

**Madre de Dios Capital de la Biodiversidad**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y MEDIO**  
**AMBIENTE**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN**



**Siembra directa de semillas de *Ochroma pyramidale* aplicando dos densidades para la recuperación de los suelos degradados por la actividad minera, Virgen de la Candelaria, Inambari – Madre de Dios**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:**

**Dr. Ing. Emer Ronald Rosales Solórzano**

**CO-INVESTIGADOR(ES):**

Ing. Pablo Cesar Huayllani Huamani

Abog. Raul Andy Huanaco Huanca

**Madre de Dios - Perú**

**2017**

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Sector de Virgen de la Candelaria, distrito de Inambari del departamento de Madre de Dios, tuvo como objetivo evaluar el desarrollo por siembra directa de semillas de *Ochroma pyramidale* para la remediación de las áreas degradadas por la actividad minera. El método aplicado fue un diseño experimental, investigación del tipo aplicado cuantitativo y explicativo. El crecimiento en altura promedio fue de 18,98 mm y su germinación 43,98 %, que comparado las dos densidades de siembra de 1x2 m y 2x4 m resultó ser diferente estadísticamente ( $\alpha = 0,05$ ). Así mismo la mortandad promedio encontrada fue 52,05 % es decir ligeramente alto, no habiendo diferencia estadística entre densidades de siembra.

Palabras clave: siembra, crecimiento, germinación, mortandad, Madre de Dios.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Sector of Virgen de la Candelaria, Inambari district of the department of Madre de Dios, aimed to evaluate the development by direct sowing of seeds of *Ochroma pyramidale* for the remediation of areas degraded by mining activity. The applied method was an experimental design, applied quantitative and explanatory type research. The average height growth was 18.98 mm and its germination 43,98%, which compared the two planting densities of 1x2 m and 2x4 m was statistically different ( $\alpha = 0,05$ ). Likewise, the average mortality found was 52,05%, that is, slightly high, there being no statistical difference between planting densities.

Keywords: sowing, growth, germination, mortality, Madre de Dios.

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Crecimiento en altura a los 45 días de siembra.

Tabla 2: Análisis de varianza del crecimiento en altura a los 45 días de siembra.

Figura 1: Prueba Tukey del crecimiento en altura a los 45 días de siembra.

Tabla 3: Germinación en porcentaje a los 45 días de siembra.

Tabla 4: Análisis de varianza de porcentaje a los 45 días de siembra.

Tabla 5: Mortandad en porcentaje a los 45 días de siembra.

Tabla 6: Análisis de varianza de mortandad a los 45 días de siembra.

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Prueba Tukey del crecimiento en altura a los 45 días de siembra.

Figura 2: Prueba Tukey de la germinación a los 45 días de siembra.

# CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	7
2.1. Identificación del problema.....	7
2.2. Formulación del problema.....	8
2.3. Justificación e importancia.....	8
<b>3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	9
3.1. Objetivos.....	9
3.1.1. Objetivo general.....	9
3.1.2. Objetivos específicos:.....	9
3.2. Hipótesis.....	9
3.2.1. Hipótesis general.....	9
3.2.2. Hipótesis específicas:.....	10
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
4.1. Antecedentes de la Investigación.....	11
4.2. Definiciones de términos.....	15
4.2.1. Restauración Ecológica.....	15
4.2.2. Suelos degradados.....	16
4.2.3. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.....	16
4.2.4. Calidad del Suelo.....	17
4.2.5. Fijadores de Nitrógeno (Nutrientes).....	17
4.2.6. Especies forestales.....	18
4.2.7. Actividad Minera.....	18
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	19
5.1. Tipo de estudio.....	19
5.2. Lugar de estudio.....	19
5.3. Metodología y procedimientos.....	19
5.3.1. Materiales, equipos y herramientas.....	19
5.3.2. Método.....	19
5.3.3. Procedimientos.....	20
5.4. Análisis estadístico.....	20
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	21
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	25
<b>8. RECOMENDACIONES</b> .....	25
<b>9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	26

<b>ANEXOS</b> .....	30
<b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE PARCELAS</b> .....	31
<b>INSTALACIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL</b> .....	32
<b>EVALUACIÓN DE PLANTULAS DE <i>Ochroma pyramidales</i></b> .....	33
<b>MAPA DE UBICACIÓN</b> .....	34

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde finales de los ochenta se ha producido un importante cambio de paradigma en la visión de los ecólogos acerca de la naturaleza del cambio en los ecosistemas (McIntosh 1999, Simpson 2002, Pickett y Cadenasso 2006). Mientras algunos autores hablan de un "nuevo paradigma" sobre la sucesión (Pickett y Ostfeld 1995) que se ha intentado formalizar en teorías más generales (Wu y Loucks 1995). La interpretación más extrema corresponde a Simpson (2002) quien propone abandonar la teoría de la sucesión ecológica para interpretar el cambio en la naturaleza. Para él "el clima, suelo y otros factores locales no definen un ecosistema sino más bien señalan los límites acerca de sus posibilidades.

Según Guariguata (1999) uno de los paradigmas de la restauración de áreas degradadas es que tal práctica debe ser llevada a cabo de manera que se acelere el proceso de sucesión vegetal, a fin de recobrar sus atributos funcionales y estructurales previos a la perturbación, pero a la vez, minimizando el capital económico y humano.

Darwin establece que los principios de selección bajo domesticación son de tres tipos: metódico, inconsciente y natural, aunque los tres tipos de selección son naturales, la selección metódica es la que realiza el hombre con fines predeterminados. La selección inconsciente, es aquella que resulta de actividades humanas no deliberadas para producir cambios en el organismo involucrado (Darwin, 1895; Heiser, 1988).

