividad catalítica. Este es el llamado pH óptimo. Indica que las celulasas son glucosidasas capaces de catalizar la hidrolisis de los enlaces α -1, 4 glicosídicos de la celulosa. Las exocelulasas hidrolizan principalmente por el final del polímero de celulosa, mientras que las endocelulasas lo hacen en cualquier parte de la cadena. Los últimos productos formados por la acción de celulasas son cadenas cortas de oligosacáridos consistentes en 2 – 5 moléculas de glucosa unidas. El pH óptimo para estas enzimas ronda la neutralidad y sus pesos moleculares varían entre 25000 y 70000.

La actividad de las celulasas está determinada por varios patrones y diferentes células tienen comportamientos muy diferentes en función de los sustratos empleados.

Unión internacional de bioquímica – IUB (1964), menciona la clasificación internacional de las enzimas.

- Oxido – Reductasas (reacciones de óxido-reducción), actúan sobre " CH.OH ", " C=O ", " C=CH- ", " CH-NH_2 ", " CH-NH- ".

- Hidrolasas (reacciones de hidrólisis), actúan en esterres, en enlaces glucosídicos, enlaces peptídicos, otros enlaces C-N y anhídridos de ácido.
- Transferasas (transferencia de grupos funcionales), actúan en grupos de un átomo de carbono, grupos aldehídos o cetónicos, grupos acilos, grupos glucósilos, grupos fosfatos, grupos que contienen azufre.
- Liasas (adición de los dobles enlaces), actúan sobre :C=C, :C=O, :C=N-.
- Isomerasas (reacción de isomerización), actúan sobre las racemasas. Ligasas (formación de enlaces con escisión de ATP), actúan :C-O, :C-N, :C-S, :C-C.

Otros tratamientos

Besnier (1989), afirma que para el tratamiento de semillas duras se emplea algunos de los tratamientos siguientes. Remojo durante 24 – 48 horas en agua, escarificación mecánica se remojan las semillas pinchándolas o cortándolas con papel de lijas, cuidado de no dañar el embrión.

3.2. Bases teóricas

Bonner (2006);

Semilla: Es un óvulo maduro que tiene un embrión y tejido nutritivo y está envuelto en capas protectoras de tejidos (testa).

Pre-tratamiento: Cualquier tipo de tratamiento aplicado a las semillas para romper la latencia y acelerar la germinación.

Germinación: Reanudamiento del crecimiento activo en un embrión que resulta en su emergencia de la semilla y desarrollo de las estructuras esenciales para el desarrollo de la planta.

Porcentaje de germinación: Sinónimo: capacidad de germinación: proporción de una muestra de semilla que ha germinado en forma normal en un periodo de prueba específico, generalmente expresado como un porcentaje.

Flores y Sandi (1997), presentan la siguiente terminología:

Árbol progenitor: Árbol de buenas condiciones fenotípicas, apto a producir semillas de calidad y viables.

Especie relicto: Remite a los árboles remanentes sobrevivientes de fenómenos naturales, o a especies vivas con una distribución muy reducida por causas naturales o menos frecuentemente por causa del ser humano, comparada con la que anteriormente tuvieron.

Especie Remanente: Refiere a los árboles restantes, sobrantes, últimos de su especie.

Incompatibilidad: La incapacidad de gametos funcionales de efectuar la fertilización en combinaciones particulares entre genotipos.

Semilla Vana: Semilla sin embrión.

Semilla inviable: Semilla que no tiene la capacidad de producir una nueva planta.

Xenogamia, Dicogamia, Alogamia o alógama: La polinización se realiza entre flores de plantas diferentes.

Roque (2007), indica que la prueba topográfica por Tetrazolio, es una característica única y distintiva de una semilla latente. La viabilidad es claramente independiente de la realización de la prueba de germinación. Sin embargo, no habrá diferencias significativas entre los porcentajes de viabilidad y germinación solamente en los casos donde las semillas:

1. No están dormidas, no están duras o se ha tratado apropiadamente con tratamientos de ruptura de dormición y no hay semillas duras.
2. No están infectadas o se han desinfectado apropiadamente.
3. No han sido pulverizadas en el campo, no han sido recubiertas durante el procesamiento o no han sido fumigadas con productos químicos dañinos durante el almacenamiento.
4. No han rebrotado.
5. No se han deteriorado durante la prueba de germinación en su duración normal o en su extensión.
6. Han germinado bajo condiciones óptimas.

Jordano (1988)

Fruto Partenocarpico: Fruto sin semillas.

Bidwell (1993)

Tejido Embrionario: Constituido por un tejido meristemático: capa exterior (protodermis o dermatógeno) dará lugar a la epidermis. Bajo ella se encontrara un meristemo fundamental que dará lugar a la futura corteza, y en la zona más profunda, finalmente el procambium, a partir del cual se formaran los tejidos conductores.

IV. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Ha: El tratamiento pregerminativo más eficiente en la germinación de la *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, es el Ácido Giberélico (GA₃) a una concentración de 2000 ppm y a una temperatura de 30 °C y con un tiempo de inmersión de 30 minutos.

Ho: El Ácido Giberélico (GA₃) a una concentración de 2000 ppm y a una temperatura de 30 °C, no es el tratamiento más eficiente en la germinación de la *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, con un tiempo de inmersión de 30 minutos.

V. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

5.1. Objetivo general

- Determinar el tratamiento más eficiente para obtener un mayor porcentaje de germinación de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros germinativos de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, que serán: El porcentaje de germinación, energía germinativa y el valor germinativo.
- Determinar la concentración más eficiente del Ácido giberélico (AG₃) para la germinación de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell
- Determinar la concentración más eficiente de Nitrato de potasio (KNO₃) para la germinación de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell.
- Determinar si la enzima celulasa, es eficiente para la germinación de la semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell.

VI. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

6.1. Definición operacional de variables

Tabla 01. Definición operacional de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
I. Dependiente			
<ul style="list-style-type: none"> - Semilla - Germinación 	<p>Semilla: Es un óvulo maduro que tiene un embrión y tejido nutritivo y está envuelto en capas protectoras de tejidos (testa).</p> <p>Ciricuna: Nombre común dada a las especies forestales nativas <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell, <i>Chuncoa amazonia</i> J. F. Gmel.</p> <p>Germinación: Reanudamiento del crecimiento activo en un embrión que resulta en su emergencia de la semilla y desarrollo de las estructuras esenciales para el desarrollo de la planta.</p>	<p>Morfología de la semilla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Semilla: cilíndrico – oblongo o cilíndrico elíptico, la cubierta seminal es opaca de color amarillento. - Tiene 2 cotiledones de color verde claro - Frutos sámaras de 2 alas largas y 3 cortas de 3.5 a 1 cm de largo. - Semillas ortodoxas. - Germinación Epigea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Epicótilo - Raíz - Cotiledones
<ul style="list-style-type: none"> - Características biológicas de germinación de la semilla de <i>Terminalia amazonia</i>. 	<p>Un ciclo biológico es la serie de fases por las que pasa una semilla desde su implantación con las condiciones ambientales apropiadas hasta su nacimiento o germinación.</p>	<p>El proceso de germinación consiste en la absorción de agua para su posterior hinchazón (Activación), la reactivación del metabolismo (Digestión y translocación) y la iniciación del crecimiento o aparición de la raíz (Crecimiento de la plántula).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se considerara semilla germinada cuando la radícula se muestre visible. - El conteo de las semillas germinadas se realizará diariamente desde el día en que empezaron a germinar. - La evaluación será por un lapso de 89 días. - Se extremarán los cuidados de luz, temperatura, humedad y de cuerpos extraños.

II. Independiente			
<p>- Efectos de los tratamientos en las semillas de la Ciricuna o Amarillon.</p>	<p>Efecto: Es lo que se produce por una causa, su resultado.</p> <p>Semilla: La semilla o pepita es cada uno de los cuerpos que forman parte del fruto que da origen a una nueva planta, es la estructura mediante la que realizan la propagación las plantas que por ello se llaman espermatófitas (plantas con semilla).</p> <p>Pre-tratamiento: Cualquier tipo de tratamiento aplicado a las semillas para romper la latencia y acelerar la germinación.</p>	<p>Efectos de los tratamientos en la semilla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor capacidad de germinación. - Generación de plántulas con mejores condiciones fitosanitarias. - Plántulas con mejores condiciones fenotípicas. 	<p>Concentraciones de los tratamientos:</p> <p>T1: Ácido giberélico (AG₃) a 1000 ppm. pH 6.5 – 7.0, periodo de 30 min, en condiciones ambientales del lugar de experimento.</p> <p>T2: Ácido giberélico (AG₃) a 2000 ppm. pH 6.5 – 7.0, periodo de 30 min, en condiciones ambientales del lugar de experimento.</p> <p>T3: Nitrato de potasio (KNO₃) a 1000 ppm. pH 6.5 – 7.0, periodo de 30 min, en condiciones ambientales del lugar de experimento.</p> <p>T4: Nitrato de potasio (KNO₃) a 2000 ppm. pH 6.5 – 7.0, periodo de 30 min, en condiciones ambientales del lugar de experimento.</p> <p>T5: Enzima celulasa, periodo de 30 min, en condiciones ambientales del lugar de experimento.</p>
III. Variables intervinientes	Fenómenos inesperados durante el experimento.	Humedad, temperatura, luz, cuerpos extraños.	Registros de temperatura y humedad. Plántulas vigorosas.

6.2. Tipo y descripción del diseño de contrastación

Se utilizó el Diseño de Bloques Completo al Azar (D.B.C.A.); este tipo de diseño ofrece la ventaja de que podemos estudiar la influencia de cada factor por separado, como si se tratase de un diseño con una sola variable independiente y, además, permitirá al investigador obtener información sobre el efecto cruzado de las variables independientes.

Tabla 02. Disposición de tratamientos en laboratorio, adaptado al Diseño de Bloques Completamente Randomizado, Azar, Aleatorio.

Bloque I	Bloque II	Bloque III
A1	A2	A3
T1	Testigo	T3
T5	T4	T2
T3	T2	T4
Testigo	T3	Testigo
T2	T1	T5
T4	T5	T1

Donde: T1: Ácido giberélico (AG₃) a 1000 ppm
T2: Ácido giberélico (AG₃) a 2000 ppm.
T3: Nitrato de potasio (KNO₃) a 1000 ppm.
T4: Nitrato de potasio (KNO₃) a 2000 ppm.
T5: Enzima celulasa.
Testigo.

Donde:

A1	}	Repeticiones
A2		
A3		

VII. METODOLOGÍA Y MATERIALES

7.1. Tipo de investigación

Experimental.

7.2. Ubicación del trabajo de investigación

Fase de campo. La colección de muestras de semillas se obtuvieron de los caseríos, La Unión, La Colmena, Saucepampa, La Lima, El Triunfo, La Mushca del Distrito de Huarango – Provincia de San Ignacio – Cajamarca.

La zona de Huarango limita por el norte con la provincia de Bagua (amazonas), por el sur con los distritos de Santa Rosa y Bellavista de Jaén, por el este la cordillera oriental de los Andes, por el oeste con los distritos de Chirinos y San José de Lourdes, los cuales los separa los ríos Chinchipe y Chirinos. Huarango se encuentra en las coordenadas de latitud sur ($5^{\circ} 17' 05''$) y de longitud oeste ($78^{\circ} 52' 02.21''$), con una altitud de 550 msnm (capital).

