

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**EFFECTO DE DOSIS DEL FERTILIZANTE COMPOMASTER  
EN EL CRECIMIENTO DE *Cedrela odorata* L. EN TINGO  
MARÍA, PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**KELIN RAMÍREZ RENGIFO**

**2015**

## DEDICATORIA

*A Dios; por guiarme y lograr el anhelo  
de ser profesional.*

*A la memoria de mi señor padre Víctor  
Ramírez Perea, quien me guió por el  
camino del bien y me brindó sus sabios  
consejos; y mi querida madre Angela  
Rengifo Shupingahua que tengo la dicha  
me siga acompañando.*

*A mi querida esposa  
Florangel Guisel Rodríguez Pozo  
y a mis hijos Jereck jheramy Victor Antonio  
y Josbin Kelin, quienes a cada momento  
me dan el valor para seguir avanzando.*

*A mis hermanas  
Irma, Jany y Rocío  
con gran amor fraternal.*

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- Al ingeniero Ladislao Ruiz Rengifo, asesor de la tesis, por su motivación y ayuda durante la ejecución de la investigación y redacción del documento final.
- A los miembros de jurado, Ing. Casiano Aguirre Escalante, Ing. Jaime Torres Gracia e Ing. Edilberto Díaz Quintana, por haber contribuido con su valioso tiempo.
- A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron significativamente en la realización y culminación de la presente investigación.

## ÍNDICE

|   | Página |
|---|--------|
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                                  | 1      |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                       | 4      |
| 2.1. Plantaciones forestales .....                            | 4      |
| 2.2. Descripción de la especie <i>Cedrela odorata</i> L. .... | 4      |
| 2.2.1. Clasificación taxonómica.....                          | 4      |
| 2.2.2. Generalidades y distribución de la especie .....       | 5      |
| 2.3. Fertilidad del suelo .....                               | 7      |
| 2.3.1. Absorción de nutrientes .....                          | 7      |
| 2.3.2. Síntomas de deficiencia nutricional .....              | 9      |
| 2.4. Fertilizantes.....                                       | 9      |
| 2.4.1. Fertilizantes nitrogenados .....                       | 11     |
| 2.4.2. Fertilizantes fosfatados .....                         | 12     |
| 2.4.3. Fertilizantes potásicos .....                          | 17     |
| 2.4.4. Abonos compuestos 20 - 20 - 20 .....                   | 20     |
| 2.5. Fertilización en especies forestales .....               | 21     |
| 2.6. Experiencias de fertilización .....                      | 23     |
| 2.7. Área foliar.....   | 25     |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                        | 28     |
| 3.1. Ubicación del lugar de estudio .....                     | 28     |
| 3.1.1. Ubicación geográfica .....                             | 28     |
| 3.1.2. Zona de vida .....                                     | 28     |
| 3.1.3. Fisiografía.....                                       | 29     |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.4. Clima .....   | 30 |
| 3.1.5. Características del terreno.....                      | 31 |
| 3.2. Materiales .....  | 31 |
| 3.2.1. Material biológico.....                               | 31 |
| 3.2.2. Materiales de establecimiento y manejo .....          | 32 |
| 3.2.3. Equipos.....  | 32 |
| 3.3. Metodología .....                                       | 33 |
| 3.3.1. Ubicación del área .....                              | 33 |
| 3.3.2. Demarcación y preparación del área experimental ..... | 33 |
| 3.3.3. Toma de muestras de suelo para el análisis .....      | 33 |
| 3.3.4. Aplicación del fertilizante.....                      | 34 |
| 3.3.5. Labores culturales.....                               | 34 |
| 3.4. Diseño de investigación .....                           | 35 |
| 3.4.1. Tipo y nivel de investigación .....                   | 35 |
| 3.4.2. Población - muestra.....                              | 35 |
| 3.4.3. Diseño experimental .....                             | 36 |
| 3.4.4. Croquis en campo experimental.....                    | 37 |
| 3.4.5. Tratamientos de la investigación.....                 | 38 |
| 3.4.6. Esquema del análisis estadístico .....                | 38 |
| 3.5. Recolección de datos .....                              | 39 |
| 3.5.1. Evaluación de altura y diámetro .....                 | 39 |
| 3.5.2. Área foliar .....                                     | 39 |
| 3.6. Procesamiento de resultados y análisis estadístico..... | 40 |

|  |    |
|--|----|
| <b>IV. RESULTADOS</b> .....  | 41 |
| 4.1. Incremento en altura de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata</i> ) en campo definitivo .....                 | 41 |
| 4.2. Determinar el incremento en diámetro de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata</i> ) en campo definitivo. .... | 43 |
| 4.3. Área foliar de los plantones de <i>Cedrela odorata</i> L.....   | 46 |
| <b>V. DISCUSIÓN</b> .....  | 49 |
| 5.1. Del Incremento en altura de plantas de <i>Cedrela odorata</i> L. instaladas en la parcela.....                | 49 |
| 5.2. Del diámetro de plantas de <i>Cedrela odorata</i> L. instaladas en la parcela. ....                           | 51 |
| 5.3. Del área foliar de plantas de <i>Cedrela odorata</i> L. instaladas en la parcela. ....                        | 52 |
| <b>VI. CONCLUSIONES</b> .....  | 55 |
| <b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....  | 56 |
| <b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....  | 58 |
| <b>IX. ANEXO</b> .....   | 66 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro  | Página |
|---|--------|
| 1. Datos meteorológicos correspondientes a los meses de evaluación. ....  | 30     |
| 2. Tratamientos y sus dosis considerados en el experimento .....  | 38     |
| 3. Modelo de análisis de varianza.....  | 38     |
| 4. Promedios de incremento en altura de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata</i> )<br>en campo definitivo.....                                       | 41     |
| 5. Análisis de Varianza del Incremento en altura de plantas de cedro<br>( <i>Cedrela odorata</i> L.) en campo definitivo.....                         | 42     |
| 6. Prueba de Duncan del incremento de altura de plantas de cedro ( <i>Cedrela<br/>odorata</i> L.) en un periodo de 6 meses. ....                      | 43     |
| 7. Incremento en diámetro de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata</i> ) en un<br>periodo de 6 meses en campo definitivo.....                         | 44     |
| 8. Análisis de Varianza del Incremento en diámetro de plantas de cedro<br>( <i>Cedrela odorata</i> L.) en campo definitivo.....                       | 45     |
| 9. Prueba de Duncan del incremento de diámetro de plantas de cedro<br>( <i>Cedrela odorata</i> L.) en un periodo de 6 meses en campo definitivo. .... | 45     |
| 10. Promedio de área foliar de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados al final después<br>de los seis meses. ....  | 46     |
| 11. Análisis de Varianza del área foliar de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata</i><br>L.).....   | 47     |
| 12. Prueba de Duncan del área foliar de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata</i><br>L.) en un periodo de 6 meses en campo definitivo.....            | 48     |
| 13. Primera evaluación de altura de plantas de cedro en campo definitivo ..   | 68     |

|  |    |
|--|----|
| 14. Primera evaluación de diámetro de tallo de plantas de cedro en campo definitivo .....    | 69 |
| 15. Promedio de primera evaluación de diámetro de plantas de cedro en campo definitivo ..... | 70 |
| 16. Segunda evaluación de altura de plantas de cedro en campo definitivo                     | 70 |
| 17. Segunda evaluación de diámetro de plantas de cedro en campo definitivo .....             | 71 |
| 18. Evaluación del área foliar de plantas de cedro al final del trabajo experimental.....    | 71 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura   | Página |
|--|--------|
| 1. Ubicación de la parcela experimental. ....  | 29     |
| 2. Promedio de incremento en altura de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata L.</i> ) por cada evaluación. ....                  | 42     |
| 3. Promedio de diámetro de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata L.</i> ) por cada evaluación. ....                              | 45     |
| 4. Promedio de área foliar de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata L.</i> ) de los tratamientos al final de la evaluación. .... | 47     |
| 5. Extracción de muestras de suelos para el análisis.....  | 78     |
| 6. Medición de la altura de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata L.</i> ) .....   | 78     |
| 7. Medición de diámetro de plantas de cedro ( <i>Cedrela odorata L.</i> ) .....  | 79     |
| 8. Vista de parcela experimental, con plantación de plátano y otras especies forestales.....                                     | 79     |
| 9. Ataque de <i>Hipsiphylia grandella</i> en plantas de cedro instaladas.....  | 80     |
| 10. Larvas de <i>Hipsiphylia grandella</i> extraídas de los brotes de cedro. ....  | 80     |

## RESUMEN

La presente investigación ha tenido como objetivo principal conocer el efecto de dosis del fertilizante compomaster en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en campo definitivo, en la ciudad de Tingo María provincia de Leoncio Prado, región Huánuco-Perú. Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 15 unidades experimentales, las que fueron distribuidos en cinco tratamientos incluido el testigo y tres repeticiones, los tratamientos consistieron en la aplicación de 120, 160, 200, 240 gramos de fertilizante formulado compomaster 20 -20 20 a las plantas de cedro, para conocer su efecto se evaluó la altura, diámetro y área foliar. Para el incremento en altura del cedro (*Cedrela odorata* L) a los seis meses de instalado el tratamiento T2 constituido de (160 g de fertilizante) estadísticamente logra el mayor promedio (71.83 cm). Asimismo, en cuanto al incremento en diámetro del tallo el T2 (160 g de fertilizante) presenta el mayor promedio (15.797 mm). Finalmente, en relación al área foliar el T3 constituido de 200 g del fertilizante compomaster, tiene numéricamente el mayor promedio (6.6757 cm<sup>2</sup>) de áreas foliar.

## I. INTRODUCCIÓN

El estado nutricional afecta los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que las componen (PEÑUELAS Y OCAÑA, 1996), un incremento de la fertilización puede producir plantas más desarrolladas, con mayor contenido de nutrientes y capacidad de producción de nuevas raíces (VAN DEN DRIESSCHE, 1992), como cada especie responde de una manera diferente a la adición de nutrientes, es necesario investigar la respuesta de las plantas a distintas dosis de fertilizantes para poder recomendar dosis idóneas.

Los distintos programas de reforestación que se desarrollan en la zona no consideran a la fertilización como una acción indispensable en el proceso de producción de plántones ni a nivel de establecimiento de plantaciones en campo definitivo, razones que ameritan investigar y así permitan concluir en respuestas contrastables y fehacientes si la fertilización a nivel de campo cumple o no una función esencial en el crecimiento y desarrollo en general.

Las nuevas experiencias en reforestación han demostrado que manejar plantaciones forestales con éxito, no dependen tanto de la productividad del área, del clima o del tipo de suelo, sino de un adecuado

manejo silvícola y una objetiva fertilización. El cedro (*Cedrela odorata* L.) hoy en día es la especie maderable de mayor importancia económica en el Perú y que ha formado parte de muchos programas de reforestación con fines de aprovechamiento, conservación e investigación, objetivos que en muchos de los casos resultaron un fracaso por la no inclusión de un adecuado plan de fertilización.

El creciente interés de plantar especies maderables en las fincas y a través de programas de reforestación, consideran al cedro como una especie importante en el establecimiento de plantaciones asociadas a otras especies con fines de investigación, lo que motiva también conocer el comportamiento frente a la fertilización con NPK, para obtener una dosis óptima que genere el mayor crecimiento en plantas recién instaladas.

En nuestra región amazónica, son pocos los trabajos desarrollados hasta hoy en el campo de la fertilización química con NPK. Motivados por esta disyuntiva en esta investigación planteamos la siguiente pregunta ¿En qué medida la aplicación de dosis del fertilizante compomaster tendría efecto en el crecimiento del cedro (*Cedrela odorata* L.) en Tingo María, Perú?, y como hipótesis planteamos que al menos una de las dosis del fertilizante compomaster influye en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en Tingo María, Perú.

**Objetivo general**

- Conocer el efecto de dosis del fertilizante compomaster en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en Tingo María, Perú.

**Objetivos específicos**

- Determinar el incremento en altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en campo definitivo con respecto a las dosis aplicadas.
- Determinar el incremento en diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en campo definitivo con respecto a las dosis aplicadas.
- Determinar el área foliar del cedro (*Cedrela odorata* L.), con respecto a las dosis aplicadas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1. Plantaciones forestales

Según la FAO (2001), una plantación forestal es un bosque establecido mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación. Está integrada por especies introducidas o en algunos casos autóctonas.