La domesticación es un evento relativamente reciente en la evolución vegetal, los registros más antiguos de cambio fenotípicos asociados con la domesticación de plantas datan aproximadamente 10.000 años (Ladizinski, 1985; Harlan, 1992a)

## **2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1. Identificación del problema**

Dentro de las actividades que presentan más riesgos para el deterioro del entorno natural, está la explotación minera, bien sea superficial o subterránea, ya que está ligada a una serie de acciones o intervenciones por parte del hombre. El proceso de suministro de minerales comienza con la etapa de explotación, en la cual el recurso minero es convertido de su fuente geológica a un producto disponible al mercado, a través de una serie de fases o etapas que comprende la industria minera (Ibarra, 1999). A partir de esto, el impacto que se ha producido en algunos de los lugares donde se realizan estas actividades extractivas, ha sido irremediablemente negativo, provocando modificaciones a la cobertura superficial del suelo (Morfología), alteraciones al paisaje natural (cortes, rellenos, excavaciones) produciendo daños al paisaje geográfico que sirve de asiento a las formas de vida presentes, además del impacto visual negativo que se presenta por el contraste de las formas del relieve, producto de la extracción. (Montiel & Villareal, 2004).

En Madre de Dios se calcula que hay más de 30 000 mineros operando con equipos cada vez más pesados y sofisticados, como cargadores frontales, camiones y dragas de diverso tipo. Existe una creciente conflictividad ambiental y social: El 99% de las operaciones mineras son informales, y varios de más de 1 546 petitorios mineros se superponen con áreas naturales protegidas, sus zonas de amortiguamiento y en tierras de pueblos indígenas. Se calcula que estas operaciones han destruido más de 32 000 ha. De bosques y contaminado gravemente varios ríos de la región con mercurio y otros contaminantes. Así mismo la minería también destruye el paisaje, la fauna y la flora, afectando la industria turística, que representa una importante fuente de ingresos para muchas regiones amazónicas, y en Madre de Dios, es la primera actividad económica formal. (IIAP & MINAM, 2011).

## 2.2. Formulación del problema

En zonas como Madre de Dios esta actividad extractiva continúa siendo tan dañina y arcaica como fue a inicios del siglo XX (Mochizuki, 2014). Por tanto, se formula el problema central de la manera siguiente: ¿En qué medida la aplicación de dos densidades de siembra directa de especies y *Ochroma pyramidale* permite la recuperación de suelos degradados por la actividad minera en Madre de Dios?

## 2.3. Justificación e importancia

Los nutrientes son aquellos que ayudan al desarrollo de las plantas beneficiándose en la formación de raíces, crecimiento y tamaño de los árboles, gracias a la propiedad que se incorporan al suelo. Lo que la investigación pretende es optimizar las ventajas que nos brinda estos productos, para contrarrestar de alguna manera la falta de nutrientes en la zona, y así el prendimiento y desarrollo de las plantas a nivel de campo.

Los resultados de la presente investigación darán lugar a una detallada descripción de los pasos a seguir en el momento de identificar un área afectada por alguna actividad minera, la cual requiera ser intervenida y positivamente aprovechada. El modelo propuesto está dirigido a identificar y proponer las herramientas necesarias, tales como monitoreo y vigilancia, Análisis de decisiones, entre otras, de manera que el proceso de recuperación sea exitoso y cumpla las expectativas sociales, económicas, productivas y ambientales. El modelo propuesto estará dirigido a ser utilizado por cualquier organización interesada en los temas de recuperación de áreas y zonas que por algún motivo hayan sido afectadas por actividades mineras que no hayan realizado efectivos cierres de minas.

Debido a la escasa información que se tiene acerca de la utilización de nutrientes en las plantaciones forestales, es necesario realizar ésta investigación cuyos resultados vayan encaminados al beneficio del conocimiento de técnicos forestales, y determinar hasta qué punto se logra el desarrollo de las especies forestales en los suelos degradados por la actividad minera.

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 3.1. Objetivos

##### 3.1.1. Objetivo general

- Evaluar el desarrollo por siembra directa de semillas de *Ochroma pyramidale* para la remediación de las áreas degradadas por la actividad minera.

##### 3.1.2. Objetivos específicos:

- Comparar el efecto de dos densidades en el crecimiento en altura de la especie *O. pyramidale* a los 45 días de siembra.
- Determinar el porcentaje de germinación la especie *O. pyramidale* en función a dos densidades a los 45 días de siembra.
- Determinar el porcentaje de mortandad de la especie *O. pyramidale* en función a dos densidades a los 45 días de siembra.

#### 3.2. Hipótesis

##### 3.2.1. Hipótesis general

- Ha: La aplicación de la densidad de siembra directa de *O. pyramidale* ayuda en el crecimiento y recuperación de las áreas degradadas por la actividad minera.
- Ho: La aplicación de la densidad de siembra directa de *O. pyramidale* dificulta el crecimiento y recuperación de las áreas degradadas por la actividad minera.

### 3.2.2. Hipótesis específicas:

- Ha: Las densidades de crecimiento en altura de la especie *O. pyramidale* a los 45 días de siembra permiten el rápido crecimiento en las áreas degradadas por minería.
- Ho: Las densidades de crecimiento en altura de la especie *O. pyramidale* a los 45 días de siembra no permiten el rápido crecimiento en las áreas degradadas por minería.
  
- Ha: El porcentaje de germinación de la especie *O. pyramidale* en función a dos densidades a los 45 días de siembra es lo óptimo.
- Ho: El porcentaje de germinación de la especie *O. pyramidale* en función a dos densidades a los 45 días de siembra no es óptimo.
  