Inventario de especies arbóreas en estado reproductivas, de *Terminalia amazonia*, con fin de determinar las distancias de distribución de esta especie, fue realizado en los siguientes sectores del distrito de Huarango: La Unión, El Rejo, La Colmena, Nueva Esperanza, Saucepampa, Mano de La Virgen, La Lima, Naranjitos, La Mushca, El Triunfo.

Fase de gabinete: El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de cultivos de tejidos vegetales de la Universidad Nacional de Cajamarca – Jaén la cual se encuentra a una altitud de 721 msnm, cuyas coordenadas geográficas son: $0.5^{\circ} 42' 58.3''$ de Latitud Sur, y $78^{\circ} 48' 8.3''$ de Longitud Oeste.

La zona en la que se ubica el laboratorio de cultivos de tejidos vegetales de la Universidad Nacional de Cajamarca presenta un clima cálido con temperaturas promedio anual de 25.9°C a 30°C y precipitaciones promedio anuales 717.2 mm.

7.3. Metodología

a. Unidad de análisis, universo y muestra

En el experimento se utilizaron 900 semillas, donde se colocaron 50 semillas de *Terminalia amazonia* por unidad experimental con 3 repeticiones por tratamiento (de acuerdo al diseño establecido).

b. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

b.1. Recolección de las semillas de *Terminalia amazonia*

Las semillas de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, fueron colectados de árboles naturales seleccionados por sus mejores características fenotípicas, la extracción de semillas se realizó en época de verano durante los meses de Agosto hasta Noviembre. Los arboles del cual se colectó las semillas ha tenido las siguientes características: árboles entre 10 - 15 m de alto, con un diámetro de copas de 5 - 12 m, alto de copas 9 - 12 m y diámetro a la altura del pecho (DAP) de 60 - 70 cm, de hojas con ápice de redondeado a corto-acuminado, base cuneado – atenuada. Los frutos se colectaron en estado maduro y semimaduro que presentaran un color amarillento utilizando gancho recolector y subidores, se procedió a colectar los frutos de la parte céntrica de la copa en un aproximado de 0.5 kg, luego se empacó en bolsas de yute confeccionadas para tal caso, para su posterior transporte hasta las instalaciones del Laboratorio de Cultivos de Tejidos Vegetales de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se realizó la investigación.

b.2. Procesamiento del fruto para obtener la semilla

Los frutos se secaron al aire libre por un lapso de dos días extendiéndolos en una tela y removiéndolos constantemente para obtener un secado homogéneo; luego se procedió a la extracción de la semilla. El análisis físico de la semilla, se ejecutó después de los

procesos de evaluación de germinación, donde se ha evaluado la calidad de las semillas; determinando así el porcentaje de pureza, número de semillas por kilogramo y contenido de humedad.

b.3. Métodos indirectos de determinación de viabilidad

b.3.1. Ensayo topográfico de Tetrazolio

Se colocó las semillas en un proceso de imbibición por 24 horas en agua destilada, cuatro lotes de 25 semillas cada uno. Posteriormente, se realizó cortes longitudinales que permitieron que el embrión quede expuesto. Para establecer la posición, la forma y partes del embrión se realizaron cortes y esquemas preliminares, para lo cual fue necesario hacer uso del estereoscopio. En un litro de agua se vertió 10 g de tetrazolio. En una placa Petri se vertió 10 ml de cloruro 2, 3, 4 de trifenil tetrazolio al 1 % y sobre ésta solución se colocó las mitades de 25 semillas, cuidando que la superficie de corte y el embrión queden en contacto con la solución. Posteriormente, se dejó las cajas de Petri en un sitio oscuro por tres horas, manteniendo una temperatura entre 25 - 30 °C con un pH de 7.

b.3.2. Método de peróxido de Hidrogeno

Se seleccionó una muestra de 25 semillas, estas se sumergieron de un día para el otro en una solución al 1 % de H₂O₂, luego se realizó un corte en el extremo radicular de la testa de la semilla, y luego estas se colocaron en vasos de 150 ml de la solución al 1 % de H₂O₂, colocados a la oscuridad a una T° de 25 – 30 °C por tres días en estufa, luego se observaron las semillas para determinar si es que hubo algún crecimiento de radícula, se realizó nuevamente el proceso por 4 días; la cual para el proceso se esperó 7 días.

b.4. Tratamientos en estudio para la germinación

- T1: Ácido giberélico (AG₃) a 1000 ppm.
- T2: Ácido giberélico (AG₃) a 2000 ppm.
- T3: Nitrato de potasio (KNO₃) a 1000 ppm.
- T4: Nitrato de potasio (KNO₃) a 2000 ppm.
- T5: Enzima celulasa.
- Testigo.

b.5. Inmersión de las semillas en las soluciones de acuerdo a los tratamientos en estudio

- ✓ El material a ser usado en las pruebas de germinación han sido previamente esterilizados para evitar la contaminación de microorganismos ambientales. Esterilización de agua destilada; donde se utilizó 10 botellas de 250 ml, luego se trasladó al autoclave a una presión de 15 atmosferas (750 mm de Hg), el agua esterilizada se utilizó para preparar la solución madre de AG₃ y KNO₃, y para diversos usos. También se llevó a la autoclave las placas Petri con sus respectivos algodones.
- ✓ El procedimiento utilizado para la germinación fue de la siguiente manera:
 - ✓ Las semillas se distribuyeron en las placas Petri sobre algodón humedecido con agua destilada estéril, donde se colocó 50 semillas por unidad experimental con 3 repeticiones por tratamiento (de acuerdo al diseño establecido).
 - ✓ Las semillas, sometidas a los tratamientos T1, T2, T3, T4, pH 6.5 – 7.0, fueron mantenidos por un periodo de 30 minutos, en condiciones ambientales del lugar experimental.

- ✓ En el tratamiento T5, semillas sumergidas por un periodo de 30 min, en condiciones ambientales del lugar de experimento.
- ✓ La unidad experimental estuvo constituida por 50 semillas de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, y el total de semillas a utilizar fueron 900 unidades.

b.6. Disposición de tratamientos en laboratorio

Tabla 03. Disposición de tratamientos en laboratorio, adaptado al DBCR.

R1		R2		R3	
Testigo	T1	T2	T4	T1	T2
T5	T3	T3	Testigo	T4	T5
T2	T4	T5	T1	Testigo	T3

R: Repetición

T: Tratamiento

Los ensayos de germinación en laboratorio se realizó con luz y temperatura ambiente, utilizando placas Petri de 7.5 cm de diámetro previamente esterilizadas, y se utilizó algodón, papel filtro, sustratos humedecido con agua destilada estéril.

b.7. Métodos de determinación de tejido embrionario

Para la determinación del tejido embrionario se trabajó con semillas húmedas con 12 horas de remojo. Se realizó 04 tomas en el microscopio, donde se seleccionaron semillas al azar y se procedió a cortarlo de forma longitudinal, obteniendo así dos a tres partes de semilla. En cada portaobjeto se coloca la muestra seleccionada de semilla y sobre esta se le humedece con dos gotas de eosina, lugol, rojo neutro, azul de metileno, estas aplicadas individualmente por cada muestra de semilla, luego se cubren las muestras preparadas con una laminilla y esta es ubicada en el microscopio para su respectiva observación.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Tabla 04. Disposición de tratamientos en laboratorio, adaptado al Diseño de Bloques Completamente Randomizado, Azar, Aleatorio.

Bloque I	Bloque II	Bloque III
R1	R2	R3
T1 = 50	Testigo = 50	T3 = 50
T5 = 50	T4 = 50	T2 = 50
T3 = 50	T2 = 50	T4 = 50
T4 = 50	T3 = 50	Testigo = 50
T2 = 50	T1 = 50	T5 = 50
Testigo = 50	T5 = 50	T1 = 50

R= Repetición 50 = Número de semillas puestas a evaluar o germinar

Donde: T1: Ácido giberélico (AG₃) a 1000 ppm
 T2: Ácido giberélico (AG₃) a 2000 ppm.
 T3: Nitrato de potasio (KNO₃) a 1000 ppm.
 T4: Nitrato de potasio (KNO₃) a 2000 ppm.
 T5: Enzima celulasa.

Tabla 05. Ordenamiento de muestras de acuerdo al tratamiento pregerminativo, con sus respectivas cantidades germinadas por repetición.

		T1: AG ₃ 1000 ppm	T2: AG ₃ 2000 ppm	T3: KNO ₃ 1000 ppm	T4: KNO ₃ 2000 ppm	T5: Celulasa	T6: Testigo	Σ blo_ ques
Blo_ ques	R1	-	-	-	-	-	-	
	R2	-	-	-	-	-	-	
	R3	-	-	-	-	-	-	
	Σ T							
	Prom. T							

T = Tratamientos

Una vez obtenido las sumatorias de tratamientos y de bloques o repeticiones se procedió a realizar el esquema del análisis de varianza

Modelo estadístico asociado al diseño:

$i = 1, 2, 3, \dots$, tratamiento

$j = 1, 2, 3, \dots$, repetición

$b =$ repetición, $t =$ tratamiento

Hipótesis:

$H_0: t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5 =$ testigo

V_s

$H_a:$ Al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás

Fuentes de variación

Factor de corrección

$$F.C. = \frac{Y_{..}^2}{bt}$$

Sumatoria Cuadrado Total

$$S.C. \text{ TOTAL} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{bt}$$

Sumatoria de Cuadrados de Tratamientos

$$S.C. \text{ TRAT} = \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{b} - \frac{Y_{..}^2}{bt}$$

Sumatoria de Cuadrados de Bloques.

$$S.C. \text{ BLOQ} = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{bt}$$

Sumatoria Cuadrado Total

Como:

$$S.C. \text{ TOTAL} = S.C. \text{ TRAT} + S.C. \text{ BLOQ.} + S.C. \text{ ERROR}$$

Al despejar S.C. Error la ecuación queda como:

$$S.C. \text{ ERROR} = S.C. \text{ TOTAL} - S.C. \text{ TRAT} - S.C. \text{ BLOQ}$$

Cuadrado Medio de Tratamiento

$$C.M. \text{ TRAT} = \frac{S.C. \text{ TRAT.}}{t-1}$$

Cuadrado Medio de Error.

$$C.M. \text{ ERROR} = \frac{S.C. \text{ ERROR}}{(t-1)(b-1)}$$

Factor calculado

$$F.C = \frac{C.M. \text{ TRAT}}{C.M. \text{ ERROR}}$$

Tabla 06. Análisis de varianza

Se calculó de la siguiente manera

Fuentes de Variación (F.V.)	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Cuadrados Medios (C.M.)	F.C
Tratamientos	t-1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{b} - \frac{Y_{..}^2}{bt}$	$\frac{S.C. \text{ TRAT.}}{t-1}$	$\frac{C.M. \text{ TRAT}}{C.M. \text{ ERROR}}$
Bloques	b-1	$\sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{bt}$		
Error	(t-1)(b-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{b} - \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{t} + \frac{Y_{..}^2}{bt}$	$\frac{S.C. \text{ ERROR}}{(t-1)(b-1)}$	
Total	(bt-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{bt}$		

Si $F_c >$ Factor tabular: Hay significancia estadística

Si $F_c <$ Factor tabular: No hay significancia estadística

Coeficiente de Variación: $\frac{\sqrt{S^2}}{X}$ Dónde: $S^2 =$ Varianza $X =$ Promedio

d. Diseño experimental

Aleatorio.