El manejo de plantaciones o manejo silvicultural, involucra un conjunto de técnicas que aplicadas adecuada y oportunamente, permiten mayor rendimiento y mejor calidad de los productos de una plantación forestal. DESCO (2005), refiere que las plantaciones forestales así como los cultivos agrícolas requieren de fertilización, sobre todo en los dos a tres primeros años de crecimiento, considerándose incluso fertilizar los hoyos, antes de realizar la plantación forestal, dado que estas generalmente se realizan sobre aquellos suelos empobrecidos por malas prácticas agrícolas o sobrepastoreo y que presentan altos desequilibrios nutricionales

### 1.2. Descripción de la especie *Cedrela odorata* L.

#### 1.2.1. Clasificación taxonómica

CRONQUIST (1981) clasifica a la especie de la siguiente manera:

- Reino : Plantae (Haeckel, 1866)
- División : Magnoliophyta (Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966)
- Clase : Magnoliopsida (Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966)
- Subclase : Rosidae (Takht., 1966)
- Orden : Sapindales (Benth. & Hook., 1862)
- Familia : Meliaceae (Juss., 1789)
- Género : Cedrela (P. Browne)
- Especie : *Cedrela odorata* L.

Nombre común: Cedro, cedro colorado

### **1.2.2. Generalidades y distribución de la especie**

Esta especie se distribuye entre 0 – 2,000 msnm desde las Indias Occidentales y norte de México hasta la Amazonía de Perú, Brasil, Bolivia, Colombia, Venezuela, las Guayanas (ENCARNACIÓN, 1983). En el Perú habita en el bosque primario inundable y no inundable de las regiones de Cajamarca, Huánuco, Libertad, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali (ENCARNACIÓN, 1983; BRAKO y ZARUCCHI, 1993).

El árbol puede alcanzar los 40 m de altura. El tronco es recto con diámetros en los árboles adultos de 1 – 2 m, sus ramas nacen más arriba de la mitad de su altura; a veces, en su parte baja presenta contrafuertes o aletones que ayudan a afianzar el árbol, ya que tiene un sistema radical bastante superficial.

La corteza, puede llegar a alcanzar un espesor de 2 cm, es de color gris – claro en los árboles jóvenes y apenas divididos en placas por leves hendiduras, mientras que los árboles adultos tienen la corteza profundamente fisurada. La corteza interna es rosada, fibrosa y de sabor amargo (LAO y FLORES, 1972), emana un olor peculiar al desprenderlo (ENCARNACIÓN, 1983; LOUREIRO *et al.*, 1979).

La copa presenta formas globosas o redondeadas con follaje denso, de color verde-claro, el cual se desprende en la época de fructificación dejando al descubierto sus ramas ascendentes, gruesas, con abundantes lenticelas redondeadas y protuberantes. Las hojas son compuestas, alternas y pecioladas; flores con pedicelos cortos; fruto en capsula elipsoide, leñosa con semillas aladas, achatadas, fácilmente dispersadas por el viento (ENCARNACIÓN, 1983; LOUREIRO *et al.*, 1979).

La floración ocurre entre los meses de noviembre a febrero, con mayor intensidad en diciembre, las flores en esta especie son pequeñas, hermafroditas, de color verde amarillo, con olor a ajo y sus inflorescencias son terminales. La fructificación comienza en el mes de enero y termina en julio, mes que inicia la diseminación de las semillas (TORRES, 2001).

LAMPRECHT (1990), manifiesta que, el cedro está ampliamente distribuido en Latinoamérica, pero en áreas discontinuas se encuentra aproximadamente desde los 24° N hasta los 10° S, abarcando México, Centroamérica, las Antillas, el norte de Sur América hasta alcanzar Perú y Brasil; medra en altitudes de 0 hasta 1200 metros sobre el nivel del mar



(m.s.n.m), fuera del área de su distribución natural es plantada principalmente en África (Ghana, Nigeria, Sierra Leona, Tanzania, etc.) y en algunos países asiáticos, por ejemplo Malasia.

### **1.3. Fertilidad del suelo**

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. De otro lado, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales de fertilidad química, pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa. Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos. Por ejemplo se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas (DOMINGUEZ, 1997).

#### **1.3.1. Absorción de nutrientes**

Una planta forestal, como cualquier planta, absorbe los nutrientes minerales directamente de la solución acuosa del suelo de alrededor de la raíz, que se vuelve a llenar por medio del intercambio catiónico con las partículas de la misma (Barber, 1962; citado por LANDIS, 1989).

En el suelo, la disponibilidad de nutrientes minerales es afectada por el movimiento pasivo de iones con la solución del suelo, por difusión, y por el crecimiento de las raíces de las plantas, el movimiento pasivo de los iones a través de la raíz de la planta, con el agua del suelo durante la absorción se llama "flujo de masa" y éste es controlada por la demanda transpiratoria, dentro de la solución del suelo que rodea a las raíces, los iones son absorbidos de la rizósfera, por la difusión pasiva (movimiento de una concentración relativamente elevada a una menor concentración), o por el proceso de absorción activa. Las plantas también alcanzan nutrientes minerales mediante la extensión de sus raíces (donde las puntas de las raíces crecen dentro de nuevos suministros de nutrientes minerales (JONES, 1983).

Las plantas pueden absorber los elementos del suelo y también en los lugares de intercambio iónico. A medida que crece la planta y absorbe los nutrientes, la concentración de éstos alrededor de la raíz va decreciendo, como es el caso del K y del P y su concentración en el suelo y lugares de intercambio iónico, se agotan, por esto, no es de extrañar que alrededor de las raíces hay una zona de agotamiento de K y P y es importante que en zonas más alejadas del suelo, estos elementos pueden moverse a favor de gradiente hacia la raíz, para esto se utiliza la corriente de agua. Por todo esto en caso de déficit hídrico, además de déficit de agua hay también déficit de nutrientes (DOMINGUEZ, 1997).

### **1.3.2. Síntomas de deficiencia nutricional**

Las deficiencias nutrimentales están caracterizadas por síntomas específicos y observables, aunque existe variación considerable entre síntomas para diferentes especies forestales, estos síntomas son de alguna utilidad en el diagnóstico de deficiencias de nutrientes, pero muchos (por ejemplo, la clorosis), pueden ser causados por deficiencias de varios nutrientes y, por lo tanto, el análisis de nutrientes en la planta con frecuencia es necesario para conseguir un diagnóstico preciso (LANDIS, 1989).

### **1.4. Fertilizantes**

Los fertilizantes son sustancias que se añaden a la tierra para proporcionar los elementos que requiere la nutrición de las plantas, estas sustancias contienen uno o más de los elementos esenciales: nitrógeno, fósforo y potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, cobre, boro, zinc (GUERRERO, 2000).

Los fertilizantes minerales son materiales, naturales o manufacturados, que contienen nutrientes esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas. Vienen en dos formas líquida y granular (LANDIS, 1989), son obtenidos mediante mezclas mecánicas íntimas de productos simples (GUERRERO, 2000).

Para LANDIS (1989), los fabricantes de fertilizantes inorgánicos, por ley, deben garantizar el contenido de nutrientes de los tres macroelementos primarios (NPK) en el envase del fertilizante: el nitrógeno se especifica como

porcentaje, pero el fósforo y el potasio son especificados como la forma oxidada del elemento, el fósforo como porcentaje de  $P_2O_5$ , y el potasio como porcentaje de  $K_2O$ .

Los fertilizantes pueden ser categorizados en varias formas, pero para propósitos prácticos se consideran tres tipos: fertilizantes con macronutrientes, que proporcionan N, P y K; fertilizantes de nutrientes secundarios, que proporcionan Ca, Mg y S; y fertilizantes que proporcionan micro elementos, ya sea alguno o una combinación de los siete micronutrientes esenciales (ANDERSON, 1987).

Los tres elementos cuya disponibilidad en el suelo pueden limitar el crecimiento de las plantas son: nitrógeno, fósforo y potasio. Debido a la importancia de estos tres elementos, las fórmulas de los fertilizantes comerciales señalan los porcentajes en peso de N, P y K que contienen (HERNANDEZ, 1989).

Han sido identificados trece macro elementos básicos para el crecimiento de plantas superiores, aunque se ha probado que el cloro es esencial sólo para un número limitado de especies (MARSCHNER, 1986).

Los trece elementos están clasificados en seis macronutrientes, que son usados por las plantas en cantidades relativamente grandes, y en siete micronutrientes, que son requeridos en muy pequeñas cantidades. Los macronutrientes son constituyentes de compuestos orgánicos, como las proteínas y los ácidos nucleicos, o actúan en la regulación osmótica, y por lo

tanto son encontrados en cantidades relativamente grandes en los tejidos vegetales siendo los principales en las plantas el nitrógeno, el fósforo y el potasio (LANDIS, 1989).

#### **1.4.1. Fertilizantes nitrogenados**

El nitrógeno, factor esencial en el crecimiento y rendimiento. Una planta que tenga suficiente nitrógeno brota pronto, adquiere un gran desarrollo de hojas, tallos y toma un bonito color verde oscuro. Así tenemos: sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea, nitrato de calcio, nitrato de magnesio, sulfato amónico, etc. (GUERRERO, 2000). La urea es un material sintético producido a partir de compuestos nitrogenados, al igual que cianamida: material sintético producido a partir de los mismos compuestos (SARMIENTO, 2008).

El nitrógeno es el nutriente mineral individual más importante en un programa de fertilización, puesto que es el que más frecuentemente limita el crecimiento de las plantas (LANDIS, 1989).

Según ERSTON (1967), el nitrógeno promueve un crecimiento rápido con mayor desarrollo de las hojas, tallos, la función más importante es el crecimiento de las partes vegetativas aéreas. El nitrógeno al ser aplicado en forma de fertilizantes es absorbido por las raíces de la planta en forma de  $\text{NO}_3$  (nitrato) y  $\text{NH}_4$  (amonio), principalmente.

El nitrógeno (N) es utilizada por las plantas, en la forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ , que son los iones de la solución del suelo y cumplen funciones bioquímicas en las plantas como constituyentes mayores del material orgánico.

Está involucrado en procesos enzimáticos y son asimilados por reacciones de oxidación-reducción (LANDIS, 1989).

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno (N), incluyen clorosis y reducción del crecimiento, comúnmente llamado “achaparramiento”, la clorosis aparece primero sobre las hojas o acículas inferiores, pues el N es un elemento móvil dentro de la planta, y es transferido hacia el follaje nuevo, el achaparramiento por deficiencia de N, comúnmente es fácil de diagnosticar, y fácil de corregir, porque las plantas con deficiencia responden rápidamente a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado (LANDIS, 1989).

PROABONOS (2005), indica que el nitrógeno (N) requieren las plantas para producir buenos frutos, la dosis adecuada de nitrógeno en la planta permite un crecimiento vigoroso y producción abundante en la planta. En los suelos con buena calidad de nitrógeno (N), las plantas crecen sanas, las hojas son de color verde oscuro y la producción de frutos es abundante. Cuando los suelos no tienen nitrógeno las plantas crecen débiles, disminuye la producción y las hojas son de color pálido.

#### **1.4.2. Fertilizantes fosfatados**

El Fósforo, es un componente esencial de los vegetales, cuya riqueza media en  $P_2O_5$  es del orden del 0,5 al 1 por ciento de la materia seca. Factor de crecimiento muy importante, debiendo señalarse la fuerte interacción que existe entre este elemento y el nitrógeno. En este grupo se encuentran: superfosfato simple, superfosfato triple, roca fosfórica, escorias, etc.

(GUERRERO, 2000). Respecto al superfosfato triple son sustancias producidas al reaccionar la fosforita con el ácido fosfórico (SARMIENTO, 2008).

PROABONOS (2005) menciona que, el fósforo, origina el vigor y desarrollo de la estructura de la planta, así mismo favorece la fecundación, la formación y maduración de frutos (precocidad).

El fósforo es utilizado por las plantas, en forma de fosfatos, los ésteres fosfato están involucrados en reacciones de transferencia de energía. Según DEVLIN (1975), el fósforo resulta esencial para el desarrollo radicular y la división celular, además de desempeñar un papel importante en la formación de los frutos, la carencia o deficiencia del fósforo provoca que las plantas tarden en crecer, sus raíces no desarrollan normalmente y tienden a mostrar una coloración púrpura de los tallos, pecíolos y envés de la hoja.

El fósforo, es uno de los elementos más críticos para la producción agropecuaria, debido a su relativa escasez edáfica, la elevada retención por parte de la matriz del suelo, la falta de reposición natural y la progresiva escasez (SARMIENTO, 2008).