- Ha: El porcentaje de mortandad de la especie *O. pyramidale* en función a dos densidades a los 45 días de siembra es lo adecuado.
- Ho: El porcentaje de mortandad de la especie *O. pyramidale* en función a dos densidades a los 45 días de siembra no es adecuado.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Antecedentes de la Investigación

El estudio de cuatro especies forestales tropicales de Costa Rica a la aplicación del *Rhizophagus fasciculatum* en vivero y campo fue el objetivo de Hernández y Salas (2009). En la fase de vivero se evaluó el diámetro basal, altura total, peso seco del follaje y radicular, absorción de nutrimentos en el follaje y el sistema radicular. En campo se cuantificó altura total, diámetro, y absorción de nutrimentos en el follaje. Los resultados mostraron mayores incrementos promedio en todos los tratamientos inoculados (ronrón, *Astronium graveolens*, la teca, *Tectona grandis* y el amarillón, *Terminalia amazonia*) así como en la absorción de nutrimentos como el Mg, Cu, Zn, Mn y Fe, tanto en el follaje como en el sistema radicular.

En la reserva de la biosfera de Chamela-Cuixmala en México fueron inoculadas en vivero seis especies tropicales con especies micorrícicas procedentes del sitio destinado a la reforestación donde Huante et al., (2012) después de un año de evaluación determinó que las especies involucradas en el experimento difieren en su capacidad para beneficiarse de los HMA y la mayor capacidad de respuesta en altura de la planta y la producción de hojas fue exhibido por las especies de crecimiento lento *Swietenia humilis*, *Latiflora hintonia* y *Cordia alliodora*. Al final de la temporada de crecimiento (noviembre), la altura de las plantas de las especies de crecimiento rápido *Tabebuia donnel-smithii*, *Ceiba pentandra* y *Guazuma ulmifolia* no fueron influenciados por HMA. Sin embargo, los inóculos de HMA aumentaron la producción de hojas de todas las especies vegetales, independientemente de las características funcionales de las especies, lo que sugiere un mejor aprovechamiento del espacio sobre el suelo y la generación de un ambiente limitado luz bajo el dosel, lo que contribuyó a la supresión de pastos. La inoculación de las plántulas sembradas en áreas de pastizales abandonados se recomienda para la restauración ecológica debido a la alta capacidad de respuesta de crecimiento de las plántulas en la mayoría de las especies.

En Los Tuxtlas, Veracruz. Álvarez et al., (2007) analizaron el efecto de los hongos micorrícicos arbusculares sobre el crecimiento y la supervivencia de dos especies plántulas (*Piper auritum* y *Rollinia jimenezzi*) en la primera etapa en invernadero donde el factor de micorrización produjo diferencias significativas en el peso seco foliar y proporción del área foliar, posteriormente fueron trasplantadas en áreas degradadas derivadas de las selva tropical húmeda destacándose las plantas micorrizadas con diferencias significativas en tres de las variables dasométricas de la planta y aumento la sobrevivencia de las mismas en campo. Se determinó que la utilización de diferentes gremios tiene mayores posibilidades de éxito en la restauración debido a las respuestas ecofisiológicas diferentes de acuerdo a las condiciones ambientales.

Rodríguez et al., (2011) en el análisis de los hongos micorrícicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales concluye que en el establecimiento de plantaciones forestales comerciales y reforestación con especies de maderas preciosas como las meliáceas para satisfacer la demanda creciente de madera, deben incluirse los HMA como un factor obligado para incrementar los contenidos nutrimentales de las plantas y por lo tanto mejorar su crecimiento y producción, disminuyendo el tiempo de las primeras etapas de crecimiento de *Cedrela odorata* en las que es susceptible al ataque de la principal plaga “el gusano barrenador” (*Hypsipylla grandella* Z.). Esto implicaría hacer modificaciones en las prácticas comunes de los sistemas de producción de planta de los viveros, que pudieran resultar perjudiciales al establecimiento y funcionamiento de la simbiosis afectando la relación costo-beneficio del mantenimiento de la simbiosis.

Medina (2007) manifiesta que se ha perdido las capas superficiales de suelo, y recomienda, utilizar “especies arbóreas pioneras con capacidad de formar simbiosis con bacterias diazotróficas”, de manera que puedan generar el nitrógeno necesario y obtengan mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes

Moschella (2011) manifiesta que como parte de la investigación se visitó la localidad de Fortuna, ubicada en la margen izquierda del río Madre de Dios y a 28 km. al Noreste de la desembocadura de la cuenca Huacamayo, para observar el

crecimiento de vegetación natural en zonas mineras antiguas. Miembros de la comunidad señalaron que este proceso es común y sucede rápidamente; en 5 meses empieza a crecer vegetación como caña brava, topa y cola de caballo, y en 3 años ya se cubre de vegetación que obstruye el acceso. Así mismo se aprecia una de las primeras etapas de la sucesión donde predominan el crecimiento de especies pioneras heliófilas sobre zonas mineras abandonadas hace unos 12 años, sin medidas de restablecimiento del suelo o la morfología. El microclima más húmedo y con sombra que generan estas especies permite el desarrollo de otras, haciendo más diversa la composición vegetal. Asimismo, la acumulación de restos orgánicos de las plantas contribuye a la formación de suelos.

La producción media anual de hojarasca aportada por cada especie forestal es elevada, aunque se distinguen dos grupos: Espina corona y Mora, más Guayaibí y Urunday. La densidad aparente arrojó valores considerados bajos a normales para suelos forestales, variando entre 0.83 y 1.06 g cm<sup>-3</sup> dada la alta macro porosidad. La porosidad total hallada en todos los casos varió entre 59 % y 68 %. La relación uP/MP en todos los sitios indicó una ausencia de compactación de suelo. Respecto a los valores de materia orgánica edáfica los valores se consideran altos, estableciéndose también dos grupos diferentes de sitios forestales: Espina corona y Mora por un lado y, por el otro, Urunday y Guayaibí, lo que influyó decisivamente en las propiedades físicas del suelo.