7.4. Materiales

a. Material biológico

- Para el presente estudio se utilizó semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell.
- Enzima celulasa

b. Reactivos

- ✓ Ácido giberelico (GA₃)
- ✓ Nitrato de potasio (KNO₃)
- ✓ Agua destilada
- ✓ Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂)
- ✓ Tetrazolio (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio)
- ✓ Lugol.
- ✓ Rojo neutro
- ✓ Azul de metileno

c. Equipos y material de laboratorio

- ✓ Refrigeradora
- ✓ Termómetro
- ✓ PHmetro
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Matraces Erlenmeyer de 100 ml
- ✓ Microscopio
- ✓ Estereoscopio
- ✓ Tubos de ensayo 20.15 ml
- ✓ Placas Petri

- ✓ Probeta 100 ml
- ✓ Pipetas 1/10 ml, 5 ml, 10 ml
- ✓ Baguetas
- ✓ Mechero
- ✓ Fiola 100, 200 ml
- ✓ Cajas Petri
- ✓ Algodón
- ✓ Pinzas
- ✓ Papel aluminio, filtro
- ✓ Lupa

d. Material de escritorio

- ✓ Computadora
- ✓ Libreta de notas
- ✓ Papel A4
- ✓ Plumones indelebles
- ✓ Lapiceros, lápiz
- ✓ Formatos de evaluación de semillas

e. Infraestructura

- ✓ Laboratorio

f. Otros:

- ✓ Bolsas de tela
- ✓ GPS
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Subidores

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

8.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SEMILLAS DE *Terminalia amazonia*

Tabla 07. Resultados del porcentaje de pureza característica

Parámetros analizados (04 repeticiones)		
Porcentaje de:	%	Observaciones
Semillas puras	0.00	No se considera pura por la ausencia del tejido embrionario (semilla vana), solo tiene tejido endospermático.
Semillas de otros cultivos	0.00	No se ha encontrado otras semillas ya que se ha obtenido de la copa.
Material inerte	100.00	Semillas vanas (con endospermo y sin embrión), Semillas secas, rugosas, deformes, y con baja densidad aparente.
Total	100.00	—
Germinación	0.00	—
Contenido de humedad	21.00	—
N° de semillas / Kg.	—	130 000 unidades.

En este parámetro al no quitar los materiales inertes, estos se suman al peso total de la muestra, y en consecuencia, habrá menor proporción de la semilla deseada, la pureza influye en el número de semillas por kilogramo, como material inerte hacen un 100 %, la semilla con endospermo y sin embrión con un contenido de humedad del 21 %, un porcentaje de germinación del 0 % (Tabla 07).

Según Solís y Moya (2004), un kilogramo de frutos secos tiene 90,000 unidades de semillas. Según Montero y Kanninen (2005), un kilogramo de frutos tiene 120 mil a 140 mil semillas por kilogramo, la determinación de la cantidad de semilla por kilogramo nos permite determinar y/o predecir el número de semillas a utilizar y entablar en un área determinada en caso de que las semillas sean viables. Un kilogramo de semilla tiene alrededor de 130 000 unidades (Tabla 07).

8.2. PRUEBAS INDIRECTAS DE VIABILIDAD

En lo que concierne a las pruebas indirectas de viabilidad de las semillas, como el ensayo topográfico de Tetrazolio, se observó que no hubo coloraciones de color rojo oscuro en el tejido embrionario (imagen 04); al respecto, Romero (1990) menciona, que debe tenerse en consideración que el tejido embrionario sano absorbe el TZ lentamente y por lo tanto el color desarrollado es rojo oscuro. Tejidos embrionarios afectados por envejecimiento, congelación o daño mecánico tiende a teñirse de rojo intenso. La presencia de tejido firme y sin tinción es reflejo de la no penetración de la solución de TZ y no necesariamente corresponde a tejido muerto. Cambios bruscos de color entre tejidos firmes, tejidos normales y tejidos flácidos no teñidos, indican que éste último es tejido muerto. Además del color y tonos también debe ponerse atención, otros factores como turgor de los tejidos y presencia de fracturas.

Usando el Método de peróxido de hidrogeno no presentó el crecimiento característico de la radícula que caracteriza a esta prueba (Poulsen 1993), por lo que se necesita realizar estudios con más detenimiento e instrumentos más sensibles, instrumentos para pruebas de rayos X ya que la semilla es pequeña (1 a 2 mm) por lo que en esta información los datos expuestos tienen una confiabilidad de un 40 % debido al tamaño tan pequeño de las semillas que no se podía evaluar a simple vista.

8.3. GERMINACIÓN

Tabla 08. Resultados del porcentaje de germinación

Tratamientos	Repetición			Promedio germinación	% Germinación
	R1	R2	R3		
T1=AG ₃ (1000 ppm)	0	0	0	0	0
T2=AG ₃ (2000 ppm)	0	0	0	0	0
T3=KNO ₃ (1000 ppm)	0	0	0	0	0
T4=KNO ₃ (2000 ppm)	0	0	0	0	0
T5=Enzima celulasa	0	0	0	0	0
Testigo	0	0	0	0	0

Anexos 04, 05, 06 y 07.

En la tabla 08 muestra que no hubo germinación alguna (0 %) en todos los tratamientos, solamente se obtuvo el cambio de volumen debido a la imbibición de agua en las semillas (imágenes 13 y 14), y relacionado con el sustrato se probaron el algodón, papel de filtro y arena.

En la tabla 08 se observa que no hay diferencia significativa entre todos los tratamientos, por lo tanto se está aprobando la Hipótesis Nula (ningún tratamiento pregerminativo tuvo resultados), pues no se indica un efecto beneficioso de la intervención sometida a estudio, donde la moda, y la mediana son igual a cero (0), la media, la varianza, y la desviación estándar son no definidos.

(Rebasa 2003), es fundamental entender que un resultado no significativo solo indica que es compatible con la hipótesis nula. Los resultados no significativos solo indican que los datos no consiguen aportar suficientes pruebas para dudar de la credibilidad de la hipótesis nula demostrada. Así pues, no significativo es equivalente a no demostrado o no concluyente, pero nunca a ausencia de relación de causa – efecto. Esto nos conlleva al siguiente punto:

“El resultado estadísticamente significativo no tiene nada que ver con los ensayos”

La expresión “muy estadístico” es un término estadístico que se utiliza para indicar que la hipótesis nula es poco creíble y “nada”, pero absolutamente “nada”, tiene que ver con la importancia del ensayo o biología de la hipótesis. Un resultado puede ser muy significativo y carecer en absoluto la menor relevancia en los procesos del ensayo, significación estadística se relaciona con la necesidad de probar hipótesis.

(Rebasa 2003), para aceptar la hipótesis nula (H_0), se sugiere causalidad (causa – efecto). Si se ha efectuado un diseño experimental, asignando aleatoriamente a las unidades experimentales, a los grupos de tratamientos, entonces sí se puede afirmarse esa relación de causalidad.

Es por ello se realizó un estudio que determinó las posibles causas de la no germinación (efecto), que se obtuvo datos iguales (0), para así estar aprobando la hipótesis nula. Se detalla a continuación.

Ante los problemas de no obtención de germinación en las semillas, se procedió a realizar cortes microscópicos para determinar la presencia de embrión, recurriendo a las coloraciones básicas empleando lugol, rojo neutro, azul de metileno y eosina. Se usaron los respectivos colorantes porque ejercen su acción en las partes vivas de las células sin alterar su metabolismo, y poniendo de relieve sus estructuras (De la Torre 2007).

Durante las observaciones microscópicas de una semilla se puede apreciar células muy apretadas con gránulos de almidón y oxalato de calcio, que vendrían a formar parte del endospermo, y el embrión se identifica por poseer células meristemales pequeñas no diferenciadas, poliédricas, más o menos equidimensionales (dimensiones parecidas en todas las direcciones), el citoplasma ocupa la mayor parte de volumen celular ya que las vacuolas son muy pequeñas (Raisman, et al. 2000); con la utilización de los colorantes no se ha encontrado ningún rasgo que caracteriza al tejido embrionario de la semilla (Imágenes 15, 16, 17, 18, 19, 20).

En la presente investigación, no se logró demostrar la hipótesis alternativa a pesar de que se trabajaron los objetivos propuestos, se muestra en las imágenes 13 y 14, no cumpliéndose en la presente investigación lo que menciona Hartman y Kester (1997), que para la germinación de una semilla deben cumplirse tres condiciones: que el embrión sea viable (que esté vivo), que los factores externos sean favorables y que no presente factores internos que impidan la germinación.

Se puede considerar dos tipos de factores que afectan la germinación de las semillas: factores extrínsecos y factores intrínsecos. Entre los factores externos se encuentran: agua; gases; temperatura y luz. Entre los internos se pueden citar: embriones fisiológicamente inmaduros; inhibidores; presencia de tegumentos duros; viabilidad de las semillas, que es el periodo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar y que es extremadamente variable, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y del tipo de semilla; su longevidad, es decir, el tiempo que pueden permanecer viables; presencia de fitocromos; embriones rudimentarios; embriones anatómicamente inmaduros.

Por lo tanto, los resultados de la presente investigación está aprobando la hipótesis nula, ya que las observaciones de los experimentos no han aportado evidencias para descartarla.

Continuando en dar una explicación las posibles razones del origen de las semillas vanas, nos apoyados con los autores Flores y Sandi (1997), mencionan que *Terminalia amazonia* (J.F.Gmel) Exell muestra gran variación en los porcentajes de germinación, según la procedencia de la semilla; no obstante, en casi todos los casos. El fruto de esta especie, el fruto es una sámara que encierra la semilla y en las pruebas de germinación, lo que se siembra son estas sámaras.

Flores y Sandi (1997), la búsqueda de una explicación para este fenómeno, condujo a investigar la biología reproductiva de la especie. Las inflorescencias son racimos axilares, con numerosas flores hermafroditas, actinomorfas y epíginas. Las flores son proteróginas

(protóginas) y el gineceo alcanza la madurez sexual y es receptivo, antes de que las anteras de los estambres liberen polen. En consecuencia, la flor no puede ser polinizada ni fertilizada por su propio polen, lo que constituye un caso de dicogamia o separación temporal en la actividad de los órganos sexuales que evita la autogamia. Como corolario de lo anterior, se asumió que la especie era alógama.

Flores y Sandi (1997), la observación con estereoscopio y microscopio electrónico de barrido, los estigmas de flores provenientes de árboles aislados, en grupos pequeños o en rodales con numerosos individuos (al menos 10), demostraron que todos los estigmas reciben abundante polen; sin embargo, la formación de tubos polínicos en estigma-estilo disminuye, conforme decrece el número de árboles de la misma especie alrededor del árbol progenitor. En los árboles aislados los estigmas contienen abundante polen; aunque se observan algunos tubos polínicos en un grupo pequeño de flores, además ningún fruto produce semilla viable; por ello, se excluye la posibilidad de que exista geitonogamia y la flor (saco embrional) pueda ser fertilizada por polen (células espermáticas del tubo polínico) de otra flor del mismo árbol. La xenogamia parece, así, un mecanismo obligatorio.