Los síntomas de deficiencia de fósforo son extremadamente variables entre especies y por tanto se dificulta la diagnosis de deficiencia de sólo este nutriente, debido a que el fósforo es requerido relativamente temprano en el desarrollo de las plantas, uno de los síntomas clásicos de deficiencia de fosforo es el "corazón púrpura", en el que las nuevas acículas se tornan de un color morado, los síntomas de deficiencia de P en el follaje, varían

desde ningún cambio en el color, hasta una tonalidad gris oscuro, rosa, o púrpura, clorosis general, quemadura del margen, moteado clorótico entre las nervaduras, y clorosis de las hojas inferiores (LANDIS, 1989).

FORJAN (2003) menciona que el fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica ligada a la materia orgánica, como inorgánicas que es la forma en que absorben los cultivos.

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), todos los fosfatos son derivados del ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) y se encuentra en dos formas generales: orgánicos e inorgánicos; el fósforo orgánico se encuentra como: fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfato de inositol; el fósforo inorgánico se encuentra principalmente como fosfatos de Ca, Al, Fe, y Mn predominando en suelos ácidos; estos suelos además de ser normalmente pobres en fósforo, tienden a retener o fijar este elemento en formas no solubles, difícilmente asimilables por las plantas.

El fósforo posee baja solubilidad causante de la deficiencia en la disponibilidad de la planta, que las absorben en forma de fosfatos derivados del ácido fosfórico. El contenido total de fósforo también depende de la materia orgánica en suelos tropicales, al aumentar predominan los fosfatos orgánicos y se obtiene una mayor cantidad de fósforo total; la participación del fósforo total generalmente varía entre 25 al 75 %. Algunos factores como la temperatura, la precipitación, la acidez y la actividad biológica de los suelos determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas en el fósforo total.



Según CEPEDA (1991), en estudios de laboratorio encontró que la mineralización es óptima con pH de 5.5 a 7; con temperaturas entre 25 a 45 °C y en condiciones intermedias de humedad. Al aumentar el fósforo disponible, la población microbiana se desarrolla considerablemente, ocasionándolo la inmovilización del fósforo.

La práctica de encalado acelera la mineralización al mejorar las condiciones de desarrollo de los microorganismos. El conocimiento de valores de fósforo total en el suelo implica ciertas dificultades; como la información sobre las formas de fósforo asociados con la formación de fosfatos de Ca, Al y Fe; no están siempre disponibles, en los suelos tropicales predominan los fosfatos férricos e inertes, formas menos solubles.

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), generalmente en los ecosistemas existen una distribución adecuada de fósforo en el suelo y el bosque ; así las reservas en la vegetación representa entre 20 % y 50 % de la reserva en el suelo, con la alteración de la materia orgánica se libera fósforo, que reacciona con el agua, para formar ácido fosfórico, finalmente este reacciona con  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , y  $\text{Al}^{3+}$  formando fosfatos insolubles.

Para el manejo de la fertilidad de los suelos en forma racional y sustentable es indispensable aumentar al máximo la eficiencia de su utilización, que no depende de la aplicación de mayores niveles de fertilizantes, sino de fomentar procesos de reciclaje y de solubilización del fósforo en el suelo.

Los equilibrios de reacción entre las distintas formas de fósforo dependen de los coloides y minerales presentes en el suelo, el pH, la actividad microbiológica, la presencia de enzimas, ácidos orgánicos y la intensidad de la demanda del nutriente.

El fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis y la respiración, en el almacenamiento y transferencia de energía, en la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces. El fósforo mejora la calidad de las frutas, hortalizas y granos; además es vital para la formación de la semilla. El fósforo está involucrado en la transferencia de características hereditarias de una generación a la siguiente.

Las concentraciones más altas de fósforo en plantas jóvenes se encuentran en el tejido de los puntos de crecimiento, debido a que el fósforo se mueve rápidamente de los tejidos viejos a los tejidos jóvenes, las deficiencias aparecen primero en las partes bajas de la planta; a medida que las plantas maduran, la mayor parte del fósforo se mueve a las semillas o al fruto.

Es importante mencionar que si el aluminio se une al fósforo, las plantas no pueden absorberlo. El suelo no necesita mucho fósforo para satisfacer la demanda de las plantas, pero sí necesitan de él las leguminosas, para producir las enzimas que le permita absorber nitrógeno del aire.

La fijación del fósforo puede ser el problema más serio en la rehabilitación de los suelos enfermos que sufren el síndrome de acidez, particularmente en suelos ricos en barro (arcilla).

La disponibilidad de fósforo es más importante en el caso de leguminosas, que son plantas ideales para regenerar el suelo con materia orgánica como parte de los abonos verdes.

### **1.4.3. Fertilizantes potásicos**

El potasio es uno de los macronutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. El contenido de potasio de los fertilizantes suele expresarse en  $K_2O$ . El potasio interviene en la fotosíntesis, aumenta la resistencia de los vegetales a las enfermedades criptógamas, favorece el desarrollo de las raíces y da mayor consistencia a los tejidos. Los más comunes son el cloruro de potasio o muriato de potasio, el sulfato potásico y el sulfato de magnesio potásico. Por otra parte, el cloruro de potasio es un material producido al reaccionar minerales de potasio con ácido clorhídrico (GUERRERO, 2000).

ERSTON (1967), atribuye al potasio efectos importantes en la resistencia de la plantas al ataque de plagas y enfermedades, también influye en los fenómenos de respiración y transpiración, manteniendo la economía en la planta y reduciendo su tendencia a la marchitez, un exceso de potasio puede inducir a una deficiencia del Nitrógeno y viceversa, mientras que PROABONOS (2005) menciona que el potasio favorece a la formación de carbohidratos,

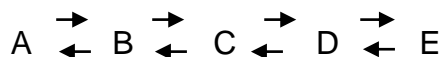
sacarosa, almidón, proteínas y lípidos, contribuye a la mejor utilización de la reserva de agua al acelerar el crecimiento de las raíces.

El potasio es utilizada por las plantas, en forma de iones de la solución del Suelo, cumple funciones no específicas estableciendo potenciales osmóticos (LANDIS, 1989).

Los síntomas de deficiencia de potasio se presenta en síntomas variables entre especies: follaje usualmente corto, clorótico, con algún color verde en la base; en casos severos, tonalidades oscuras y necrosis con muerte descendente desde la punta. La aparición de un color café y la necrosis también pueden ocurrir (LANDIS, 1989).

Según CEPEDA (1991), la distribución del contenido total del potasio en los suelos, sigue un esquema geomorfológico relacionado con la presencia y la meteorización de micas y feldspatos, los suelos formados a partir de rocas pobres en feldspatos y micas serán pobres en potasio, los suelos formados a partir de rocas ricas en feldspatos y micas, resultan ricos en potasio, como sucede en muchos vertisoles.

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), el potasio presente en la solución del suelo, donde se produce la absorción por las planta, es una parte muy pequeña del potasio total; generalmente varía entre 0,1 y 100 mg/lit, en el suelo el potasio se encuentra en diferentes fracciones, los cuales presentan un equilibrio químico con distintas velocidades de reacción; que se representa en la ecuación:



Donde:

A: Es el potasio estructural, nativo contenido en los minerales primarios (feldespatos potásicos y micas).

B: Es el potasio en minerales secundarios (illitas, micas hidratadas, vermiculita, montmorillonita, clorita y otros).

C: Es el potasio adsorbido en parte por la materia orgánica.

D: Es el potasio intercambiable en la superficie electrostáticas de las arcillas, materia orgánica y sesquióxidos.

E: Es el potasio en la solución del suelo.

El potasio intercambiable se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo. El potasio cambiabile es muy pequeño del potasio total.

La dinámica del potasio así como la de otros elementos catiónicos nutritivos presentan una naturaleza diferente a los de nutritivos aniónicos. La distinción radica en su comportamiento con respecto a la materia orgánica o humus, como los cationes no son componentes de la materia orgánica; el potasio en la solución del suelo es directamente disponible por las plantas pero en condiciones específicas puede ser percolado; cuando las plantas absorben potasio, o al ser este lavado, su reposición en la solución del suelo se produce a partir del potasio cambiabile; a medida que se agota el potasio intercambiabile, será necesario la reposición a través del potasio no cambiabile pero disponible; la percolación causa pérdidas de potasio en el suelo, la aplicación de fertilizantes y su disolución rápida o lenta interfieren nuevamente en el

equilibrio del potasio; parte del potasio aplicado pasa, entonces, a formar cambiables o fijas.

La fijación del potasio es un proceso importante; este fenómeno ocurre debido a características específicas de los minerales arcillosos del grupo 2:1 como las illitas, montmorillonitas y vermiculitas. El espacio inter laminar de la illita sólo permite la acumulación de iones de potasio y  $\text{NH}_4^+$  por tener diámetro menor. El potasio fijado llena el espacio y se establece una configuración química estable con el resto del mineral

Las bases  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  se encuentran formando sales o en forma iónica en el citoplasma celular de los tejidos vegetales; que al ser mineralizadas forman óxidos de potasio, calcio, magnesio en la solución del suelo; esta acumulación disminuye gradualmente en el suelo por lixiviación, erosión y absorción de plantas.

#### **1.4.4. Abonos compuestos 20 - 20 - 20**

Los fertilizantes con macronutrientes vienen en dos formas líquida y granular, tanto las formas líquidas como las sólidas de fertilizantes son usadas en viveros y plantaciones, los fertilizantes sólidos pueden ser adquiridos en forma granular o de pastillas (LANDIS, 1989).

El fertilizante 20 - 20 - 20 contiene 20% de nitrógeno, 20% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (8.8% de fósforo), y 20% de  $\text{K}_2\text{O}$  (16.6% de potasio). Los fertilizantes de grado alto se refieren a la cantidad total de nutrientes minerales en el fertilizante; para el ejemplo del fertilizante 20 - 20 - 20, el análisis total sería de 45.4% (LANDIS,

1989), también la fórmula 15 - 15 - 15 que contiene 15% de nitrógeno, 15% de  $P_2O_5$  y 15% de  $K_2O$  (HERNANDEZ, 1989), el resto del contenido está compuesto de productos químicos accesorios que no son nutrientes, aunque algunos fertilizantes con frecuencia contienen otros nutrientes secundarios no especificados, incluyendo Ca y S (LANDIS, 1989).

### **1.5. Fertilización en especies forestales**

La intensificación de la silvicultura se ve reflejada en la aplicación de fertilizantes para disminuir los problemas de crecimiento por causa de diferencias nutricionales, técnica que se ha vuelto muy común en la actualidad en gran parte del mundo (VON MAREES, 1998, citado por GOMEZ, 2009).

La fertilización es la técnica más eficiente para acelerar el crecimiento y aumentar la supervivencia, tanto de la planta en vivero como de las masas forestales una vez establecidas en el campo. La aplicación en cualquiera de estas exige el conocimiento de la demanda nutricional de la planta en cada momento, además de la capacidad del terreno para asegurar dicha nutrición en la cantidad y tiempo adecuado (RUIZ *et al.*, 2001).

La aplicación de fertilizantes tiene por objetivo entregar a las plantas el complemento nutricional necesario para que estas desarrollen apropiadamente y logren tasas de crecimiento que satisfagan a los propietarios de las plantaciones. Para ello es preciso considerar las características físicas y químicas de los suelos, las dosis y época de aplicación de nutrientes, y las características de la especie, como también, el clima local que predomina en

un sitio determinado. Esto permite emplear la combinación óptima de factores de suelo, planta y clima (TORO, 1995).

Las plantas requieren de elementos nutritivos para que complete su ciclo vegetativo esto significa que para alcanzar un rendimiento máximo se necesita una determinada cantidad de elementos nutritivos, cuando la fertilidad del suelo no permite alcanzar dicho rendimiento máximo, entra en juego la posibilidad de complementar la acción del suelo con la aplicación de la mayor cantidad de elementos nutritivos hasta que se alcance la máxima rentabilidad o el óptimo económico de esta aplicación suplementaria que constituye el objeto de la fertilización (BINKLEY, 1993).

La aplicación de fertilizantes a las plántulas en el momento en que se ponen en el terreno ofrece una clara ventaja económica, por eliminar la necesidad de una nueva visita al lugar de la plantación (DESCO, 2005).

En suelos con gran abundancia de materia orgánica, superior al 5%, cualquier aplicación moderada de un abono nitrogenado permite su adecuada mineralización y deja disponibles sus componentes nutritivos para los nuevos retoños, en el caso de suelos ácidos, el abono nitrogenado debe también aportar adecuadas cantidades de calcio y magnesio (DESCO, 2005).