La estructura del horizonte Ah fue clasificada como migajosa encontrándose en el subsuelo, estructuras en bloques. Con respecto a la infiltración del agua en suelo se observa que Espina corona, Guayaibí y Mora muestran una buena estructura superficial de acuerdo a los valores de K obtenidos, pero sólo Espina corona y Mora muestran una buena capacidad de transmisión de agua en el perfil, con valores de n más altos. Los valores hallados para la conductividad hidráulica también determinaron dos agrupaciones: Una que refleja una permeabilidad medianamente alta (Espina corona y Mora); y otra con valores medios (Urunday y Guayaibí). La mayor producción anual de hojarasca aportada por las dos primeras especies forestales (Espina corona y Mora) determinan una mejor permeabilidad bajo esas mismas especies. Los datos analizados reflejan que las diferencias entre las propiedades físicas de los suelos se deben al aporte diferencial de hojarasca

proveniente de las distintas especies forestales consideradas que, a su vez, originan diferencias en los porcentajes de materia orgánica edáfica. Como consecuencia de ello, en los bosques polifíticos estudiados, se debe originar con el tiempo una variabilidad espacial bastante notable, a pesar de radicarse las especies sobre el mismo suelo y estar muy próximas entre sí Prause et al. "s.f"

Los impactos de la deforestación no se reducen únicamente a la pérdida de la biomasa arbórea o la biodiversidad acompañante. Dependiendo de la intensidad y frecuencia de las perturbaciones la estructura y composición florística del bosque puede cambiar marcadamente. Los espacios de recolonización de la vegetación serán ocupados por especies pioneras con poca similitud fisonómica y taxonómica con el bosque original (Laurance & Delamônica, 1998; Laurance et al, 1998).

Los resultados encontrados en el presente estudio de regeneración natural, muestran que las especies Más abundantes en el bosque de llanura aluvial son *Mabea maynensis* (Euphorbiaceae) y *Schweilera parvifolia* (Lecythidaceae), observándose que son especies pioneras sobre la fase de recuperación dentro de las áreas perturbadas en los bosques de llanura aluvial en el río nanay. (Campos, 2009)

Los dos grandes gremios que se reconocen son las especies esciófitas (que toleran sombra) por un lado y por otro las heliófitas (que requieren luz). Sin embargo, la simple división en estos grupos es muy amplio, y a veces contradictorio debido a que la dinámica del bosque puede exponer al árbol a cambios drásticos de regímenes lumínicos durante su vida (Whitmore, 1984). Finegan y Delgado (1997) identifica tres gremios: Heliófitas efímeras, Heliófitas durables y Esciófitas.

El distanciamiento de los árboles depende de los propósitos de la plantación, para el objetivo de producción de semilla se debe sembrar a una distancia de 3 a 5 metros, pues ésta permitirá el desarrollo normal del follaje, sin interferencia entre los extremos de las ramas.

## 4.2. Definiciones de términos

### 4.2.1. Restauración Ecológica

La acción de la restauración ecológica consiste en rehabilitar aquellos ambientes que se encuentran degradados y restablecerlos a sus condiciones naturales originales o, si éstas no son posibles, crear otras que sean similares al hábitat afectado y que compense aceptablemente los daños causados (Hobbs y Norton, 1996). Bradshaw (1990) señala que existen cuatro enfoques en la restauración de comunidades biológicas y de los ecosistemas:

- Ausencia de acción. Es cuando se deja a que el ecosistema se recupere por sí mismo, conocido también como restauración pasiva. Un ejemplo son los campos de cultivo abandonados, que después de algunas décadas se convierten en acahuales y, con un poco de suerte, en bosques.
- Rehabilitación. Es cuando se reemplaza un ecosistema degradado por otro que tenga un cierto tipo de productividad, utilizando pocas o muchas especies. Un ejemplo es el reemplazo de un área de bosque degradado por un pastizal productivo.
- Restauración parcial. Consiste en restaurar por lo menos algunas de las especies dominantes originales y ciertas funciones del ecosistema. Por ejemplo, la plantación de árboles nativos en un bosque degradado.
- Restauración completa. Consiste en restaurar el área con su composición de especies, estructura y funciones originales por medio de un programa activo de modificación del sitio y de reintroducción de las especies.

En todos los casos la restauración trata de devolver a los sistemas degradados alguna forma de cobertura vegetal protectora, productiva, estéticamente agradable o valiosa en sentido de conservación. También persigue desarrollar sistemas auto sostenibles a largo plazo.

#### 4.2.2. Suelos degradados

Hurtado (2002). La degradación comienza generalmente como consecuencia de la eliminación de la cubierta vegetal. Una vez iniciada, hay diversos procesos que intervienen con posterioridad: erosión, salinización, contaminación, degradación física, degradación química y degradación biológica.

LAL (1990). La degradación de los suelos es un proceso que conlleva a un deterioro progresivo de la calidad del suelo. En los últimos años la degradación de este sistema se ha incrementado debido, principalmente a la implementación de agricultura intensiva y al empleo indiscriminado de los recursos naturales disponibles, sin tener en cuenta la calidad de estos; y por último, a fenómenos de interacción ambiental, lo que está llevando no solo a la disminución de rendimientos de los cultivos de calidad y cantidad, sino también de los procesos de degradación de suelos. La degradación de suelos, tiene como consecuencias fundamentales para conservación de biodiversidad y se puede citar entre ellos:

- Pérdida de elementos nutrientes
- Modificación de las propiedades físico – químico.
- Deterioro del estado estructural del suelo.
- Disminución de la capacidad de retención del agua en el perfil.
- Pérdidas físicas de los componentes del suelo.
- Incremento de la toxicidad

#### 4.2.3. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente (Singer y Ewing, 2000). Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad

aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

Los indicadores químicos se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos (SQI, 1996). Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable.