Flores y Sandi (1997), la disección de frutos inmaduros y maduros con diferentes procedencias, también mostró una estrecha correlación entre el número de frutos que contienen semillas y el número de árboles de la misma especie que circundan al árbol progenitor. También, se observa una correlación entre el número de sámaras con semilla por árbol y la incidencia de tubos polínicos en los estigmas de las flores de esos árboles, así como entre el número de frutos con semilla y los porcentajes de germinación. Por otra parte, numerosos frutos vanos mostraron semillas abortivas en diferentes estadios de desarrollo. Con base en lo anterior, se propone que: a.- los distintos porcentajes de germinación que se obtienen con frutos de diferentes procedencias no se deben, en su mayor parte, a problemas de germinación de las semillas, sino al número variable de frutos vanos; b.- que el número de frutos vanos aumenta conforme disminuye el número de

árboles de la misma especie, alrededor del árbol progenitor (radios de 2 km) y aumenta el aislamiento de éste; c.- que existe al menos un mecanismo de incompatibilidad a nivel de estigma-estilo; no obstante, el número de semillas abortivas en diferentes estadios de desarrollo, abre la incógnita sobre un mecanismo más complejo.

En consecuencia se determina que *Terminalia amazonia* puede tener el mecanismo genético como la posible incompatibilidad a nivel de estigma – estilo; Bretón (2009), hace mención que en este caso el grano de polen (fértil), no germina o germina pero el tubo polínico detiene su crecimiento, cuando se encuentra sobre un determinado estilo. Por lo tanto no se llega a la fecundación. Este mecanismo natural tiene como finalidad evitar los cruzamientos entre genotipos emparentados, favorecer la presencia de heterocigotas en las poblaciones, manteniendo así el vigor híbrido y evitando las consecuencias de la depresión endogámica. Se ha estimado que el 39% de las especies de angiospermas presentan mecanismos de incompatibilidad. Podemos hablar de:

- Autoincompatibilidad: La planta no es capaz de autofecundarse. La autoincompatibilidad en especies con flores hermafroditas evita la pérdida de vigor y adaptabilidad que produce la consanguinidad.
- Aloincompatibilidad o incompatibilidad cruzada: se da en cruzamientos entre plantas emparentadas que pertenecen a especies autoincompatibles.

A dichos mecanismos se los puede clasificar de la siguiente forma:

a. Incompatibilidad Heteromórfica

	Flores PIN	Flores THRUM
Genotipo para el locus S	ss	Ss
Estilo	Largo	Corto
Estambre	Bajos	Altos
Células estigmáticas	Grandes	Pequeñas
Polen	Pequeño	Grande
Reacción de incompatibilidad	Con PIN	Con THRUM

b. Incompatibilidad Homomórfica (en un mismo árbol). La incompatibilidad está determinada genéticamente por un locus, llamado S, con alelos múltiples.

♀ S1S2 x ♂ S1S2 cruzamiento (incompatible)

No deja descendencia

(El polen es de alelo S1 ó S2, ninguno de los dos granos de polen podrá germinar sobre el estilo S1S2. Por lo tanto no se obtiene descendencia de este cruzamiento y se dice que el cruzamiento es incompatible)

Bretón (2009), la incompatibilidad se ha determinado en más de 3000 especies pertenecientes a las fanerógamas. Dentro de una misma familia el tipo de incompatibilidad es constante (aunque no todas las especies dentro de la familia presentan necesariamente incompatibilidad). La incompatibilidad está determinada genéticamente y existen diferentes mecanismos genéticos que difieren en su grado de eficiencia.

También se realizó un inventario con la finalidad de determinar la incompatibilidad y distancias de ubicación de los árboles *Terminalia amazonia* que influye en la no polinización cruzada anemófila y por insectos polinizadores, determinando que los árboles se encuentran ubicados a una distancia entre árboles en estado reproductivo que oscilan de 1 a 3 km, además se determinó la ausencia de especímenes en la etapa de brinzal y latizal (Anexo 02), lo que demuestra que no hubo y no hay regeneración natural por el estado vano de las semillas.

En el distrito de Huarango *Terminalia amazonia* crece en asociación con muy poca diversidad de especies arbóreas maderables y arbustivas, y a gran escala con herbáceas, las más comunes y representativas de manera natural son: michino (*Manilkara bidentata*), catahua (*Hura crepitans*), faique (*Acacia macracantha*), morero (*Maclura tinctoria*), y como pastos, el sorgo (*Sorghum* spp), elefante (*Pennisetum* sp.), sorgo morado (*Sorghum* sp.), grama gateadora (*Axonopus* sp.), estos pastizales mencionados vienen a

representar un 95 % que está en asociación con *T. amazonia*, esta especie forestal está en asociación con especies arbóreas y arbustivas en un 5 % (Anexo 03).

La floración o polinización tiene lugar de agosto hasta septiembre, dada en estación seca del año, con variaciones en el término e inicio a lo largo del ámbito geográfico. Generalmente los frutos caen en grupos cuando están maduros. La polinización es entomófila y los agentes varían de acuerdo a zonas locales; se realizó una inspección ocular, determinando como agentes polinizadores a escarabajos, abeja pequeña, abejón pequeño y trips que son de vuelo corto y en pocas cantidades, otro factor al parecer es que su flor es poco atractiva. En comparación con los tiempos vetustos cuando existían composiciones boscosas homogéneas quizá *Terminalia amazonia* habría tenido sus propios polinizadores biológicos, que incluso podría influenciar en viento, solo que con la pérdida de las masas boscosas las especies de flora y fauna se extinguen a causa que van perdiendo su capacidad de resistencia a los cambios ambientales y en busca de nuevos nichos ecológicos. *Terminalia amazonia* produce frutos y semillas de octubre a diciembre, pérdida de follaje en agosto hasta noviembre, estación seca, regeneración de follaje en diciembre que dura hasta julio.

Determinando entonces que cada especie de *Terminalia amazonia* está casi totalmente aislada, demostrando así su mecanismo de autoincompatibilidad, presentando cada árbol una incompatibilidad gametofítica, dado que constata la existencia de semillas vanas.

En Costa Rica existe plantaciones naturales las cuales son manejadas, y pareciera que no hay mucho problema pero, se observa que tienen poco porcentaje de germinación, y con largos periodos de germinación, a pesar que en un bosque homogéneo tienen un ambiente adecuado para la ecología y dinámica forestal, según observamos los resultados en el manual de "*Terminalia amazonia*, Ecología y Silvicultura" de Montero y Kanninen (2005), mencionan que las semillas son ortodoxas y deben almacenarse en recipientes herméticos a 4 °C, con un contenido de humedad de 6 % a

8 %. Se han reportado con una germinación de hasta 30 %. La pureza varía de 85 a 90 %. La germinación es epigea, se inicia a los 69 días de sembrada y termina a los 89 días.

T. amazonia en Costa Rica crece en forma natural, se halla comúnmente en laderas húmedas y planicies de los bosques. Se encuentra distribuida generalmente en altitudes desde los 40 a 1200 msnm, con precipitaciones de 2500 a 3000 mm y temperaturas superiores a 28 °C. Crece bien en colinas y planicies costeras, en suelos rojos o amarillos, lateríticos profundos derivados de materiales aluviales o ígneos (Camacho 1981, Benítez y Montesillos 1988, ACEN 1992, Nichols y González 1992, Flores 1994, CATIE 1997, citado por Montero y Kanninen 2005).

En Costa Rica las condiciones climáticas más favorables para *Terminalia amazonia* son, bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical, en elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 1100 msnm, con temperaturas anuales entre 21 y 24 °C y precipitaciones anuales entre 2000 y 4500 mm por año. Esta especie soporta hasta cuatro meses de sequía (OTS 1991 citado por Montero y Kanninen 2005).

Lo que en el distrito de Huarango - Perú no se tiene y los pocos árboles que existen están a distancias no adecuadas para que se pueda realizar una fecundación cruzada, crece en áreas degradadas, suelos compactados a causa del sobrepastoreo, la estación seca es más larga que la estación húmeda, los cuales son una desventaja para la especie y la biodiversidad, ya que se corre el riesgo de perderse la variabilidad genética de la especie el cual no permitiría las adaptaciones, que en estos tiempos es urgente por las variaciones climáticas, como consecuencia hay variaciones en la fisiología de *Terminalia amazonia*, y la especie estaría corriendo el riesgo de desaparecer, por lo que se debe seguir haciendo estudios relacionados con la propagación sexual.

Según Putz et al. 1993, citado por Plana 2000, cuenta que: a) muchas especies tropicales en condiciones naturales están representadas por unos pocos individuos reproductivos maduros por hectárea, b) la mayoría de

especies arbóreas no son auto-fértiles (dioicas, pero también muchas monoicas y hermafroditas) y c) a menudo se da unas disminuciones de polinizadores (insectos y aves) por acción antrópica.

Plana, (2000), en una fragmentación del bosque, ninguna de las especies se regenera continuamente en el bosque sucesional; así cada grupo se desarrolla como una población aproximadamente coetánea. Este modelo se representa a continuación; 1) Herbáceas, arbustos y lianas, 2) Pioneros de vida corta, 3) Pioneros longevos, 4) Especies tolerantes a la sombra.

Plana, (2000), sucesiones en suelos degradados, bajo regímenes de quemas constantes o en sitios aislados de fuentes de semillas pueden demostrar una desviación considerable del modelo expuesto anteriormente. Con una degradación importante del suelo, pérdidas en el banco de semillas y la aparición de nuevos hábitats "innaturales", el proceso de la sucesión sigue otros patrones y puede conllevar el establecimiento de comunidades herbáceas que dificultan o incluso impiden irreversiblemente la recuperación de la vegetación original de un modo natural. Esta es la razón que puede explicar la presencia de sabanas en lugares propios de bosques húmedos o secos.

Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985), citado por Plana (2000), según estudios realizados en las selvas altas, al aumentar el grado de la perturbación, la vegetación secundaria derivaba en comunidades herbáceas predominadas por gramíneas y en árboles y arbustos esclerófitos de lento crecimiento, fijándose esta vegetación antrópica y parando el proceso sucesional. Las cortas o aprovechamientos de madera o la conversión del bosque en otros usos, modifica el ciclo de nutrientes y el balance hídrico provocando pérdidas de suelo y de nutrientes, afectando la regeneración de la vegetación.

Por lo tanto Plana (2000), ha demostrado las posibles causas y efectos de las consecuencias actuales que está tolerando *Terminalia amazonia*, en el difícil proceso de regeneración natural en el distrito de Huarango.