Los efectos de los abonos orgánicos en las plantas son grandes, aunque existen pocas diferencias entre abonos orgánicos y tratamientos se observan diferencias significativas luego de un año de evaluación, y también después del año, las cuales siguen siendo significativas; manteniéndose con la



misma tendencia luego de varios años (WIGHTMAN,1999). Resultados observados por el mismo autor para plantaciones de cedro frente a la aplicación de abonos orgánicos se encontró que en la etapa de vivero a los 4 meses plantones de cedro colorado tuvieron un crecimiento para compost de 50 cm. y suelo negro de 39 cm. que en promedio sería: en altura de 30 cm, en diámetro de 4.8 mm. y en peso seco de 6.2 g.

### **1.6. Experiencias de fertilización**

La Investigación en suelos de baja fertilidad realizada en Turrialba Costa Rica, demostró que con la aplicación de 30 g por árbol del fertilizante compuesto de fórmula 14 - 14 - 14, cada 15 días después del trasplante en plantaciones de *Pinus caribea* incrementó el crecimiento promedio acumulado en altura a los 6 meses. La altura de las plantas fertilizadas fue de 52 cm en comparación con 42 cm de plantas sin fertilizar (LOAYZA, 1967).

Investigación realizada en parcelas con suelos ácidos, con buen drenaje, aplicándose 80 g por árbol de la fórmula 12 - 24 - 12, a dos meses después del trasplante, triplicaron el volumen e incrementaron la altura de las plantas 20 meses después de la aplicación, en comparación con parcelas que no recibieron fertilizante (KANE, 1992).

Trabajando en seis lugares bien conocidos con precipitaciones variables, en la isla hawaiana de Maui, investigadores midieron el contenido de nitrógeno del suelo en nitrato y amonio, determinando la contribución relativa de cada fuente al crecimiento de una amplia gama de especies de vegetales,

desde pequeños arbustos que moran en el suelo, hasta helechos arbóreos y árboles de notable altura (HOULTON, 2007).

Estudios sobre el aprovechamiento de las formas de asimilación de nitrógeno en las plantas encontraron que en las áreas secas, el nitrato era la forma más disponible, mientras que en las zonas húmedas, el amonio era la fuente predominante, una vez que el suelo se humedece y el contenido en nitratos cae por debajo de un valor umbral, todas las plantas tropicales comienzan a emplear el amonio casi al unísono (HOULTON, 2007).

Experiencias en fertilización realizada por SANCHEZ (1995) en la Universidad Nacional de Ucayali (Pucallpa) en la facultad de Ciencias Agropecuarias, se evaluó la respuesta a la fertilización química y orgánica al establecimiento de Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en pasturas degradadas. Cinco tratamientos fueron estudiados, el primero de ellos fue el control absoluto: los tratamientos 2 y 3 recibieron dosis de fertilización orgánica (2 y 4 kg de humus de lombriz/planta); mientras que los tratamientos 4 y 5 recibieron fertilización química a dos niveles: 150 - 50 - 50 kg/ha y 225 - 75 - 75 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O respectivamente. Por tanto para el establecimiento de bolaina blanca en suelos degradados como el utilizado en el ensayo, se debe contemplar la aplicación de abono inorgánico al suelo. La dosis óptima recomendada es de 150 - 50 - 50 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O; por presentar incrementos de igual magnitud, en el crecimiento de las plantas, a la dosis más alta de fertilizante aplicado.

MEDINA (2002) desarrolló un trabajo de investigación sobre el uso de enmiendas químicas y orgánicas en la especie forestal sangre de grado, utilizando dosis de 1 kg, 2 kg y 3 kg de gallinaza, teniendo como resultado sobresaliente la dosis de 2 kg de gallinaza aplicada, ya que en esta se obtuvo el mayor crecimiento en diámetro y altura, obteniendo así mismo que como enmienda química la cal es una buena alternativa, ya que se obtuvieron buenos resultados.

### **1.7. Área foliar**

El área foliar es uno de los principales factores que determinan las funciones principales de la hoja, como la interceptación total de la energía luminosa por parte de las plantas, lo que a su vez afecta a la fotosíntesis, a la transpiración, a la acumulación de materia seca y al crecimiento y desarrollo de las plantas (GARDNER *et al.*, 1990).

El área foliar, está directamente relacionada con la cantidad de clorofila, es un parámetro importante para estimar la capacidad de la planta para sintetizar materia seca. Su adecuada determinación durante el ciclo del cultivo posibilita conocer el crecimiento y el desarrollo de la planta, la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, la producción total de la planta (CAMPOSTRINI y YAMANISHI, 2001).

Por otra parte BENITO y CHIESA (2000), quienes estudiaron parámetros fisiológicos en el crecimiento de albahaca obteniéndose valores de área foliar que oscilaron entre 4.5 y 4.9 cm<sup>2</sup> en promedio, no encontraron

diferencias significativas entre los tratamientos. Así mismo NAVARRO *et. al.*, (2007) realizaron estudios en soya y frijol, quienes utilizaron diferentes tipos de sustratos, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos.

El hecho de encontrar una mayor superficie foliar facilita la intercepción y la fijación de la energía luminosa, posibilitando un aumento en el traslado de fotoasimilatos desde las hojas a toda la planta. Considerando que una no adecuada formación en la superficie foliar de las plantas, conlleva a una reducción importante de los procesos asimilativos, fundamentalmente la fotosíntesis (GOMES *et. al.*, 2000).

GOMES *et. al.* (2000) señalan, que la deficiencia hídrica provoca reducción de la superficie foliar, que puede o no superarse en función del estadio de desarrollo en el cual se presente.

En la mayoría de los cultivos, el nitrógeno ocasiona incrementos en el área foliar, lo cual puede ser producto de un mayor número y tamaño de las hojas, esto se ve favorecido por el tiempo de permanencia del nitrógeno en el suelo, el cual es mayor al incorporar residuos orgánicos o dejarlos sobre la superficie del suelo, debido a que se incrementa la concentración de este elemento en el perfil del suelo (BENITO y CHIESA, 2000).

BENITO y CHIESA (2000) ponen de manifiesto la estrecha relación que existe entre la acumulación de biomasa aérea y la superficie foliar, al ser esta última reducida por la disminución del suministro de nutrientes, con la consecuente menor absorción de luz y su implicación en el proceso de

fotosíntesis. La variable superficie foliar muestra reducciones cuando se limita el suministro hídrico al suelo, fundamentalmente en las fases de máximo crecimiento vegetativo, tal y como lo ha planteado RAVIV (2001) en otra especie, ANDRADE Y SADRAS (2000) en maíz, girasol y soya.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Ubicación del lugar de estudio**

#### **2.1.1. Ubicación geográfica**

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria (CIPTALD), el cual pertenece a la jurisdicción del distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, el acceso al lugar es por una vía asfaltada a 25 km al norte de la ciudad de Tingo María, con coordenadas UTM de 385206 Este y 8991356 Norte del huso 18L, a una altitud de 605 m.s.n.m. (Figura 1).

#### **2.1.2. Zona de vida**

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o de formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT). Encontrándose inmerso en ella el área de la parcela experimental.

El período de ejecución fue desde el mes de febrero hasta el mes de agosto del año 2015 y las evaluaciones se realizaron al inicio y al final de periodo de desarrollo de la investigación.

### 2.1.3. Fisiografía

La fisiografía del área elegida para el trabajo de investigación es una zona de planicie de suelos aluviales, definida por encontrarse cercano al río Huallaga y haber formado parte del curso del mismo.

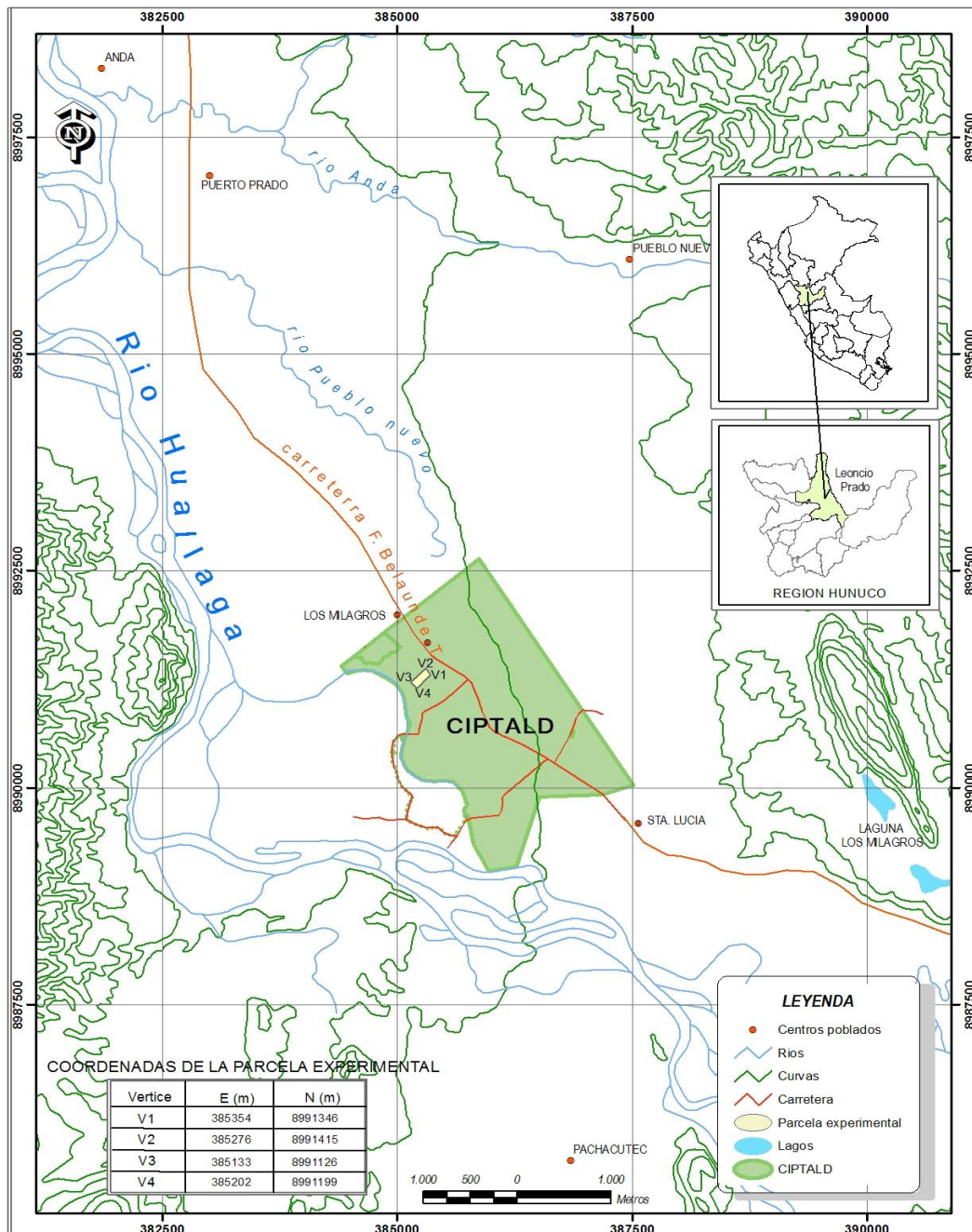


Figura 1. Ubicación de la parcela experimental.

#### 2.1.4. Clima

La Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones – Universidad Nacional Agraria de la Selva en la ciudad de Tingo María registra una temperatura máxima media anual de 29.4 °C y una temperatura mínima media anual de 20.3 °C, siendo la temperatura media anual de 24.9 °C (UNAS, 2012). La humedad relativa media anual es cercana al 85%. La precipitación media anual es de 3 328.9 milímetros. La época de lluvias comienza en octubre y se prolonga hasta abril.

Cuadro 1. Datos meteorológicos correspondientes a los meses de evaluación.

| Año  | Meses   | T° media (°C) | H° Relativa Media (%) | Precipitación (mm) |
|------|---------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 2015 | Febrero | 24.85         | 89.00                 | 284.4              |
|      | Marzo   | 25.05         | 88.00                 | 417.1              |
|      | Abril   | 25.20         | 86.00                 | 229.6              |
|      | Mayo    | 25.20         | 86.00                 | 206.2              |
|      | Junio   | 25.30         | 83.00                 | 180.6              |
|      | Julio   | 25.40         | 82.88                 | 48.3               |
|      | Agosto  | 25.45         | 82.60                 | 46.9               |

Fuente: Estación Meteorológica “José Abelardo Quiñones”, FRNR-UNAS

Se observa que la temperatura promedio en el tiempo de ejecución de la investigación es de 25.06 °C. La precipitación fue de 2559.50 mm y un promedio de la humedad relativa de 87.14%.