Los indicadores biológicos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen funciones como la tasa de respiración, ergosterol y otros subproductos de los hongos, tasas de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana (SQI, 1996; Karlen et al., 1997).

#### 4.2.4. Calidad del Suelo

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos. La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter et al., 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig et al., 1995).

#### 4.2.5. Fijadores de Nitrógeno (Nutrientes)

Los biofertilizantes pueden definirse, según Martínez y Dibut (1986 a y b) como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que al incrementar sus poblaciones por medio de la

inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo, así como suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento. Ferrer y Herrera (1991), Ruíz et al. (1993) y Hernández (1997), agrupan en este concepto a todos los organismos vivos capaces de brindar algún beneficio a las plantas y los clasifican en dos grandes grupos: los de acción directa, entre los que se encuentran los microorganismos fijadores simbióticos de nitrógeno y las Micorriza Vesículo Arbuscular (MVA) y las de acción indirecta que incluyen los solubilizadores de fósforo, los fijadores de nitrógeno atmosférico de vida libre y los estimuladores de crecimiento vegetal, representados por varios géneros.

#### 4.2.6. Especies forestales

Grupo taxonómico específico de flora que se desarrolla en bosques natural, plantaciones y aisladamente. Hay variados ejemplos de especies forestales nativas del Perú que presentan Heterostilia; uno de ellos es el árbol de Laurel o *Añayo Caspi*, *Cordia alliodora* (Boshier y Lamb, 1997) citado por Reynel et al., (2013).

#### 4.2.7. Actividad Minera

Son las acciones conducentes al evidenciar indicios de mineralización que buscan demostrar dimensiones, características, reservas y valores del área de interés geológico. Las etapas que implica son: exploración (cateo y prospección), construcción, producción, beneficio, comercialización y operación paralizada y cierre. Matta et al., (2012).

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1. Tipo de estudio

Este estudio es del tipo investigación experimental, según el objeto, investigación para la planeación y prospectivo.

### 5.2. Lugar de estudio

Ubicación:

Departamento	:	Madre de Dios
Provincia	:	Manu
Distrito	:	Inambari
Sector	:	Virgen de la Candelaria

### 5.3. Metodología y procedimientos

#### 5.3.1. Materiales, equipos y herramientas

- Vernier digital
- Cámara fotográfica
- Balanza electrónica
- Barreno
- Semillas
- Nutrientes
- Rafia
- Pico
- Postes

#### 5.3.2. Método

El trabajo de investigación método experimental comparativo y explicativo.

### 5.3.3. Procedimientos

#### Instalación de parcelas

Se instaló 6 parcelas de 10 x 10 m y se protegió con rafia de colores para diferenciar los bloques del diseño.

#### Marcación

Se procedió a marcar con un zapapico los lugares donde se colocó las semillas.

#### Siembra de las semillas

La siembra de la semilla se realizó de forma manual y colocación de la misma en el suelo. Se hizo un agujero de acuerdo al distanciamiento de 1x2m y 2x4 m de densidad de siembra para cada tratamiento, colocando dos semillas por agujero, de esta forma se garantizó la germinación de por lo menos una planta por postura.

#### Fertilización

Se aplicó macronutrientes, a una dosis de 40 g por planta, con el fin de que las semillas aprovechen el fertilizante.

### 5.4. Análisis estadístico

El diseño experimental instalado fue de 3x2. Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA), con una prueba de Fisher a un nivel de significancia  $\alpha$  0,05, se utilizará la prueba de medias utilizando la prueba de Tukey.) para saber cuál de las especies y distanciamiento resultan mejor en el crecimiento en dichos suelos degradados.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tabla 1: Crecimiento en altura a los 45 días de siembra.

Bloques	Tratamiento (mm)		Media
	T1	T2	
I	13,57	19,15	16,36
II	22,84	31,18	27,01
III	10,46	16,65	13,56
Media	15,62	22,33	18,98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Análisis de varianza del crecimiento en altura a los 45 días de siembra.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Fc calculado	Ft (0,05) tabulado
Bloque	201,55	2	100,78	95,88	19,00
Tratamiento	67,40	1	67,40	64,13	18,51
Error	2,10	2	1,05		
Total	271,06	5			

Fuente: Elaboración propia.

Segun tabla 1 y 2, se observa que existe diferencia matemática así como diferencia estadística significativa al 0,05 de error, debido a que  $F_c > F_t$  por lo que es necesario hacer la prueba de comparación de promedios de Tukey tanto para bloques y tratamientos.

T1	T2
15,62	22,33
a	b

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Prueba Tukey del crecimiento en altura a los 45 días de siembra.

Según la figura 1, hecho la prueba de comparación de promedios por Tukey se ratifica la diferencia estadística del crecimiento en altura entre los dos tratamientos de densidad de siembra, diferencia que también encontró en otras especies forestales Martínez y Dibut (1986) y el efecto de los nutrientes proporcionados tal como indica Hurtado (2002).

Tabla 3: Germinación en porcentaje a los 45 días de siembra.