También se observa los resultados de investigación de Hidalgo, (1996), en el X Congreso Nacional del año 1996, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, menciona que: *Terminalia amazonia* es una especie forestal que ha sido incluida en las pruebas de especies nativas desarrolladas en el país. Esta especie produce semilla sexual, sin embargo esta vía de propagación presenta algunos inconvenientes como baja existencia de árboles semilleros, bajo porcentaje de germinación, alto periodo de germinación, semilla vana. Considerando los inconvenientes que presenta la propagación sexual y a la vez las ventajas que ofrece la propagación vegetativa, se planteó el presente proyecto (Propagación vegetativa de *Terminalia amazonia*), con el fin de contar con un método alternativo, que proporcione material para la reforestación con esta especie y a la vez que permita seleccionar y reproducir árboles de características deseables.

En Huarango – San Ignacio, no se hallan especies de *T. amazonia* con semillas de altos periodos de germinación, solo se puede encontrar semillas vanas, como también no se está practicando la propagación asexual a base de acodos aéreos, que podría ser una alternativa de gran aceptación; demostrando en la presente investigación la propagación de ésta a base de ácido indolbutírico (AIB) a 200 ppm (Imágenes 21 y 22).

En el distrito de Huarango no se ha encontrado composiciones boscosas homogéneas de *Terminalia amazonia*, habitando solo en las delimitaciones de los terrenos agrícolas, pastizales y dentro de pastizales, el proceso de extinción de esta especie con otras que son maderables y relictas, están originando como consecuencia la disminución de las frecuencias de lluvias y cantidad de agua en las quebradas, aumento del nivel de variaciones climáticas.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Los tratamientos aplicados en semillas de *Terminalia amazonia* provenientes de árboles reproductores del distrito de Huarango – San Ignacio, no mostraron resultados, ya que las semillas son vanas a causa de la ausencia del tejido embrionario.
2. La baja densidad de población de dicha especie en el área estudiada probablemente evita el suministro de polen suficiente y de manera reincidente.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios sobre el tipo de incompatibilidad genética que presenta *Terminalia amazonia*.
2. Realizar estudios sobre polinización artificial con la finalidad de recuperar las bases genéticas y conservación de la especie.
3. La propagación asexual por medio de acodos aéreos para un posible uso en reforestación con esta especie.
4. Intensificar la investigación sobre la biología reproductiva de la especie y la genética de las poblaciones, para implementar un plan de manejo de la especie, que se fundamente en el conocimiento acertado de su biología y ecología.
5. Intensificar o profundizar trabajos en tema de propagación sexual para el mantenimiento de la variabilidad genética.
6. Previo a realizar pruebas de germinación de semillas forestales, ensayar metodologías de determinación de viabilidad.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bidwell, S. 1993. Fisiología Vegetal. 2 edic. en español. Edit. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F. 784 p.

Besnier, F. 1989. Semillas, Biología y Tecnología. Edit. Barcelona. Madrid – España. 625 p.

Bonner, F. 2006. Glosario de términos sobre germinación de semillas para personal que trabaja en semillas forestales (en línea). Australia. Consultado el 25 de jun. 2011. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0025S/A0025S06.pdf>.

Bretón, A. (2009), Mecanismos de control de la polinización incompatibilidad y androesterilidad (en línea). España. Consultado el 15 de dic. 2013. Disponible en: <http://lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=4444&-Find>.

Carmona, T. 2013. Manual de prácticas de la experiencia educativa biología vegetal (en línea). México. Consultado el 15 de enero del 2014. Disponible en: <http://www.botany.org/plantimag/manual-vio-veg-2013.pdf>.

De la Torre, S. 2007. Manual básico de microtecnia biológica (en línea). La Habana. Consultado el 14 de enero del 2014. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Anexo:clorantes_vitales&hl=e&ei=FrU6U7OQF8W CmgfcjYHACA&wsc=vb&ct=np&wwhp=3298.

Flores, E; Sandi, C. 1997. Problemas de germinación en *Terminalia amazonia* (en línea). Costa Rica. Consultado el 20 de agosto del 2011. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0018S/A0018S33.pdf>.

Hartman, T; Kester, E. 1997. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. 1 edic. Edit. Continental S.A de C.V. México. 176 p.

Hidalgo, N. 1996. Propagación vegetativa de Roble coral (*Terminalia amazonia*) (En línea). Costa Rica. Consultado el 23 de agosto del 2010. Disponible en: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-I_296.pdf.

IUB (Unión Internacional de Bioquímica). 1964. Clasificación internacional de las enzimas. Consultado el 08 de junio del 2012. Disponible en <http://iqb.es>.

Jiménez, Q. 2001. INBio. Especies de costa Rica – *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, (Combretaceae) (en línea). Costa Rica. Consultado el 23 de ag. 2010. Disponible en: <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=4444&-Find>.

Jordano, P. 1988. Polinización y variabilidad de la producción de semillas en *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae) (en línea). España. Consultado el 08 de noviembre del 2013. Disponible en: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/42690/1/Anales_45\(1\)_213_231.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/42690/1/Anales_45(1)_213_231.pdf).

Lehninger, A. 1999. Bioquímica: Las Bases Moleculares de la Estructura y Función Celular. 2 edic. Edit. Omega S.A. Casanova – Barcelona. 553 p.

Montero, M; Kanninen, M. 2005. *Terminalia Amazonia*; Ecología y Silvicultura (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado el 23 de ag. 2010. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0472E/A0472E.PDF>.

Ministerio del ambiente: Flora del Perú. (en línea). Perú. Consultado el 07 de sept. 2010. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/pdf/familias/D_Magnoliophyta_C_Magnoliopsida_O_Myrtales_F_COMBRETACEAE.pdf.

OFI-CATIE: *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado el 23 de agosto 2010. Disponible en: http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/terminalia_lucida.pdf.

Ordoñez, L; Arbeláez, M; Prado, L. 2004. Manejo de Semillas Forestales Nativas de la Sierra del Ecuador y norte del Perú. Edit. ECOPAR, FOSEFOR. 153 p.

Plana, E. 2000. Introducción a la Ecología y Dinámica del Bosque Tropical (En línea). España. Consultado el 06 de mayo del 2014. Disponible en: <http://www.bionica.info/biblioteca/Plana%20Bach%202000%20Ecologia%20bosque%20tropical.pdf>.

Poulsen, K. 1993: Análisis de semillas (en línea). México. Consultado el: 15 de oct. 2013. Disponible en: orton.catie.ac.cr/repdoc/A0011S/a0011s03.pdf.

Poulsen, K. 1993: Calidad de la semilla (en línea). México. Consultado el: 15 de oct. 2013. Disponible en: orton.catie.ac.cr/repdoc/A0025S/A0025S03.pdf.

Raisman, et al. 2000. Las plantas y su estructura II (en línea). Argentina. Consultado el 11 de febrero del 2014. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/hipertextos%20de%20biologia/planta2.htm>.

Rebasa, P. 2003. Entiendo la $p > 0.001$ (en línea). Barcelona, España. Consultado el 01 de mayo 2014. Disponible en: www.cirugest.com/htm/revisiones/cir01-03/01-03-01.pdf.

Roque, M. 2007. Análisis de semillas (en línea). EE.UU. Consultado el 15 de oct. 2013. Disponible en: http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31.

Romero B. 1990. Semillas, biología y tecnología. Ediciones: Mundi-Prensa. España.

Solís, M. Moya, R. 2004. *Terminalia amazonia* en Costa Rica (en línea). Costa Rica. Consultado el 20 de sept. 2010. Disponible en: http://www.fonafifo.com/text_files/proyectos/ManualTerminalia.pdf.

Strasburger; et al. 1986. Tratado de Botánica. 7 edic. Española. Edit. Marín, S.A. MCMLXXXVI. España. 1098 p.

Trujillo, E. 1996. En el Curso Nacional "Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales". Campus de Adefor (8 – 10 oct. 1996). ADEFOR, RASEFOR, INTERCORPORATION, CONIF/INSEFOR. Cajamarca – Perú. 76 p.

Theodore, W; Helms, J; Backer, F. 1982. Principios de Silvicultura. 2 Edic. Edit. MCGRAW-HILL Latinoamericana. México. 492 p.

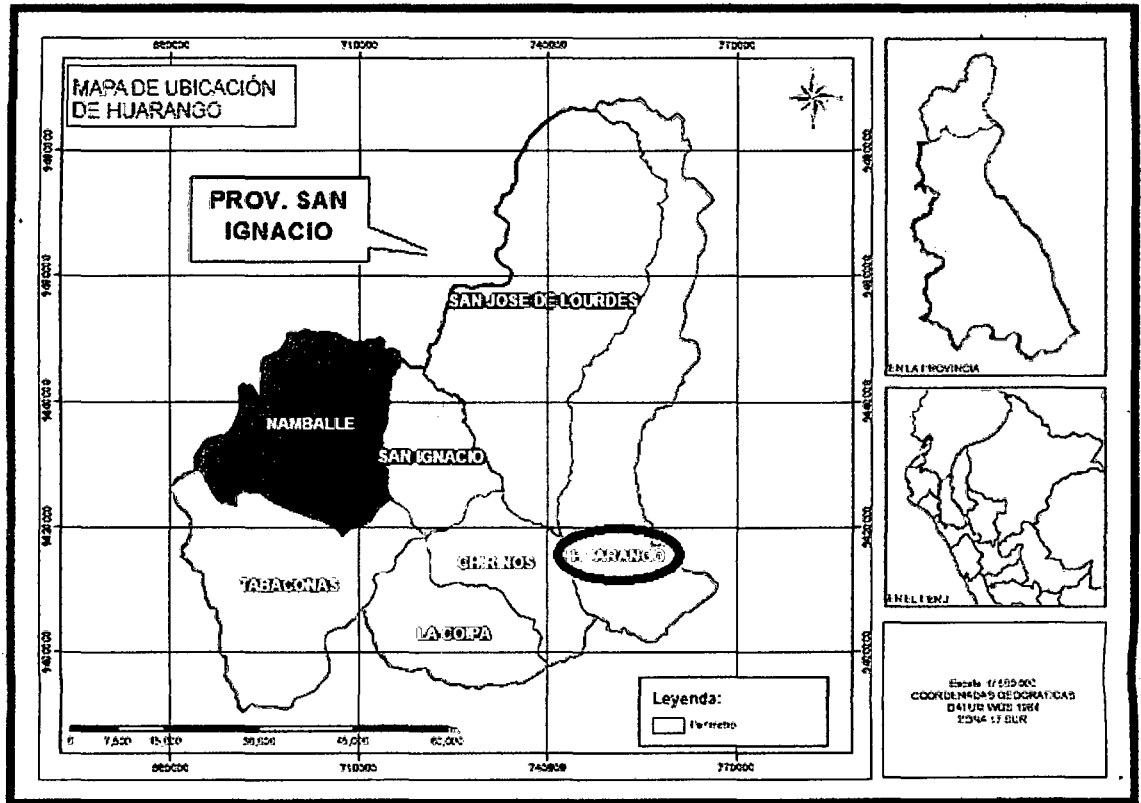
Vázquez, Y. *et al.* (1997). Semillas. 1 edic. Edit. Fondo de Cultura Económica S.R. México, DF. 250 p.

Weaver, R. 1990. Reguladores de Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Ed. Trillas 622 p.