### **2.1.5. Características del terreno**

La superficie agrícola donde ha sido establecida el área experimental tiene una fisiografía plana, propia de suelos aluviales, ubicada en la margen derecha y cercana al río Huallaga. La parcela agrícola se encontraba en condición abierta y con plantaciones de plátano de cinco meses de edad, en una extensión de cinco hectáreas, aquí fueron establecidos las siguientes especies forestales: caoba (*Swietenia macrophylla*), paliperro (*Vitex sp.*) y cedro (*Cedrela odorata* L.). La distribución de la plantación fue a un distanciamiento de 6 m entre hileras y 5 m entre plantas.

## **2.2. Materiales**

### **2.2.1. Material biológico**

El material biológico, en este caso los plantones de cedro (*Cedrela odorata* L.) fueron donados por la administración del vivero forestal de la facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; los referidos plantones fueron producidos por medio de semilla botánica, las semillas fueron sembrados directamente a bolsas de dimensiones de 10 x 18 cm con sustrato pan de tierra.

Los plantones de *Cedrela odorata* L. al momento de la plantación en campo experimental tuvieron cinco meses de edad con las dimensiones en promedio de altura y diámetro de 58 cm y 6.4 mm respectivamente, dichos plantones fueron transportados mediante vehículo motorizado hasta Tulumayo, lugar de la instalación de la investigación en campo definitivo.

Como Fertilizante inorgánico se usó Compomaster con contenido de N – P – K (20% – 20% – 20%).

### **2.2.2. Materiales de establecimiento y manejo**

- Lampa derecha, para extraer las muestras de suelo para su análisis.
- Bolsas de plástico, para depositar las muestras de suelo
- Machete, para la limpieza del área y para otras actividades.
- Tijera de mano para podar las raíces y poda de ramas laterales.
- Wincha de 5 m, para la medición de la altura total de las plantas de cedro.
- Wincha de 30 m, para la demarcación de la parcela experimental con sus respectivas filas y columnas.
- Vernier digital con precisión de 0.05 mm, para la evaluación del diámetro del tallo a 5 cm sobre el suelo.
- Libreta de campo, para realizar las anotaciones de las evaluaciones.

### **2.2.3. Equipos**

- Sistema de posicionamiento global (GPS) para geo referenciar la ubicación específica de la parcela experimental.
- Desbrozadora o motoguadaña, utilizado en las labores de limpieza mecánica de la parcela experimental debido al terreno plano que presentaba la parcela experimental.
- Cámara digital, para tomar fotografías de los hechos correspondientes a la investigación.

## **2.3. Metodología**

### **2.3.1. Ubicación del área**

La plantación de cedro fue instalado en una parcela de plantación de plátano de cinco meses de edad en un área de una hectárea en los terrenos del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPTALD), el cual pertenece a la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se hizo el reconocimiento de la plantación mediante un recorrido por el perímetro del mismo, marcando con estacas cada punto límite, con el fin de elaborar un plano base.

### **2.3.2. Demarcación y preparación del área experimental**

Se procedió al delimitado de los bloques y las parcelas, con sus respectivas repeticiones. Asimismo, se realizaron la limpieza del terreno de todo el material herbáceo y rastrojos, dejando limpio el contorno de la zona o punto donde se realizó la plantación, luego la apertura de hoyos. Cabe indicar que en el área del experimento existió una plantación de plátano de 5 meses de edad e instalado a una densidad de 4 metros entre planta.

### **2.3.3. Toma de muestras de suelo para el análisis**

Se realizó el muestreo al azar, tomando sub-muestras de toda el área. Luego se mezclaron las sub-muestras para obtener una muestra compuesta para el análisis en el laboratorio. Se colectaron submuestras de 40

a 50 g. de peso, a fin de obtener el peso requerido para la muestra compuesta, es decir 1 kg de suelo, homogenizando la muestra en un balde.

La colecta de la muestra se realizó con una pala haciendo un hoyo en forme de V, a fin de extraer una lámina de suelo hasta la profundidad de 20 cm, se eliminaron el material colectado de los bordes de la pala dejando solo el del centro de ella, para evitar posibles contaminaciones. El análisis del suelo fue realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelo de Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Anexo 1).

#### **2.3.4. Aplicación del fertilizante**

La aplicación del fertilizante compomaster se realizó de acuerdo a las dosis propuestas, fraccionado en dos partes, una al momento de la plantación y la otra a los 45 días después de la primera aplicación. La primera aplicación se realizó mezclando con parte de la tierra extraída de los hoyos aperturados y colocados en el fondo del mismo. La segunda aplicación se realizó en forma de círculo alrededor de la planta a una profundidad aproximada de siete a diez centímetros.

#### **2.3.5. Labores culturales**

Se realizaron actividades culturales de limpieza cada mes. Además se aplicaron dos veces un insecticida, con la finalidad de controlar al barrenador de brotes (*Hypsiphilla grandella*). Como se sabe la caoba y el cedro, son especies que presentan alta incidencia de esta plaga, en mucho de los casos el control con insecticidas no es suficiente para un control efectivo.

## **2.4. Diseño de investigación**

### **2.4.1. Tipo y nivel de investigación**

El diseño empleado para el presente trabajo de investigación fue de carácter experimental puro, explicativo y a nivel probabilístico. Experimental puro porque se ha manipulado la variable independiente (dosis de fertilizante compomaster) para obtener una respuesta o efecto en la variable dependiente (altura, diámetro y área foliar del cedro); es explicativo porque se explica la relación de causa – efecto entre la variable independiente y dependiente; es probabilístico debido a que se aplicaron un diseño al azar para obtener datos representativos.

### **2.4.2. Población - muestra**

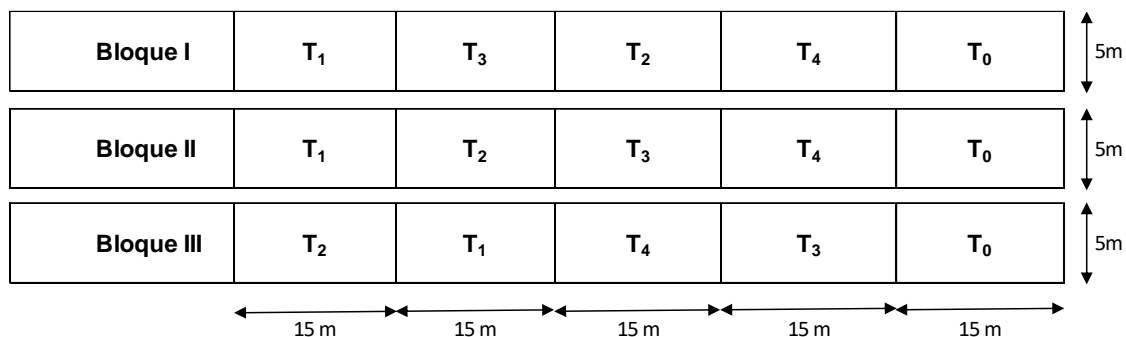
Compuesta por 45 plántones de cedro colorado (*Cedrela odorata* L.) de aproximadamente dos meses de edad después de su germinación provenientes del Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, las que fueron plantados en un área de 1.125 m<sup>2</sup> ubicado en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria, perteneciente a la jurisdicción del distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

### 2.4.3. Diseño experimental

Para el diseño experimental se utilizaron el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 15 unidades experimentales, las que fueron distribuidas en cinco tratamientos y tres repeticiones:

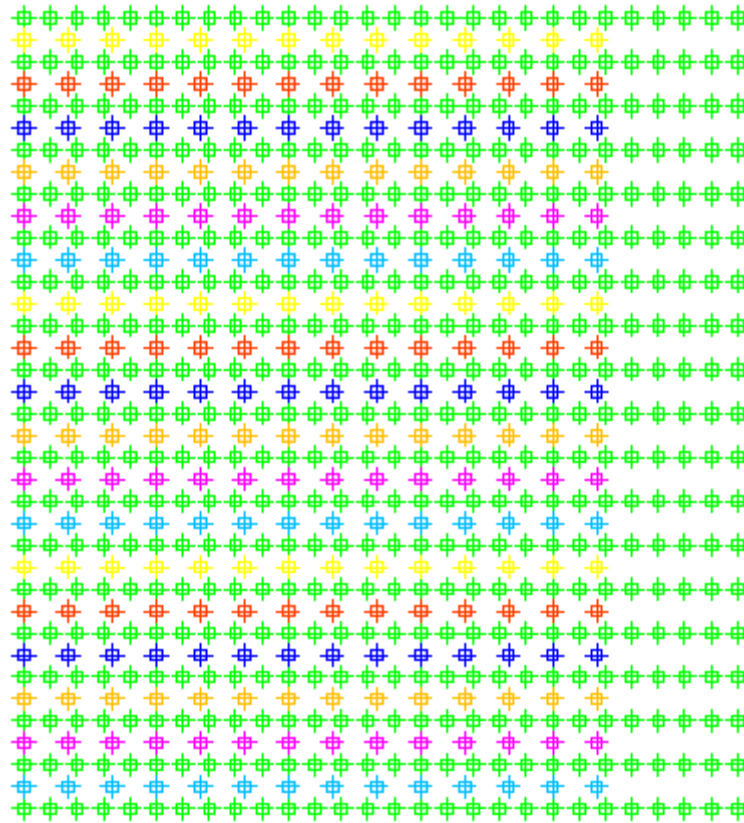
- Número de plántulas por unidad experimental : 03
- Número de plántulas por tratamiento : 09
- Número de plántulas por bloque : 15
- Números de tratamientos : 05
- Número de bloques : 03
- Número de plantas a evaluar : 45
- Área por unidad experimental : 75 m<sup>2</sup>
- Área por bloque : 375 m<sup>2</sup>
- Área total del experimento : 1125 m<sup>2</sup>








### 2.4.4. Distribución de los tratamientos



### 2.4.5. Croquis de distribución del cedro en campo experimental

#### CROQUIS DE DISTRIBUCION DE ESPECIES



|   |           |
|---|-----------|
|  | CEDRO     |
|  | PLATANO   |
|  | CAOBA     |
|  | PALIPERRO |
|  | QUINILLA  |
|  | TAHUARI   |
|  | SHAINA    |

### 2.4.6. Tratamientos de la investigación

Se manejaron cinco tratamientos, constituido por las dosis del fertilizante compomaster incluido el testigo sin dosis, el cual se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Tratamientos y sus dosis considerados en el experimento

| Tratamientos | Dosis de fertilización: NPK (*)                |
|--------------|--|
| T0           | Tratamiento testigo                            |
| T1           | 120 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20 |
| T2           | 160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20 |
| T3           | 200 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20 |
| T4           | 240 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20 |

(\*) La dosis de fertilizante compomaster será fraccionado en dos partes.

### 2.4.7. Esquema del análisis estadístico

Cuadro 3. Modelo de análisis de varianza.

| F. V.   | G. L.             | S. C.                    | C.M.                   |
|---|-------------------|--------------------------|------------------------|
| Bloque  | $(r-1) = 2$       | $\sum y^2_{.j} / t - fc$ | $\frac{S.C.B}{G.L.B.}$ |
| Tratamiento (dosis de fertilizante compomaster) | $(t-1) = 4$       | $\sum y^2_{.j} / r - fc$ | $\frac{S.C.T}{G.L.T.}$ |
| Error experimental                              | $(r-1) (t-1) = 8$ | Por diferencia           | $\frac{S.C.E}{G.L.E.}$ |
| TOTAL   | $(r t-1) = 14$    |                          |                        |



El modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio o error experimental

## 2.5. Recolección de datos

### 2.5.1. Evaluación de altura y diámetro

La evaluación de altura y diámetro de las plantas de cedro se realizaron a inicio y al final del experimento.

La medición de altura de planta se realizó en centímetros desde el nivel del suelo hasta el ápice. La medición del diámetro se efectuó en milímetros con un vernier digital, tomando la medida a 05 cm de la base del suelo.

### 2.5.2. Área foliar

El área foliar de las plantas se evaluarán al final. El método para medir el área foliar fue a través del saca bocado, cogiendo 3 plantas al azar por

tratamiento, y tres hojas de cada planta de la parte superior, media e inferior, determinándose el peso fresco. El procedimiento para el cálculo del área foliar fue: Extracción de un disco de la lámina foliar en cada hoja, con un sacabocado de 1.6 cm de diámetro (área = 2.01061 cm<sup>2</sup>) y determinación de su peso en (g). Seguidamente, se calcularon el área foliar de cada hoja, a través de la relación entre el peso de la hoja y el área del disco.