Bloques	Tratamiento		Media
	T1	T2	
I	50,06	42,25	46,16
II	48,21	40,36	44,29
III	47,32	35,69	41,51
Media	48,53	39,43	43,98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Análisis de varianza de porcentaje a los 45 días de siembra.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado	F (0,05) tabulado
Bloques	21,90	2	10,95	4,55	19,00 N:S
Tratamientos	124,12	1	124,12	51,57	18,51 *
Error	4,81	2	2,41		
Total	150,84	5			

Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 3 y 4, se observa que existe diferencia matemática así como diferencia estadística significativa al 0,05 de error para tratamientos, debido a que  $F_c > F_t$  por lo que es necesario hacer la prueba de comparación de promedios de Tukey, mientras que para bloques no hay diferencia estadística significativa porque  $F_c > F_t$ .

T1	T2
48,53	39,43
a	b

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Prueba Tukey de la germinación a los 45 días de siembra.

Según la figura 2, hecho la prueba de comparación de promedios por Tukey se ratifica la diferencia estadística de la germinación entre los dos tratamientos de densidad de siembra. Diferencia que se debió a las condiciones dadas a las semillas como en almácigo de vivero manifestado por Hernandez y Salas (2009) y a los macro nutrientes proporcionados que indica Hurtado (2002).

Tabla 5: Mortandad en porcentaje a los 45 días de siembra.

Bloques	Tratamiento (%)		Media
	T1	T2	
I	49,05	45,23	47,14
II	51,96	58,13	55,05
III	46,89	61,03	53,96
Media	49,30	54,80	52,05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Análisis de varianza de mortandad a los 45 días de siembra.

	Suma de	Grados	Promedio	Fc	Ft (0,05)
	cuadrados	de	de los	calculado	tabulado
		libertad	cuadrados		
Bloques	73,45	2	36,73	0,91	19,00 N.S
Tratamientos	45,32	1	45,32	1,12	18,51 N.S
Error	80,98	2	40,49		
Total	199,75	5			

Fuente: Elaboración propia.

Segun tabla 5 y 6, se observa que existe diferencia matemática, pero no hay diferencia estadística significativa al 0,05 de error, debido a que  $F_c < F_t$ . por lo que no es necesario hacer la prueba de comparación de promedios tanto para bloques y tratamientos.

Se deduce que el porcentaje de mortandad de las plántulas de *O. Pyramidale* en promedio fue 52,02 % lo que indica que hubo mayor mortandad en el tratamiento T2 (2x4 m) en comparación que el T1(1x2 m), debido seguramente al tiempo de siembra que fue en la época de sequia. Mortandad de semillas que se debería probablemente a la muy baja fertilidad de los suelos por ser degradado tal como lo estipula Hurtado (2002).

## 7. CONCLUSIONES

- El crecimiento en altura del *Ochroma pyramidale* a los 45 días de siembra promedio fue 18,28 mm, es decir aproximadamente 2 cm, el mayor crecimiento se tuvo en la densidad de siembra de 2x4 m que en la densidad de siembra de 1x2 m, por lo que se infiere decir que si existió efecto para recuperar áreas degradadas.
- La germinación de las semillas del *Ochroma pyramidale* a los 45 días de siembra promedio fue 43,98 %, siendo el porcentaje de germinación mejor adaptado la densidad de siembra de 1x2 m.
- El porcentaje de mortandad de las semillas del *Ochroma pyramidale* a los 45 días de siembra promedio fue 52,05 %, siendo la densidad de 1x2 m menor que la densidad de 2x4 m, lo que indica ser ligeramente alta la mortandad.

## 8. RECOMENDACIONES

- Continuar con la evaluación del crecimiento en altura del *Ochroma pyramidale* a mayor tiempo de edad (3 meses, 6 meses y un año etc.).
- Hacer siembra directa de semillas de *Ochroma pyramidale* previo tratamiento pregerminativo para acelerar su germinación.

## REFERENCIAS

- Álvarez et al. (2007). Restauración de ambientes deteriorados derivados de la selva tropical húmeda: el uso de los hongos micorrizogénicos arbusculares. *Bol.Soc. Bot.Mex.* 80. pp. 59-68.
- Bradshaw, A. D. 1990. The reclamation of derelict and the ecology of ecosystems. P.p. 53-74. En: W.R. Jordan III, M.E. Gilpin y J.D. Aber (eds.). *Restoration Ecology: A synthetic approach to ecological research.* Cambridge University Press.
- Campos Zumaeta, I. Enrique. (2009). "Evaluación de la regeneración natural de los claros en el bosque de la Llanura aluvial del río nanay, puerto Almendra - Loreto". pp-37
- Darwin C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection.* First Edition published by John Murray, London, (1859). This edition (based on the text of the First Edition) 1997. ElecBook. London.
- Finegan, B., Delgado, D. (1997). *Bases ecológicas para el manejo de Bosques tropicales.* CATTIE, Turrialba, Costa Rica.
- Guariguata, M. (1999). *Bases Ecológicas Generales para el Seguimiento de Proyectos de Restauración de Bosques.* En: *restauración ecológica y reforestación: Bogotá.* (Eugenia Ponce de León, ed.), pp. 83-95. Fundación Alejandro Escobar, Bogotá.
- Harlan R.J. (1992<sup>a</sup>). *Crops and Man.* Second Edition. American Society of Agronomy, Inc, Crop Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Heiser C.B. (1968). Aspects of unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Euphytica* 37:77-81.
- Hernández W. y Salas E. (2009). La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo. *Agronomía Costarricense* 33: pp. 17-30.
- Hobbs, R.J. y D.A. Norton (1996). Towards a Conceptual Framework for Restoration Ecology. *Restoration Ecology* 4(2):93-110