ANEXO

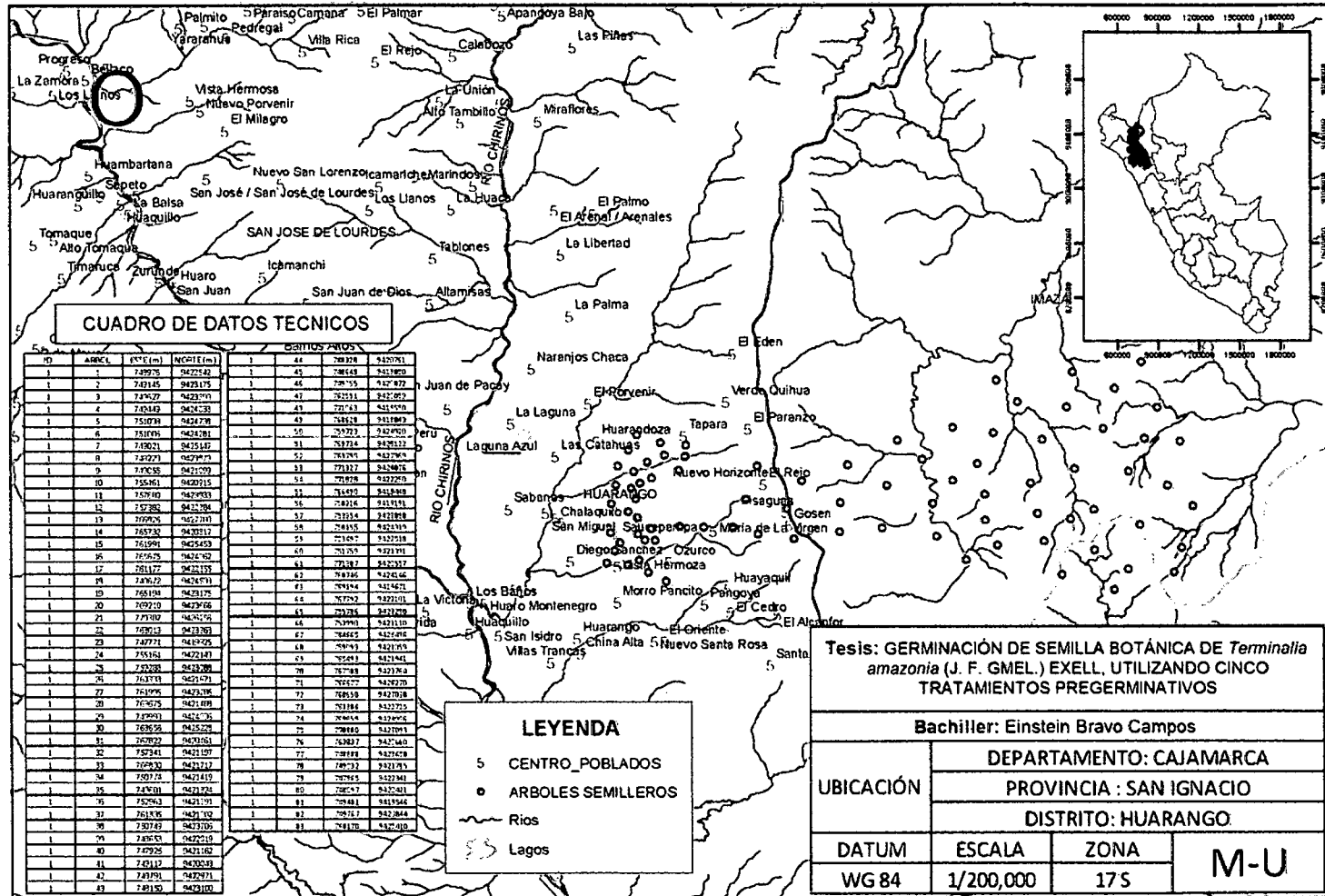
Anexo 01

Mapa de ubicación de la especie forestal *Terminalia amazonia*



Anexo 02

Distribución de árboles relictos de *Terminalia amazonia*



Anexo 03

Ficha de observación fitosociológica, especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que crecen alrededor de *Terminalia amazonia*

N° inventario	4
Localidades	La Unión, El Rejo, La Colmena, Nueva Esperanza, Saucepampa, Mano de La Virgen, La Lima, Naranjitos, La Mushca, El Triunfo.
Fecha	Del 22 al 25 de octubre del 2013
Especies forestales y no forestales	michino (<i>Manilkara bidentata</i>), catahua (<i>Hura crepitans</i>), faique (<i>Acacia macracantha</i>), algarrobo (<i>Prosopis Juliflora</i>), matico (<i>Piper</i> sp.), tuna (<i>Opuntia</i> sp.), penca (<i>Agave americana</i>), nogal (<i>Juglans neotropica</i>), chirimoya (<i>Annona cherimolia</i>), caimito (<i>Chrysophyllum cainito</i>), sorgo (<i>Sorghum</i> spp.), elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>), gramalote (<i>Melinis minutiflora</i>), limón (<i>Citrus limón</i>), naranja (<i>Citrus sinensis</i>), naranja agria (<i>Citrus auriantum</i>), huarumbo (<i>Cecropia obtusifolia</i>), toche (<i>Myrsine umbellate</i>), higuerón (<i>Ficus</i> spp.), morero (<i>Maclura tinctoria</i>), pumapara, latero, siyuca o maría pelada, huabilla, sirimbache, choloque, zapote.

Anexo 04

Evaluación de la germinación diaria de las semillas *Terminalia amazonia* por tratamientos

N° Días	T1, T2 = AG ₃ (1000, 2000 ppm) T3, T4 = KNO ₃ (1000, 2000 ppm) T5 = Celulosa				
	R1	R2	R3	Promedio	% Germinación diaria
1					
2					
3					
4					
5					
6					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
70	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0
86	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0

Anexo 05

Resultados de la disposición de tratamientos en laboratorio

		T1: AG ₃ 1000 ppm	T2: AG ₃ 2000 ppm	T3: KNO ₃ 1000 ppm	T4: KNO ₃ 2000 ppm	T5: Celulasa	T6: Testigo	Σ blo_ ques
Blo_ ques	R1	0	0	0	0	0	0	0
	R2	0	0	0	0	0	0	0
	R3	0	0	0	0	0	0	0
	Σ T	0	0	0	0	0	0	0
	Prom. T	0	0	0	0	0	0	0

*

Anexo 06

Cálculo de las fuentes de variación

$$\text{Factor Corrección} = (\bar{0} + \bar{0} + \bar{0} + \bar{0} \dots + \bar{0})^2 / 3 \cdot 6 = \bar{0}$$

Sumatoria Cuadrado Total

$$\text{S.C. TOTAL} = (0^2 + 0^2 + 0^2 \dots + 0^2) - 0 = 0$$

Sumatoria de Cuadrados de Tratamientos

$$\text{S.C. TRAT} = (0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2) - 0 = 0$$

Sumatoria de Cuadrados de Bloques.

$$\text{S.C. BLOQ} = (0^2 + 0^2 + 0^2) - 0 = 0$$

Sumatoria Cuadrado Total.

Como:

$$\text{S.C. TOTAL} = \text{S.C. TRAT} + \text{S.C. BLOQ.} + \text{S.C. ERROR}$$

Al despejar S.C. Error la ecuación queda como:

$$\text{S.C. ERROR} = \text{S.C. TOTAL} - \text{S.C. TRAT} - \text{S.C. BLOQ}$$

$$\text{S.C. ERROR} = 0 - 0 - 0 = 0$$

*

$$H_0 \Rightarrow T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6$$

Cuadrado Medio de Tratamiento.

$$\text{C.M. TRAT} = 0 / (6-1) = 0$$

Cuadrado Medio de Error.

$$\text{C.M. ERROR} = 0 / (6-1) (3-1) = 0$$

F. calculado

$$\text{F.C} = 0 / 0 = \text{Resultado no definido}$$

Anexo 07

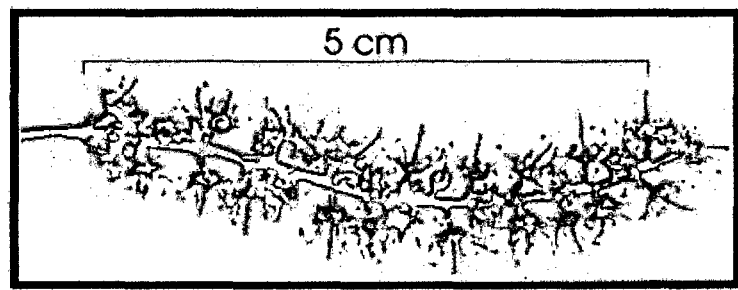
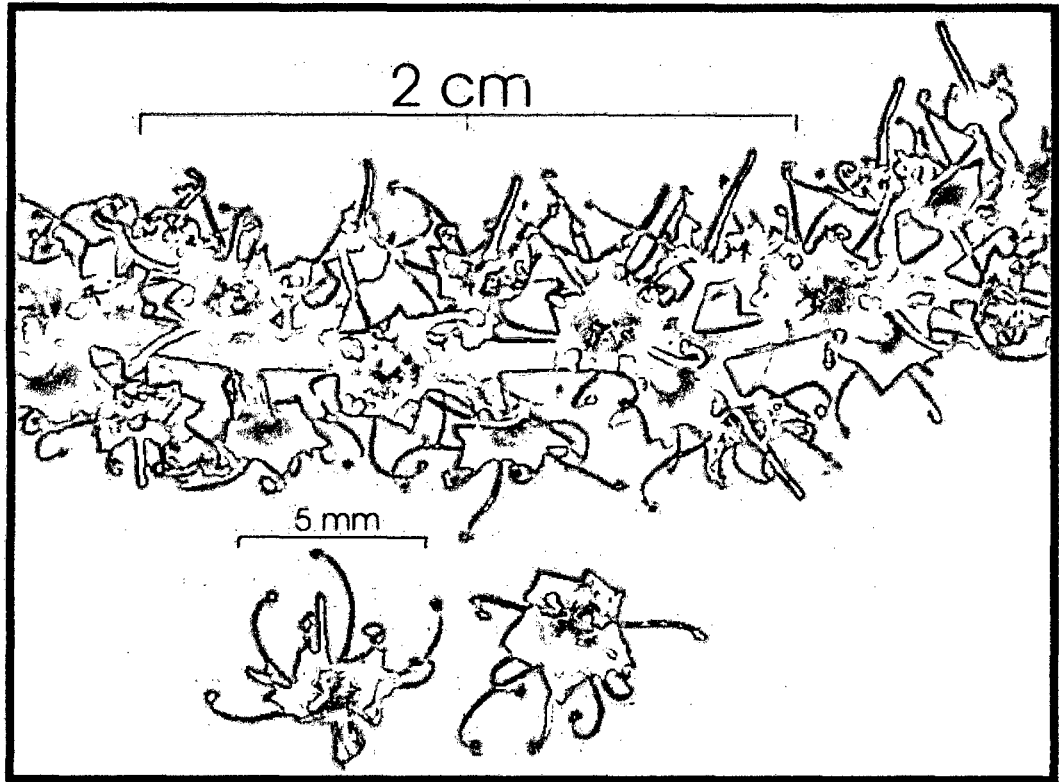
Análisis de varianza (ANVA)