## **2.6. Procesamiento de resultados y análisis estadístico**

Los datos registrados fueron procesados en hoja electrónica Excel para la obtención de los promedios por tratamiento y bloque.

Las pruebas de significación fueron al 95% de probabilidad, y para la separación de medias de los tratamientos se emplearon el test de Duncan para un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Incremento en altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata*) en campo definitivo

Las mediciones de altura de plantas de cedro en el presente experimento se realizaron dos veces, una evaluación al inicio y otra evaluación al final, de esto se obtuvieron los valores de incremento en altura de las plantas en los distintos tratamientos. El Cuadro 4 y Figura 2, nos muestra que el T2 (160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) tiene los mayores promedios de incremento en altura en los tres bloques evaluados (90.00, 61.53, 63.97 cm) respectivamente, seguido del T3 (200 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) con mayores incrementos en altura en los bloques II y III (52.67, 55.43 cm) respectivamente. Los datos de evaluación de crecimiento en altura, diámetro de tallo y área el área foliar se ubican en (Anexo 2).

Cuadro 4. Promedios de incremento en altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata*) en campo definitivo.

| Tratamientos | Bloques |       |       |
|--------------|---------|-------|-------|
|              | B1      | B2    | B3    |
| T1           | 64.33   | 37.50 | 36.37 |
| T2           | 90.00   | 61.53 | 63.97 |
| T3           | 31.00   | 52.67 | 55.43 |
| T4           | 52.00   | 10.25 | 47.04 |
| T0           | 15.33   | 17.53 | 47.27 |

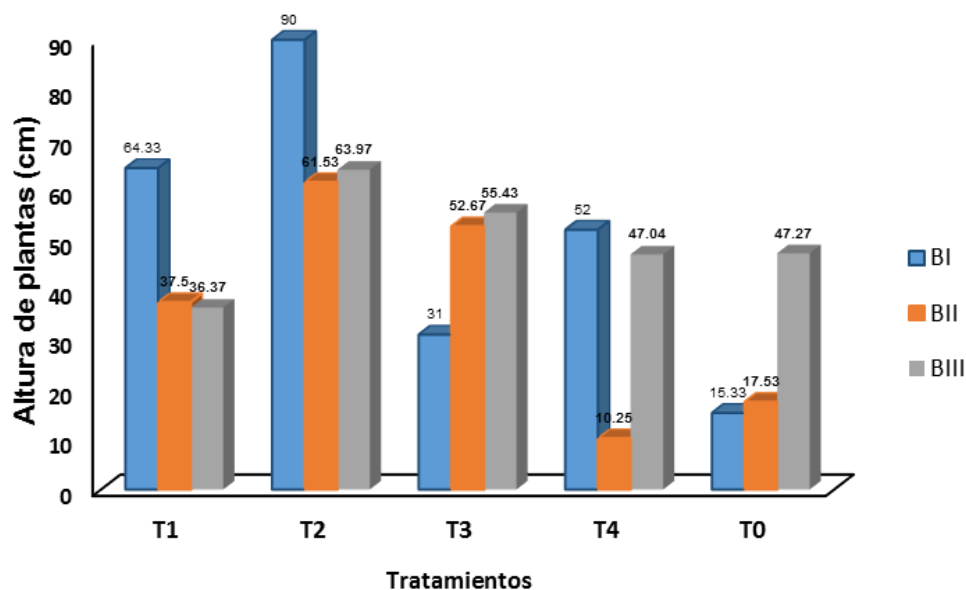


Figura 2. Promedio de incremento en altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata L.*) por cada evaluación.

Cuadro 5. Análisis de Varianza del Incremento en altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata L.*) en campo definitivo.

| F. V.        | G. L.    | SUMA DE CUADRADO | CUADRADO MEDIO | F CAL. | F TABULADO | SIG. |
|--------------|----------|------------------|----------------|--------|------------|------|
| Bloques      | 2.00     | 689.71           | 344.86         | 1.18   | 4.46       | NS   |
| Tratamientos | 4.00     | 3389.38          | 847.34         | 2.89   | 3.84       | NS   |
| Error        | 8.00     | 2344.11          | 293.01         |        |            |      |
| Total        | 14.00    | 6423.20          |                |        |            |      |
| C.V. (%)     | 37.63668 |                  |                |        |            |      |

$$R^2 = 0.635066$$

Los análisis de varianza del incremento en altura de los tratamientos evaluados tanto en bloques como en tratamientos, no presentan diferencias estadísticas significativas a los seis meses de evaluación de plantas

de cedro en campo definitivo (Cuadro 5). Al realizar la prueba de Duncan, se aprecia que el T2 (160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) tiene el mejor promedio de crecimiento en altura y en consecuencia es el mejor tratamiento con respecto a los demás (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Duncan del incremento de altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en un periodo de 6 meses.

| Tratamientos | Promedios | Grupo |
|--------------|-----------|-------|
| T2           | 71.83     | a     |
| T3           | 46.37     | a b   |
| T1           | 46.07     | a b   |
| T4           | 36.43     | b     |
| T0           | 26.71     | b     |

### 3.2. Determinar el incremento en diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata*) en campo definitivo

Las mediciones de diámetro de plantas de cedro en el presente experimento se realizaron una evaluación al inicio y otra evaluación al final, de esto se obtuvieron los valores de incremento en diámetro de las plantas en los distintos tratamientos. En el Cuadro 7 y Figura 3, nos muestra que el T2 (160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) tiene los mayores promedios de incremento en diámetro en los tres bloques evaluados (15.797 cm), seguido del

T1 (120 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) con promedios de incremento en diámetro (14.547 cm), tal como se observa en (Cuadro 7 y 9).

Cuadro 7. Incremento en diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata*) en un periodo de 6 meses en campo definitivo.

| Tratamientos | Bloques |       |       |
|--------------|---------|-------|-------|
|              | B1      | B2    | B3    |
| T1           | 14.94   | 8.97  | 19.73 |
| T2           | 22.58   | 14.92 | 9.89  |
| T3           | 8.13    | 12.26 | 12.14 |
| T4           | 14.84   | 8.18  | 12.67 |
| T0           | 8.71    | 14.00 | 11.75 |

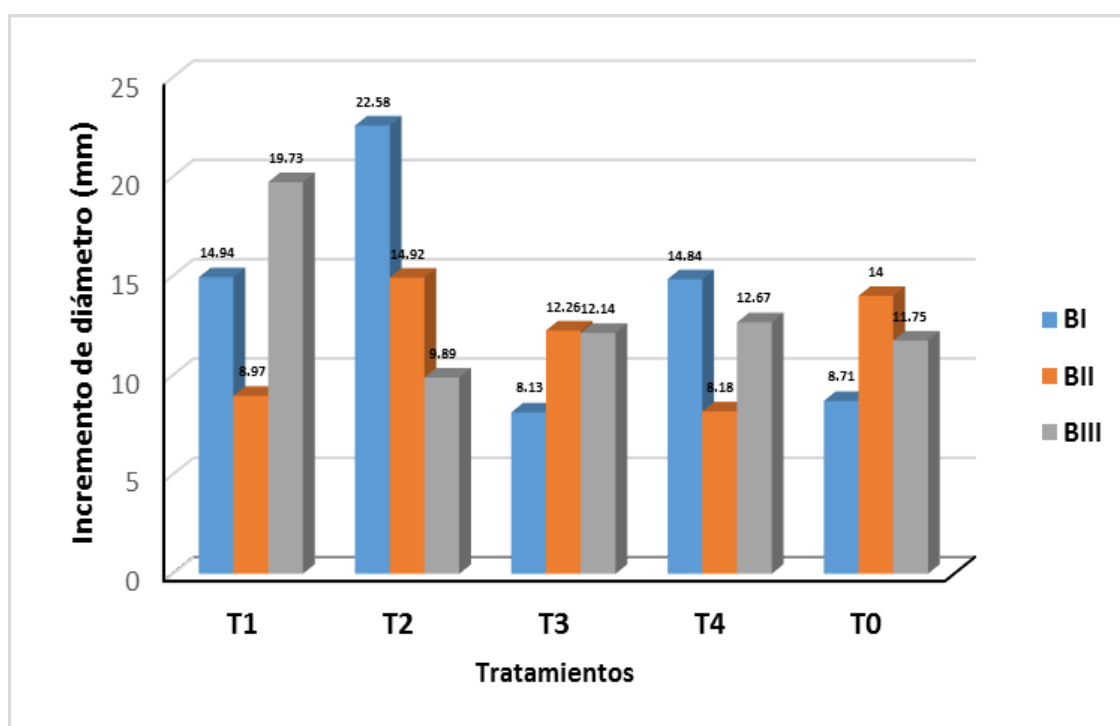


Figura 3. Promedio de diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) por cada evaluación.

Cuadro 8. Análisis de Varianza del Incremento en diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en campo definitivo.

| FUENTES DE VARIACION | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA CUADRADOS | CUADRADO MEDIO | F CAL | F TABULADO |
|----------------------|--------------------|----------------|----------------|-------|------------|
| Bloques              | 2.000              | 12.624         | 6.312          | 0.288 | 4.459 NS   |
| Tratamientos         | 4.000              | 54.991         | 13.748         | 0.627 | 3.838 NS   |
| Error                | 8.000              | 175.391        | 21.924         |       |            |
| Total                | 14.000             | 243.005        |                |       |            |

C. V. (%) 36.26048

$R^2 = 0.278164$

Cuadro 9. Prueba de Duncan del incremento de diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en un periodo de 6 meses en campo definitivo

| Tratamientos | Promedios | Grupo |
|--------------|-----------|-------|
| T2           | 15.797    | a     |
| T1           | 14.547    | a     |
| T4           | 11.897    | a     |
| T0           | 11.487    | a     |
| T3           | 10.843    | a     |

Letras iguales no muestran significancia estadística.

Tratamientos T1: 120 g, T2: 160 g, T3: 200 g, T4: 240 g y T0: 0 g de Compomaster 20 – 20 – 20.

El análisis de varianza del incremento en diámetro de los tratamientos en los bloques no presenta diferencias estadísticas significativas a los seis meses de evaluación de las plantas de cedro en campo definitivo (Cuadro 8). Al realizar la prueba de Duncan, se aprecia que el T2 (160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) tiene el mejor promedio de crecimiento en diámetro y en consecuencia es el mejor tratamiento con respecto a los demás (Cuadro 9). Todos los datos de corrida en el programa SAS, para incremento en altura, diámetro de tallo y áreas foliar del cedro, se encuentra en el (Anexo 3).

### 3.3. Área foliar de los plántones de *Cedrela odorata* L.

El área foliar fue medido al final del experimento, las hojas fueron extraídas de manera sistemática de las plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en los tratamientos y bloques instalados, el análisis ha sido realizado al final del experimento, donde se observa que numéricamente el T3 y T4 presentan mayores promedios, pero estadísticamente los tratamientos no presentan diferencias y en consecuencia todos los tratamientos son iguales (Cuadro 10, 11 y 12).

Cuadro 10. Promedio de área foliar de *Cedrela odorata* L. evaluados al final de los seis meses.

| Tratam. | Bloque 1 | Bloque 2 | Bloque 3 |
|---------|----------|----------|----------|
| T1      | 6.7333   | 5.3666   | 4.5000   |
| T2      | 6.5666   | 6.7333   | 5.0333   |
| T3      | 6.7666   | 6.7000   | 6.5666   |
| T4      | 6.9666   | 4.9000   | 6.5333   |
| T0      | 5.8333   | 4.1000   | 6.4666   |



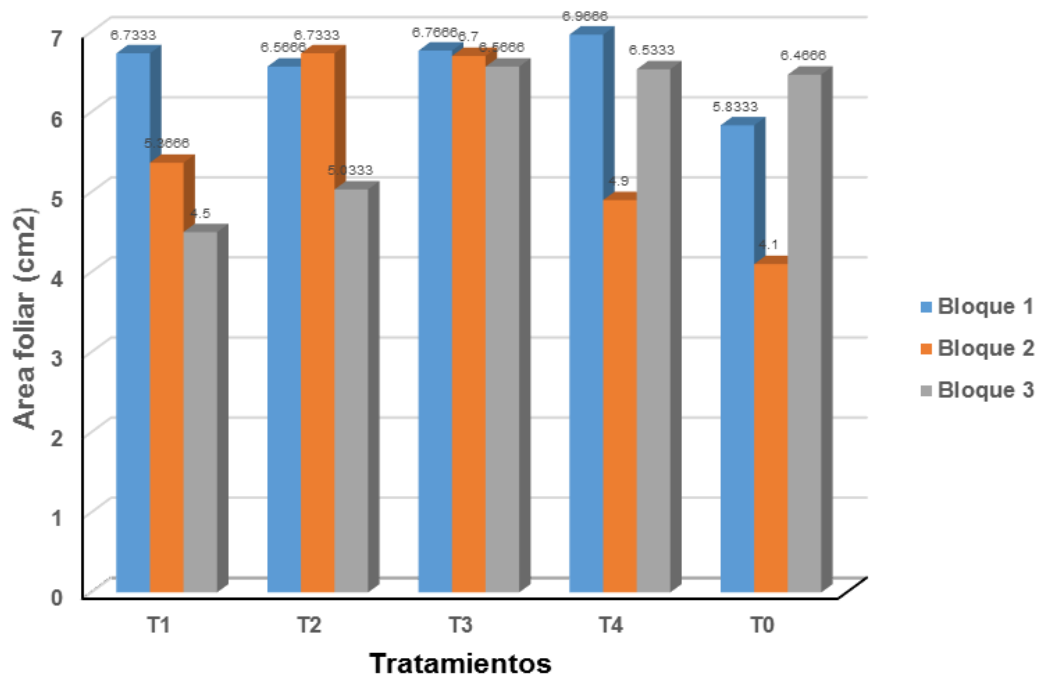


Figura 4. Promedio de área foliar de plantas de cedro (*Cedrela odorata L.*) de los tratamientos al final de la evaluación.