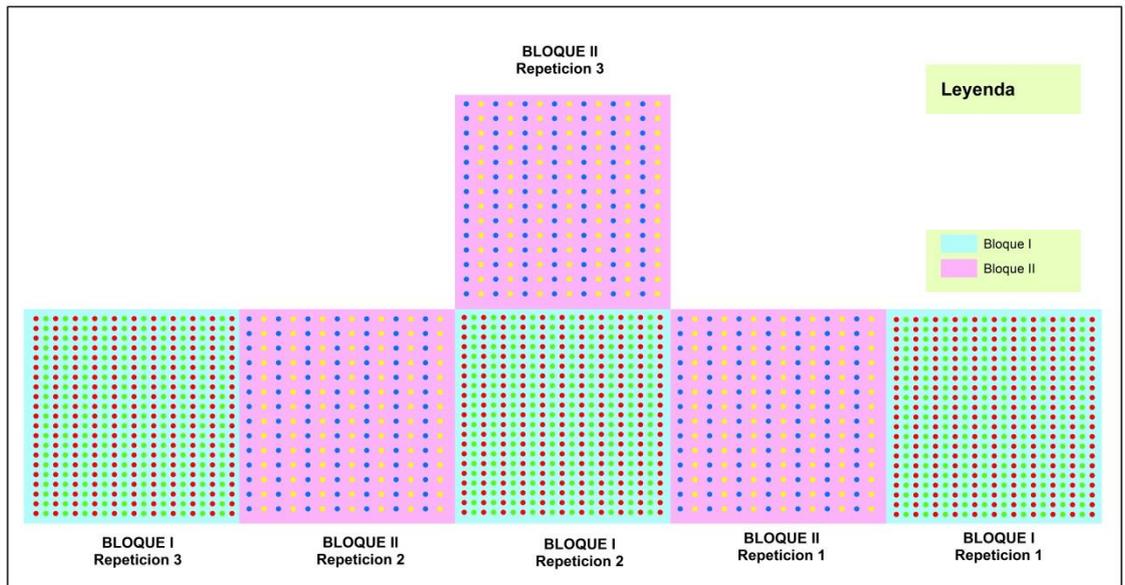
- HURTADO, L., LORENZO. (2002). Manejo y conservación del suelo. Fundamentos y prácticas. PRONAMACHS, Lima Perú.
- Ibarra, E. (1999). Guía para la aplicación de evaluaciones de impacto ambiental en la industria minera. I Jornadas de Impacto Ambiental. Maturín, Venezuela.
- Instituto de la Amazonía peruana (IIAP) & Ministerio del Ambiente. (2011). Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio. Lima-Perú: Impresión: Editorial Súper Gráfica E.I.R.L. p.15
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. y Schuman, G.E. (1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America J. 61: 4-10.
- Ladizinski G. (1985). Founder effect in cropplant evolution. Economic Botany 39(2):191-199.
- LAL, R. (1990). Soil Erosión in the Tropics. Principles and Management. United States of America MacGraw Hill, inc. 580 p.
- Laurance W, Delamônica P. (1998). Ilhas de sobrevivência na Amazônia. Ciência Hoje 24(142):26-31.
- Laurance W, Ferreira L, Rankin-de Merona J, Laurance S, Hutchings R, Lovejoy T. (1998). Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. Conservation Biology 12(2):460-4.
- Martínez, R. y B. Dibut. (1986). “La experiencia cubana en el uso de los biofertilizantes. Seminario Taller Regional “La Agricultura Urbana y el desarrollo rural sostenible”. FIDA- MINAGFundación CIARA. La Habana, Cuba, p. 106-120.
- Matta et al. (2012). Análisis económico de la actividad minera y su impacto ambiental. 06/03/2016, de Facultad de ciencias empresariales Sitio web: <https://sites.google.com/site/proyectomineria20121/proyecto-formativo-mineria>
- MEDINA CRUZ, Guillermo. (2007) “Operaciones auríferas en Madre de Dios - efectos ambientales”. Minería & medioambiente. N° 11, pp. 8-11.
- Mochizuki, L. (2014). La minería artesanal en la mira. 07/03/2016, de Pontificia Universidad Católica del Perú Sitio web: <http://puntoedu.pucp.edu.pe/noticias/la-mineria-artesanal-en-la-mira/>

- Montiel, K., & Villareal, L. (2004). Análisis multitemporal del impacto generado por la explotación minera en el medio geomorfológico de las islas de Toas (Análisis). Estado Zulia. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- MOSCHELLA MILOSLAVICH, P. (2011). Impactos ambientales de la minería aurífera y percepción local en la microcuenca Huacamayo, Madre de Dios. pp. 72,73
- Pickett S.T.A. y Ostfeld R.S. (1995). The shifting paradigm in Ecology. En: Knight R.L. and Bates S.F. (eds), A new century for natural resources management. Island Press, Washington DC. pp. 261-78.
- Pickett S.T.A. y Cadenasso M.L. (2006). Vegetation dynamics. En: Pickett S.T.A., Kolasa J. and Jones C.G. (eds), Ecological understanding. The nature of theory and the theory of nature. Academic Press Inc., San Diego, Second edition. pp. 172-98
- Prause, J. Gallardo Lancho, J. F. (Sin fecha). Influencia de cuatro especies nativas sobre las propiedades físicas de un suelo forestal del Parque Chaqueño Húmedo (Argentina). 06/03/2016, de Universidad Nacional del Nor este Sitio web: [http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/5\\_agrarias/a\\_pdf/a\\_023.pdf](http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_023.pdf)
- Reynel R.C. Toby, Pennington. T, Särkinen T, (2013). Cómo se formó la diversidad ecológica del Perú. Pp,55
- Rodríguez M, V.H., Soto E.A., Pérez M.J. y Negreros C.P. (2011). Los hongos micorrízicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas. Interciencia. Vol. 36 N° 8. pp. 564-569.
- Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. y McSweeney, K. (1995). How farmers assess soil health and quality. J. Soil Water Conservation 50: 229-236.
- Simpson T.B. (2002). An open approach to ecosystem change: adopting a new paradigm for ecological restoration. Oikos. 20 (3): 190-4.
- Singer, M.J. y Ewing, S. (2000). Soil Quality. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida.