Fuentes de variación (F.V.)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C.)	Cuadrados medios (C.M.)	Factor calculado (F.C.)
Tratamientos	5	0	0	Resultado no definido
Bloques	2	0		
Error	10	0		
Total	17	0		

No existe diferencia significativa estadísticamente

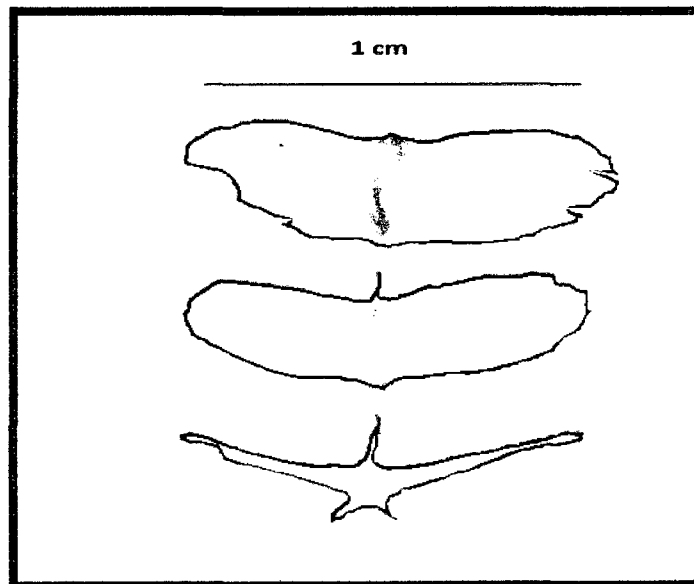
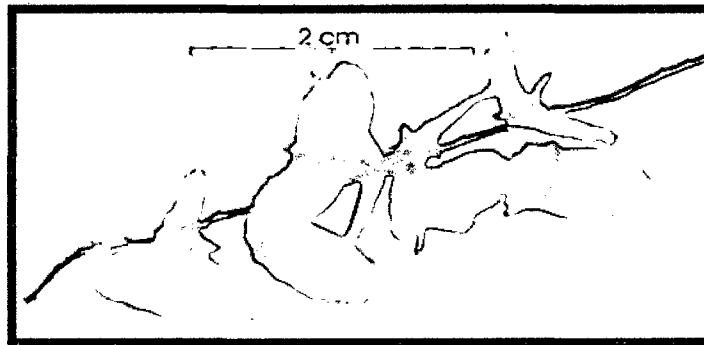
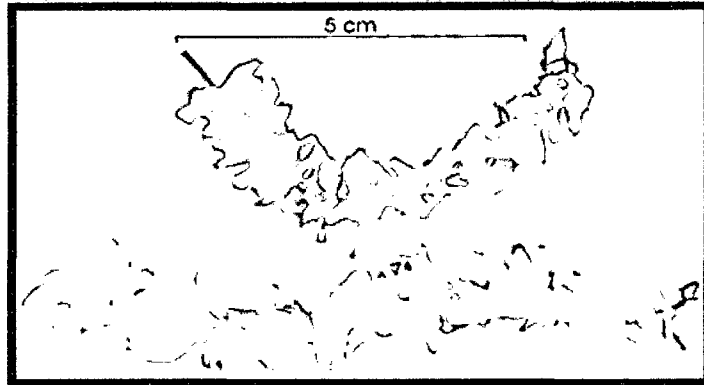
Anexo 08

Flor de *Terminalia amazonia* y partes observadas



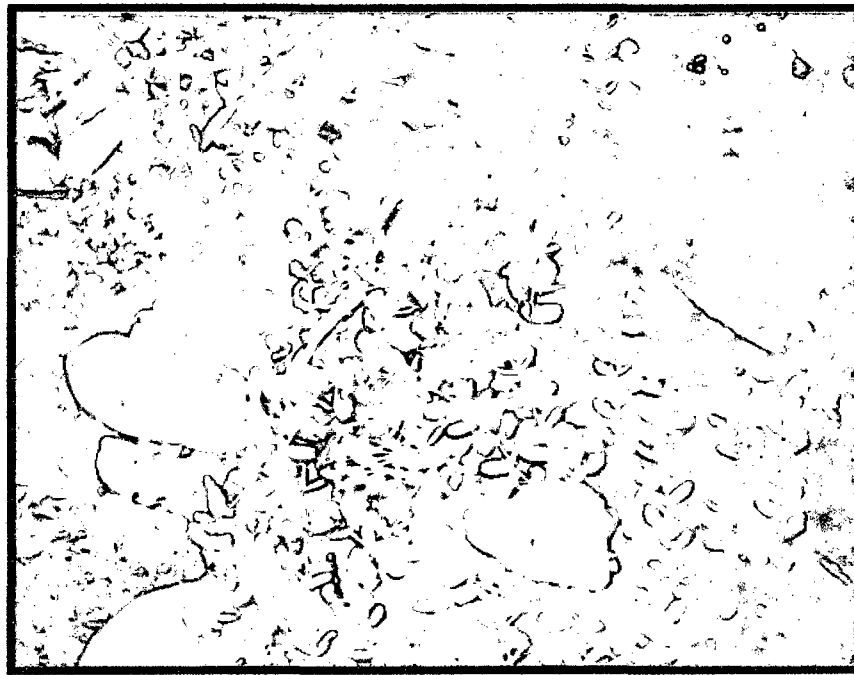
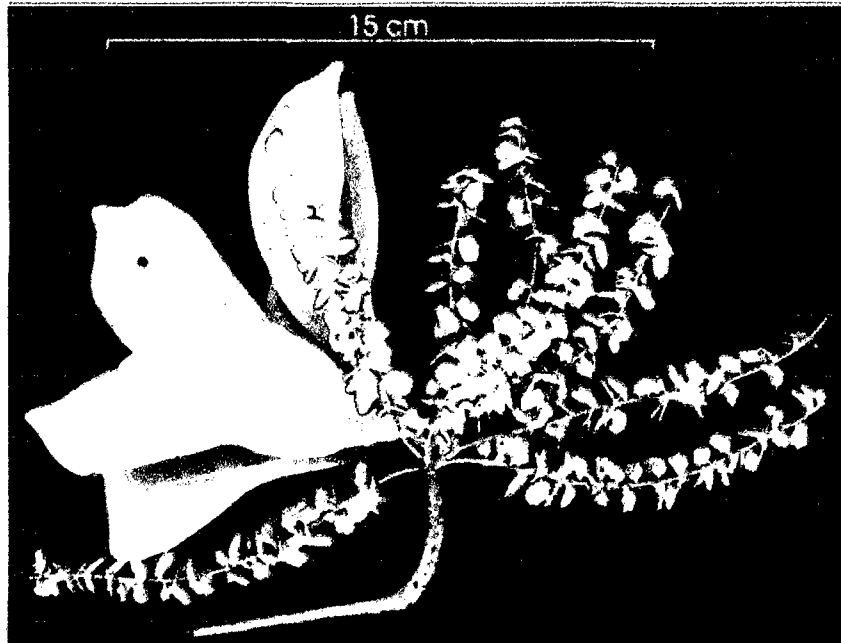
Anexo 09

Semilla de *Terminalia amazonia* y partes observadas



Anexo 10

Estructura de frutos inmaduros de *T. amazonia*



Anexo 11

Corteza; Textura fibrosa de *T. amazonia*



Anexo 12

Hojas de *T. amazonia*



Anexo 13

Constancia de identificación de la especie *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, otorgado por el Director del Laboratorio de Dendrología y Herbario Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina; Carlos Reynel Rodríguez Ph.D.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203 / 244, APDO. 12 -056 LA MOLINA LIMA PERU



CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud de Einstein Bravo Campos, estudiante de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Cajamarca sede Jaén, se proporciona la identidad del espécimen indicado, el cual se halla depositado en el Herbario Forestal (MOL)

Procedencia : Caserío Huarandoza, distrito Huarango, provincia San Ignacio
Altitud: 990 msnm

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA
<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell	Ciricuna, amarillón	COMBRETACEAE

Determinador: **Carlos Reynel Rodríguez Ph.D.**
Profesor Principal
Director del Laboratorio de Dendrología
y Herbario Forestal

La Molina, 03 de septiembre de 2012

* ROGAMOS A LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DEL HERBARIO FORESTAL MOL. TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES PROPORCIONADOS.

ARCHIVO FOTOGRAFÍCO



Imagen 01: Árbol semillero - *Terminalia amazonia* **Imagen 02:** Muestras de semillas secas y lista para el ensayo de germinación

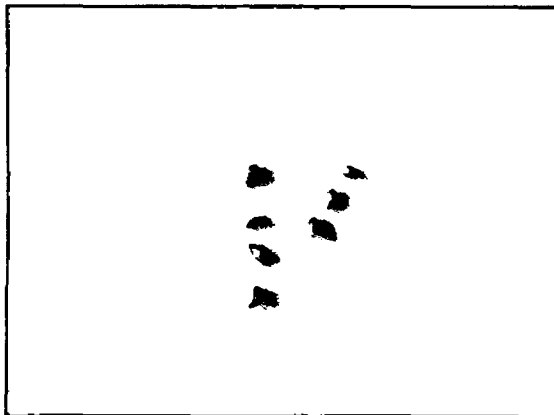


Imagen 03: Semillas enteras sin recubierta alada (endocarpo fibroso) **Imagen 04:** Semillas seccionadas longitudinalmente para hacer uso del tetrazolio y no ha presentado coloraciones en embrión (Método indirecto)



Imagen 05: Semillas seccionadas **Imagen 06:** Preparación de muestras longitudinalmente para observación para realizar el ensayo de germinación macroscópica y no se halló embrión

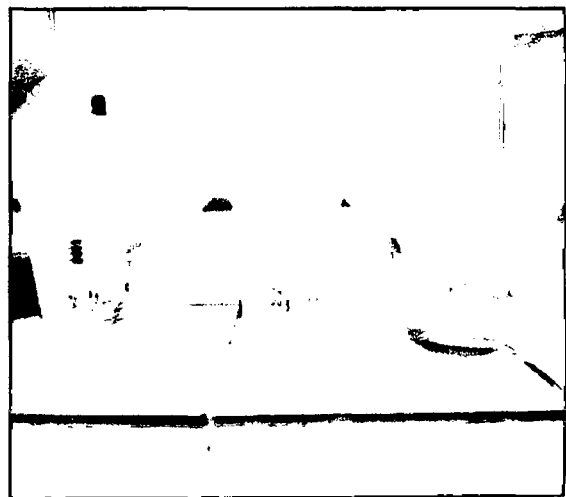


Imagen 07: Reactivo Ag_3 : 1000 y 2000 ppm **Imagen 08:** Reactivo KNO_3 : 1000 y 2000 ppm