Cuadro 11. Análisis de Varianza del área foliar de plantas de cedro (*Cedrela odorata L.*) a los 6 meses en campo definitivo.

| FUENTES DE VARIACION | SUMA CUADRADOS | GRADOS DE LIBERTAD | CUADRADO MEDIO | F CAL | F TABULADO |
|----------------------|----------------|--------------------|----------------|-------|------------|
| Bloques              | 2.96008084     | 2                  | 1.48004042     | 1.49  | 0.2811 NS  |
| Tratamientos         | 3.48056390     | 4                  | 0.87014098     | 0.88  | 0.5178 NS  |
| Error                | 7.92883307     | 8                  |                |       |            |
| Total                | 14.36947781    | 14                 |                |       |            |
| C. V. (%)            | 16.72991       |                    |                |       |            |

$$R^2 = 0.448217$$

Cuadro 12. Prueba de Duncan del área foliar de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en un periodo de 6 meses en campo definitivo.

| Tratamientos | Promedios (cm <sup>2</sup> ) | Grupo |
|--------------|------------------------------|-------|
| T3           | 6.6757                       | a     |
| T4           | 6.1333                       | a     |
| T2           | 6.1111                       | a     |
| T0           | 5.4666                       | a     |
| T1           | 5.3666                       | a     |

Letras iguales no muestran significancia estadística.

Tratamientos T1: 120 g, T2: 160 g, T3: 200 g, T4: 240 g y T0: 0 g de Compomaster 20 – 20 – 20.

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Del Incremento en altura de plantas de *Cedrela odorata* L. instaladas en la parcela

En referencia al incremento en altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) evaluados, se observa que numéricamente el T2 (160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) presenta el mayor promedio, estadísticamente el T2 presentan diferencias con respecto a los demás tratamientos. En consecuencia, la dosis 160 g. de fertilizante compomaster 20-20-20 es el recomendado para fertilizar bajo estas condiciones de experimento realizado.

Se ha registrado que la dosis 160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20 (T2) ha tenido el mayor efecto en el crecimiento en altura del cedro, y una dosis de 240 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20 (T4), presenta el menor efecto en el incremento en altura de la planta de cedro. Esto se debe posiblemente al exceso de fertilizante aplicado y que esto ha podido afectar al sistema radicular; el fertilizante aplicado fue de origen sintético y en consecuencia su asimilación es más rápido, además que se pierde por lixiviación, asimilación por otras plantas cercanas o es consumido por microorganismos. FLORES *et al.* (1996) mencionan que al fertilizar árboles y arbustos se debe hacer una zanjilla alrededor del fuste, sea para abonos

químicos u orgánicos, posteriormente depositado el abono, se debe evitar la quema de raíces y provocar la muerte de plantas por exceso de fertilizante.

MONTERO *et al.* (2003) y LAMPRECHT (1990), indican que antes de hacer la plantación es muy aconsejable realizar un análisis de suelo, y comparar los niveles de fertilidad obtenidos en el análisis con las exigencias de la especie que se va implantar en el terreno, pero en la Amazonía existe falencias y deficiencias en el conocimiento sobre el requerimiento nutricional de esta especie y es por ello que se tiene que realizar pruebas de nutrición e interpolar para futuras investigaciones en otros tipos del suelo y bajo otras condiciones.

Además, la actividad de limpieza o control de malezas se ha realizado de manera permanente y no se permitió que crezcan malezas para evitar la competencia respectiva por luz, agua y nutrientes que fueron aportados por los fertilizantes. WADSWORTH (2000), ha comprobado que los fertilizantes son capaces de aumentar la adaptación de distintas especies, además de mejorar su resistencia contra plagas y enfermedades.

En el caso de investigaciones y plantaciones en general con cedro y caoba, el mayor riesgo de pérdida de plantas es al ataque del barrenador de brotes (*Hypsipyla glandella*). En el presente experimento se ha tenido el ataque más o menos severo que ha reducido de algún modo el crecimiento de las plantas, y esto de hecho ha reducido los promedios de incremento en el crecimiento en altura.

#### **4.2. Del diámetro de plantas de *Cedrela odorata* L. instaladas en la parcela**

El incremento en diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) evaluados, se ve reflejada de igual forma como para el incremento en altura, donde numéricamente el T2 (160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20) presenta el mayor promedio. En consecuencia, la dosis 160 g. de fertilizante compomaster 20-20-20 sería el recomendado para fertilizar plantas de cedro en las condiciones de experimento realizado.

El diámetro basal de cualquier planta, en este caso de cedro (*Cedrela odorata* L.) nos indica la característica de calidad más importante, y que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación (PRIETO *et al.*, 2003 y PRIETO *et al.*, 2009). Así mismo, Cleary *et al.* (1978) y Thompson (1984), citados por GARCÍA (2007) sostienen que el diámetro es una medida de la robustez de la planta y se considera como la mejor forma de predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo, de igual modo mencionan que el parámetro en diámetro para la producción de plantas exitosas debe de oscilar entre 4.5 a 5.5 mm en caso de *Cedrela odorata* L., pues los valores de evaluaciones de diámetro obtenidos en el presente experimento en los distintos tratamientos se encuentran dentro de este rango.

#### **4.3. Del área foliar de plantas de *Cedrela odorata* L. instaladas en la parcela**

En relación a la evaluación del área foliar, el análisis ha sido realizado al final del experimento, y que numéricamente el T3 presenta el mayor promedio, y estadísticamente los tratamientos no presentan diferencias y en consecuencia todos los tratamientos son iguales.

GARDNER *et al.* (1990), CAMPOSTRINI y YAMANISHI (2001) mencionan que el área foliar es uno de los principales factores que determinan las funciones principales de la hoja, el crecimiento y desarrollo de las plantas, la eficiencia fotosintética. Con respecto a la investigación el mayor incremento en el área foliar ha tenido en el tratamiento 3, al final de la evaluación (a los 6 meses). Este se debe a que la conformación de los folíolos de *Cedrela odorata* L. son de tamaño mediano y el efecto del fertilizante es altamente vigorizante en el crecimiento y desarrollo de esta especie forestal (QUEVEDO, 1994).

Al respecto, GUERRERO (2000) refiere que los fertilizantes minerales son materiales, naturales o manufacturados, que contienen nutrientes esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas. Asimismo, LANDIS (1989) indica que, los macronutrientes son encontrados en cantidades relativamente grandes en los tejidos vegetales siendo los elementos principales en las plantas, por lo que una fertilización con NPK tiene respuesta positiva en el incremento del número de hojas y en consecuencia mayor concentración de NPK; ERSTON (1967) reporta que, la función más importante del Nitrógeno es el crecimiento de las partes vegetativas aéreas promoviendo

un crecimiento rápido con mayor desarrollo de las hojas y tallos además, Además ERSTON (1967), atribuye al potasio efectos importantes en la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades.

La alta absorción de nitrógeno (N) en comparación con los demás elementos evaluados (fósforo y potasio) se debe a que este nutriente es el elemento más importante y el que la planta requiere en mayor cantidad (GROS, 1986; VON MAREES, 1988 y GONZÁLES; 1993).

No obstante la eficiencia del fertilizante puede depender de muchos factores tales como la profundidad radicular, la extensibilidad de sistema radicular, tipo de fertilizantes, el clima, el suelo y otras condiciones (DONAHUE et al., 1981).

GOMES *et. al.* (2002) mencionan el hecho de encontrar una mayor superficie foliar facilita la intercepción y la fijación de la energía luminosa, posibilitando un aumento en el traslado de fotoasimilatos desde las hojas a toda la planta. Considerando que una no adecuada formación en la superficie foliar de las plantas, conlleva a una reducción importante de los procesos asimilativos, fundamentalmente la fotosíntesis. Con respecto a la investigación el tratamiento T3, y T4 presentaron los mejores promedios de área foliar. Así mismo GOMES *et. al.*, (2002) señalan, que la deficiencia hídrica provoca reducción de la superficie foliar, que puede o no superarse en función del estadio de desarrollo en el cual se presente.

BENITO y CHIESA (2000) mencionan que en la mayoría de los cultivos, el nitrógeno ocasiona incrementos en el área foliar, lo cual puede ser producto de un mayor número y tamaño de las hojas, esto se ve favorecido por el tiempo de permanencia del nitrógeno en el suelo. Los resultados en la investigación lo demuestran de esa manera. Asimismo, mencionan que la estrecha relación que existe entre la acumulación de biomasa aérea y la superficie foliar, al ser esta última reducida por la disminución del suministro de nutrientes, con la consecuente menor absorción de luz y su implicación en el proceso de fotosíntesis.



## V. CONCLUSIONES

1. La aplicación de 160 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20 ha generado el mayor efecto y en consecuencia el mayor promedio de incremento en altura (71.83 cm) al final de los seis meses de evaluación.
2. Mayor efecto y promedio de crecimiento de diámetro en las plantas de cedro en campo ha obtenido el tratamiento 2 compuesto de 160 g de compomaster 20 – 20 – 20 y con el valor de 15.797 mm.
3. El tratamiento 3 compuesto de 200 g de fertilizante compomaster 20 – 20 – 20, ha generado el mayor incremento de área foliar con un valor de 6.6757 cm<sup>2</sup>.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones con la misma especie en campo definitivo, con el propósito de determinar si los resultados difieren en las diferentes etapas de crecimiento a mayor tiempo.
2. Propiciar e incentivar la continuidad de investigaciones en esta línea, experimentando en las diversas especies de latifoliadas aún no estudiadas.
3. Aplicar el fertilizante compomaster a dosis de 160 y 200 g por planta de cedro instalados en campo definitivo, porque se obtienen los mayores promedios de incremento en altura y diámetro.

## ABSTRACT

This research has as main objective to know the effect of doses of fertilizer CompoMaster growth of *Cedrela odorata* L. in final field, in the city of Tingo Maria province of Leoncio Prado, Huánuco-Perú region. The design was completely at random (DCA) with 15 experimental units, which were distributed in five treatments including witness and three repetitions, the treatments consisted of application of 120, 160, 200, 240 grams of fertilizer CompoMaster plants cedar, to know its effect the height, diameter and leaf area was evaluated. For the increase in height of cedar (*Cedrela odorata* L) at six months of treatment T2 installed constituted of (160 g fertilizer CompoMaster 20-20 - 20) achieves statistically higher average (71.83 cm). Similarly, with regard to increased stem diameter T2 consisting of (160 g fertilizer CompoMaster 20-20 - 20) has the highest average (15,797 mm) increments. Finally, in relation to the leaf area T3 consisting of 240 g fertilizer CompoMaster 20 to 20 - 20 has the highest average numerically (6.6757 cm<sup>2</sup>) of leaf areas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, P. 1987. Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo. UACH [En línea] [www. mingaonline.uach.cl/pdf/agrosur/v3.pdf/2008/83/2](http://www.mingaonline.uach.cl/pdf/agrosur/v3.pdf/2008/83/2), Doc. febrero 2008).
- BENITO, A. y CHIESA, A. 2000. Parámetros fisiológicos y productivos en cultivares de albahaca (*Ocimum basilicum*). Revista FAVE 14 (1): 19-28. 2000 ISSN 0325-3112.
- BINKLEY, D. 1993. Nutrición forestal, 1ra ed. Ed. Limusa, México D.F. 518 p.
- BRAKO, L., ZARUCCHI, L. 1993. Catálogo de Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden. Missouri, Estados Unidos. 1286 p.
- CAMPOSTRINI, E. y YAMANISHI, O. 2001. Estimativa da área foliar do mamoeiro utilizando o comprimento da nervadura central. Scientia Agrícola 58(1):39-42.
- CENTRO DE ESTUDIOS Y PROMOCIÓN DEL DESARROLLO (DESCO), 2005. Sistemas de plantaciones forestales en selva: instalación y

manejo. Programa Selva Central, 1ra Ed. Chanchamayo, Perú. DESCO.  
48 p.