- SQI-Soil Quality Institute. (1996). Indicators for Soil Quality Evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.
- Whitmore, T. (1984). Tropical rain forest of the Far East., Clarendon Press, Oxford, United Kingdom.
- Wu J. y Loucks O.L. (1995). From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in Ecology. *The Quarterly Review of Biology*. 70 (4): 439-66.

## **ANEXOS**

# DISEÑO DE INSTALACIÓN DE PARCELAS



## INSTALCIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL



Foto 1: Preparación de terreno

Foto 2: Marcación de terreno.



Foto 3: Terminado de siembra de semillas.

## EVALUACIÓN DE PLANTULAS DE *Ochroma pyramidales*

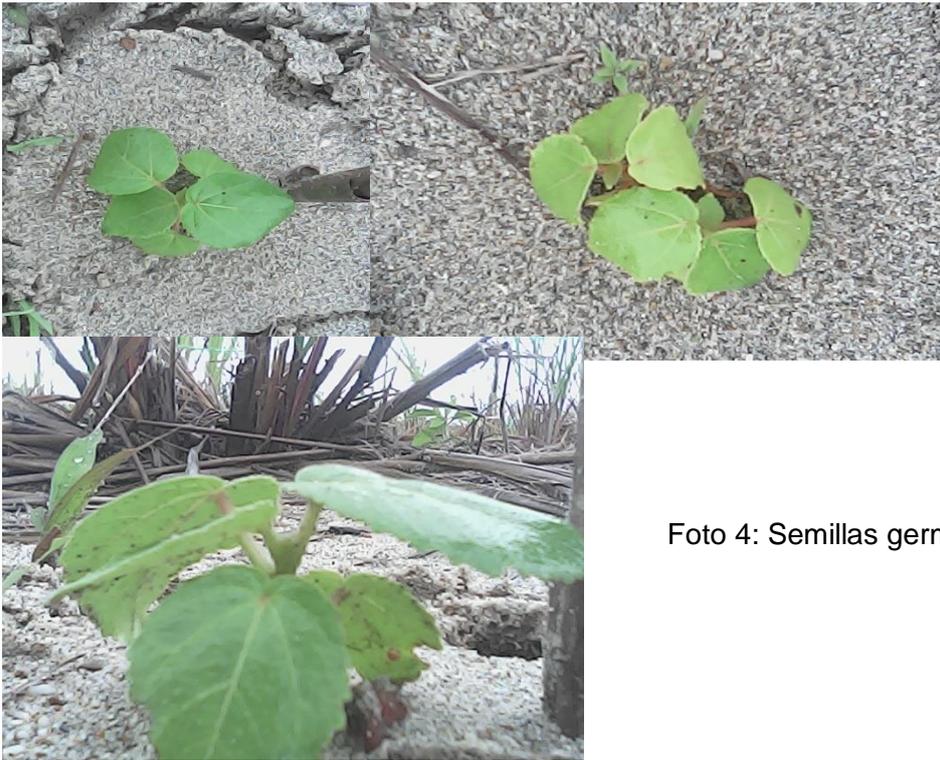


Foto 4: Semillas germinadas.

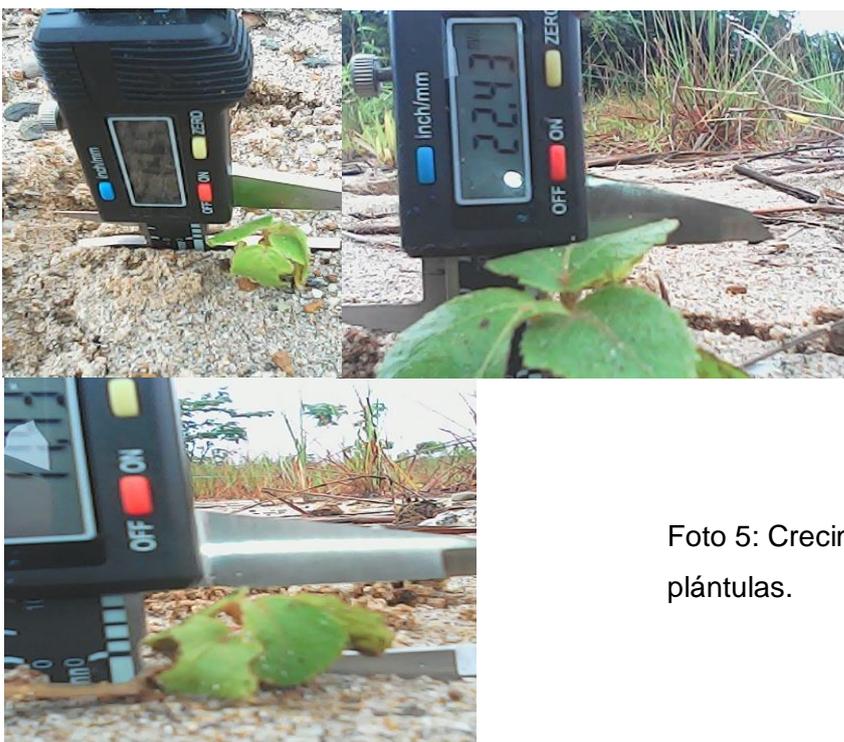


Foto 5: Crecimiento en altura de plántulas.

# MAPA DE UBICACIÓN