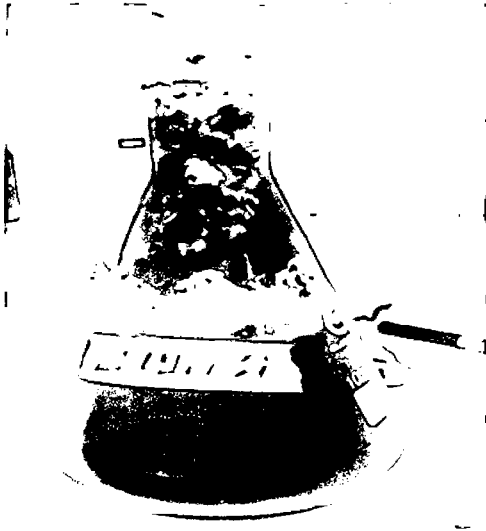


Imagen 09: Obtención de Celulasa a través de materia orgánica



Imagen 10: Semilla embebida con AG_3 para ubicarlos en sus respectivos sustratos

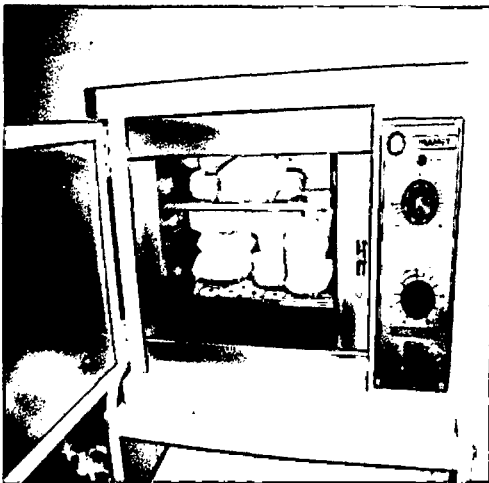


Imagen 11: Esterilización de las placas Petri



Imagen 12: Semilla embebida con KNO_3 para ubicarlos en sus respectivos sustratos

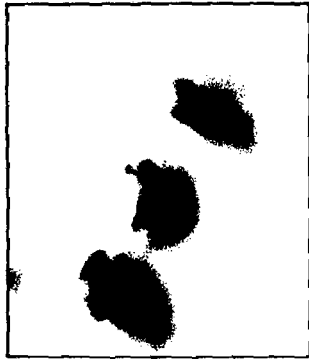


Imagen 13: Semillas tratadas, al inicio del experimento (no embebidas)

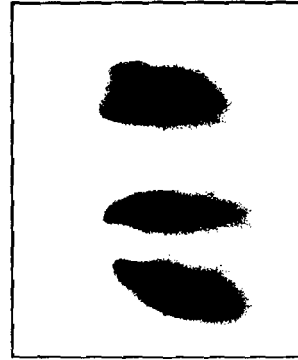


Imagen 14: Semillas tratadas, embebidas y no hay germinación al final del experimento

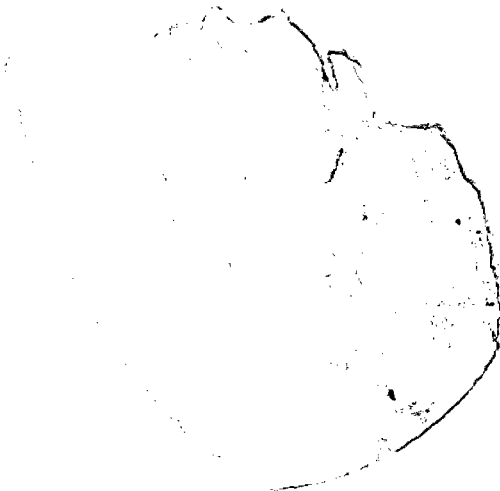


Imagen 15: Endospermo, no hay presencia de embrión, determinada con eosina

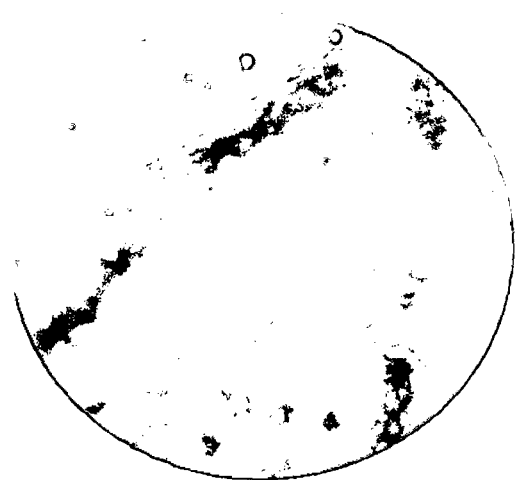


Imagen 16: Tejido con abundante presencia de sustancias aceitosas determinada con eosina

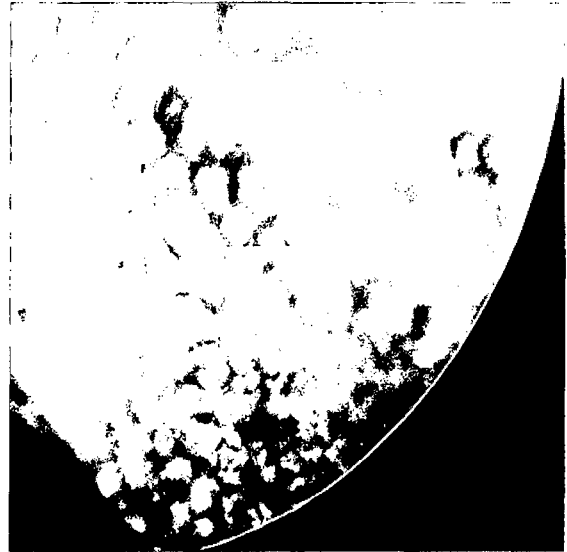
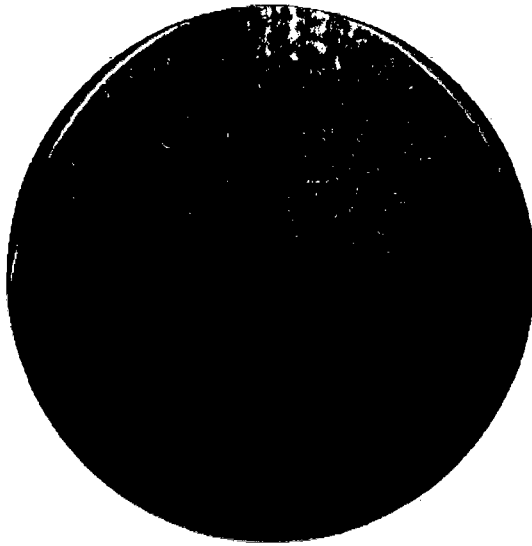


Imagen 17: Tejido endospermatico, determinado con Azul de metileno

Imagen 18: Tejido endospermatico de la semilla, no se observa tejido embrionario, determinado con Azul de metileno

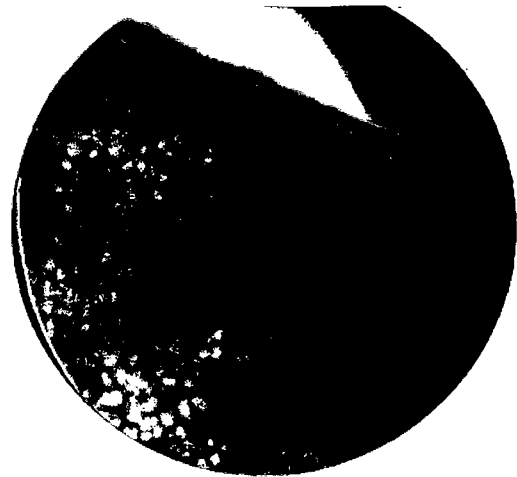


Imagen 19: Tejido endospermatico, determinado con Rojo neutro

Imagen 20: Tejido endospermatico de la semilla, no se observa tejido embrionario, determinado con Rojo neutro

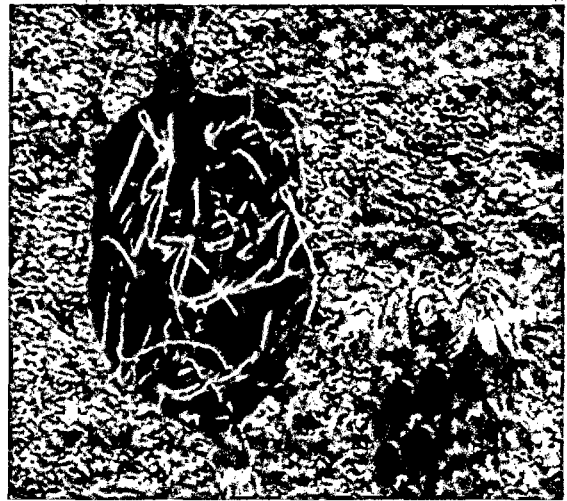


Imagen 21: Acodo aéreo preparado con **Imagen 22:** Enraizamiento del acodo AIB 200 ppm para el proceso de aéreo, la cual ha sido inducido por el AIB enraizamiento 200 ppm



Imagen 23: Restos de árboles muertos a causa de la agricultura migratoria **Imagen 24:** Restos de árboles muertos a causa de la agricultura migratoria



Imagen 25: Restos del árbol aserrado **Imagen 26:** Frutos vanos sin semillas a con fines de construcción de casas y causa de la fragmentación total de la otros especie



Imagen 27: Diversidad fitosociológica de *Terminalia amazonia* **Imagen 28:** Árbol relicto de *Terminalia amazonia* rodeado de pastos con otras especies arbóreas y sin regeneración natural, también no podrá tener una polinización cruzada

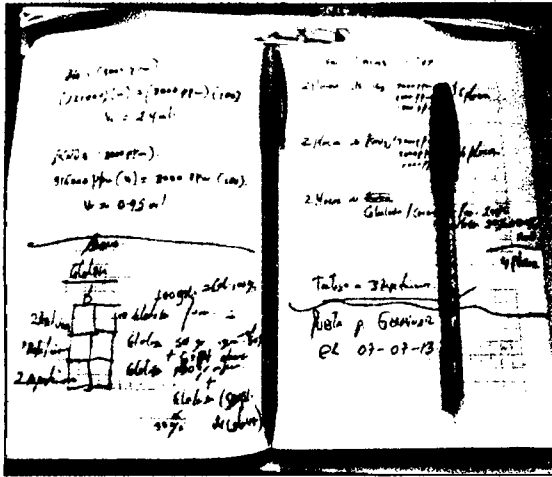


Imagen 29: Libreta de apuntes en la etapa de Gabinete

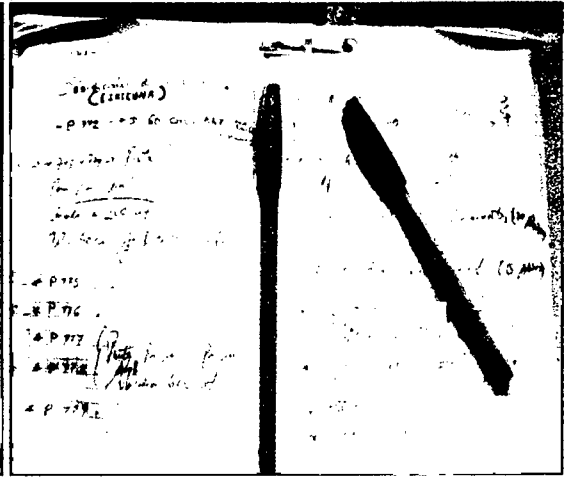


Imagen 30: Libreta de apuntes en la etapa de Campo



Imagen 31: Especimen de *Terminalia Amazonia*, en el herbario de la UNALM



Imagen 32: Vista panorámica del valle o área de presencia de la especie relicta de *T. Amazonia*