CEPEDA, J. 1991. Química de los suelos. México.

CRONQUIST, A. 1981. Manual de plantas vasculares. Compañía Gleason.  
Nueva York. EE.UU.

DEVLIN, R. 1975, Fisiología Vegetal. Editorial Barcelona. p. 135-138.

DOMINGUEZ, V. 1997 Los microelementos en agricultura. Ed. Mundi Prensa.  
Madrid. España. 246 p.

DONAHUE, R., MILLER, R., SHICKLUNA, J. 1981. Introducción a los suelos y  
al crecimiento de las plantas. 1 ed. Madrid, España, Prentice / Hall  
Internacional. 624 p.

ENCARNACIÓN, F. 1983. Nomenclatura de las especies forestales comunes  
en el Perú. Proyecto PNUD/PER/81/002. Documento de trabajo N° 7.  
149 p.

ERSTON, V. 1967. Fisiología vegetal. 1ra. Ed. DF. México DF, México.  
Hispano Americana. 270 p.

FAO. 2001. Situación de los bosques del mundo. Italia, Roma. [En línea]:  
FAO, (<http://www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s00.htm>,  
documentos, 12 Ene 2015).

- FASSBENDER Y BORNEMISZA. 1987. Química de los suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Costa Rica.
- FLORES, L., GUERRA, J., OLIVERA, P. 1996. Boletín técnico; Manejo de viveros y plantaciones forestales. Universidad nacional Agraria de la Selva; Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 54 p.
- FORJAN, H. 2003. Producción de cultivos y exportación en la región sur Bonaerense. EEA INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina. [En línea]: Fertilizar.org.com, (<http://www.fertilizar.org/mportanciadelfosforoorganicodelsuelo>, artículo, 20 agosto. 2005).
- GARCÍA, M.A. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. 10 p. [En línea]: INTA, (<http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestal>, documentos 1 nov. 2007)
- GARDNER, F.; BRENT, R; MITCHELL, R., 1990. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, Ames.
- GOMES, J.M., COUTO L., LEITE H.G., XAVIER A., GARCÍA S.L.R. 2002. Parâmetros morfológicas na avaliação da qualidade de Mudanças de *Eucalyptus grandis*. Rev. Árvore 26 (6):655-664.

- GONZALES, C. 1993. Evaluación de un ensayo de fertilización en *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile. P.11 – 45. [En línea]: CYBERTESIS ([http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2002/lewin\\_p/sources/lewinp.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2002/lewin_p/sources/lewinp.pdf). 13 Ago. 2007).
- GROS, A. 1986. Abonos. Guía de práctica de la fertilización. 7 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa.560 p.
- GUERRERO, N. 2000. Abonos y fertilizantes. Regulación y Control de Insumos Agropecuarios. Lima, Perú. DIPA Boletín especial. 45 p.
- HERNANDEZ, J. 1989. Fertilización fosfatada de pasturas, dinámica de P bajo pasturas. Segundas Jornadas Técnicas Facultad de Agronomía: Uruguay. pp. 31-35. [En línea] [www. prodanimal.fagro.edu.uy//2008/83/2](http://www.prodanimal.fagro.edu.uy//2008/83/2), Doc. Enero 2008).
- HOULTON, B. 2007. Las plantas tropicales y su uso de Nitrógeno. 1ra Ed. México DF, México. Instituto Carnegie. 82 p.
- JONES, J. 1983. Una guía para el cultivo hidropónico y cultivos de crecimiento en suelos. Portland, E.U.A. OR: Timber Press 124 p.
- KANE, M. 1992. El control químico de malezas y la fertilización. Boletín informativo. Caracas, Venezuela. Nº 8. Smurfit Canton. 25 p.

- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura de los Trópicos; Los Ecosistemas Forestales en los Bosques Tropicales y sus Especies Arbóreas; Posibilidades y Métodos para un Aprovechamiento Sostenido. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zunsammenarbeit. Berlín, Alemania. 335 p.
- LANDIS, T. 1989. Manual de viveros para especies forestales de contenedor: Fertilización y riego. Vol. 4. Departamento de agricultura del servicio forestal. Washington, DC. EUA. 67 p.
- LAO, R., FLORES, S. 1972. Arboles del Perú; descripción de algunas especies forestales de Jenaro Herrera – Iquitos. UNALM – COTESU. Lima. 195 p.
- LOAYZA, V. 1967. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en plantaciones de coníferas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. CATIE 132 p.
- LOUREIRO, A.; SILVA, D.; CRUZ, D. 1979. Essências madeireiras da Amazônia. Vol I. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Brasil. 245 p.
- MARSCHNER, H. 1986. Niveles de nutrición mineral de las plantas. 1ra Ed. New York, Estados Unidos. Prensa académica. 674 p.



- MEDINA, A. 2002. Uso de enmiendas químicas y orgánicas en el establecimiento de sangre de grado (*Croton draconoides*. Muell. Arg.) en un suelo degradado. Tesis Ing. RNR. Tingo María Perú. UNAS 78 p.
- MONTERO, G., CISNEROS, O., CAÑELLAS, I. 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. INIA. Mundi-Prensa. Madrid, España. 284 p.
- NAVARRO G.; PÉREZ O. y CASTILLO G. 2007. Evaluación de cinco especies vegetales como cultivo de cobertura en valles altos de México.
- PEÑUELAS J y L. OCAÑA 1996. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: Implicaciones prácticas. Revista Ecología 15. Lima Perú.
- PRIETO, R.J.A., GARCÍA, R.J.L., MEJÍA, B.J.M., HUCHÍN, A.S., AGUILAR, V.J.L. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango. México. 48 p.
- PRIETO, R.J.A., VERA, C.G., MERLÍN, B.E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango. México. 24 p.

- PROABONOS, 2005. Aprovechamiento de abonos provenientes de aves marinas, [En línea] Agro Junín. (<http://www.agrojunin.gob.pe/opds/> 2, Documentos, Enero 2008).
- QUEVEDO, A. 1994. Crecimiento inicial de guazuma crinita trasplantada a campo abierto con aplicación de tres dosis de humus de lombriz y a tres distanciamientos. *Folia Amazónica* Vol. 6 (1-2)-1994 IIAP. 14 pág
- RAVIV, M. y BLOM, T. 2001. “El efecto de la disponibilidad y calidad del agua en la fotosíntesis y la productividad de los suelos, *Scientia Horticulturae* 88 (4), 257-276.
- RUIZ, F.; SORIA, F.; PARDO, M. y TOVAL, G. Ensayos factoriales de fertilización en masas de *Eucalyptus globulus* (Labill) de mediana edad..In: Simposio IUFRO. Desarrollando el eucalipto. (4., 2001 Valdivia, Chile) 2001. UCH Valdivia, Chile. 9 p.
- SANCHEZ, G. 1995. Fertilización química y orgánica al establecimiento de bolaina (*Guazuma crinita* Mart.) en pasturas degradadas, UNU, Facultad de Ciencias Agropecuarias Pucallpa, Perú. 43 p.
- SARMIENTO, C. 2008. Fertilidad química, física y biológica del suelo. R.A.E. [En línea] [www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/83/](http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/83/) 2, Doc. Enero 2008).

- TORO, J. 1995. Avances en fertilización en *Pinus radiata* y *Eucalyptus* en Chile. In: Simposio IUFRO. Manejo Nutritivo de plantaciones forestales. Valdivia, Chile. [En línea] Scielo. (<http://www.scielo.cl/cielo.php>, Documentos, Abril, 2009).
- TORRES, G. 2001. Avances sobre la fenología de 18 especies forestales en el bosque de la llanura aluvial inundable de Jenaro Herrera. Documento de trabajo. IIAP. Iquitos, Perú. 54 p.
- VON MAREES, A. 1998. Respuesta a la fertilización con NPK en *Eucalyptus delegatensis* R.T. Baker [En Línea]: CYBERTESIS (<http://www.cl/tesis/uchile/2003.winp.pdf>, Documentos, 20 Abr.2008).
- WADSWORTH, F. 2000. Producción forestal para América Tropical; Manual de agricultura. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA); Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE); Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO). Washington, DC., Estados Unidos. 563 p.
- WIGHTMAN K. 1999. Ensayos de sustratos y densidad con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en el sur de la Península de Yucatán. Revista foresta centroamericana. Documento técnico N°10. México.

## **ANEXO**

Anexo 1. Análisis de muestras de suelo extraídos del área del experimento.

Anexo 2. Interpretación de los rangos de concentración de nutrientes en el suelo y los niveles de muestras superficiales para la mayoría de los cultivos agronómicos y forrajeros. La interpretación para vegetales y otros cultivos podría variar.

| Nivel en el Suelo          | Potencial de Rendimiento Esperado <sup>†</sup> | Mehlich-3 Concentración de Nutrientes |                         |                      |                 |                 |                                 |                 |                 |           |
|----------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
|                            |  | P                                     | K [Mayoría de Cultivos] | K [Código de Pastos] | Ca <sup>‡</sup> | Mg <sup>‡</sup> | SO <sub>4</sub> -S <sup>‡</sup> | Mn <sup>‡</sup> | Cu <sup>‡</sup> | Zn        |
| ----- mg/kg ( o ppm) ----- |  |                                       |                         |                      |                 |                 |                                 |                 |                 |           |
| Muy Bajo <sup>§</sup>      | <65%   | <16                                   | <61                     | <21                  |                 |                 |                                 |                 |                 | <1.6      |
| Bajo <sup>§</sup>          | 65 - 85%                                       | 16 - 25                               | 61 - 90                 | 21 - 40              | ≤400            | ≤30             | ≤10                             | <40             | <1.0            | 1.6 - 3.0 |
| Medio <sup>§</sup>         | 85 - 95%                                       | 26 - 35                               | 91 - 130                | 41 - 60              |                 |                 |                                 |                 |                 | 3.1 - 4.0 |
| Óptimo                     | 100%   | 36 - 50                               | 131 - 175               | 61 - 100             |                 |                 |                                 |                 |                 | 4.0 - 8.0 |
| Arriba del Óptimo          | 100%   | >50                                   | >175                    | >100                 |                 |                 |                                 |                 |                 | >8.0      |

<sup>†</sup>Rendimiento Potencial esperado sin fertilización.  
<sup>‡</sup>Recomendaciones no proveídos para estos nutrientes. Los valores mostrados representan una guía general de interpretación.  
<sup>§</sup>Los análisis de suelo de "Muy bajos," "Bajos" y "Medio" son considerados niveles "Sub-óptimos."

Anexo 3. Evaluación de altura, diámetro de tallo y área foliar de cedro (*Cedrela odorata* L.)

Cuadro 13. Primera evaluación de altura de plantas de cedro en campo definitivo

11.02.2015

| BLOQUE I |        | BLOQUE II |        | BLOQUE III |        |
|----------|--------|-----------|--------|------------|--------|
| Tra.     | Altura | Tra.      | Altura | Tra.       | Altura |
| T1       | 83.0   | T1        | 44.0   | T2         | 58.50  |
| T1       | 77.0   | T1        | 51.0   | T2         | 58.00  |
| T1       | 75.0   | T1        | 62,5   | T2         | 56.10  |
| T3       | 72.0   | T2        | 63.2   | T1         | 66.00  |
| T3       | 67.0   | T2        | 41.2   | T1         | 67.40  |
| T3       | 73.0   | T2        | 54.0   | T1         | 61.50  |

|    |      |    |      |    |       |
|----|------|----|------|----|-------|
| T2 | 76.0 | T3 | 45.0 | T4 | 61.10 |
| T2 | 79.0 | T3 | 44.0 | T4 | 61.50 |
| T2 | 70.0 | T3 | 69.0 | T4 | 42.00 |
| T4 | 77.0 | T4 | 42.5 | T3 | 53.50 |
| T4 | 75.0 | T4 | 60.0 | T3 | 60.20 |
| T4 | 78.0 | T4 | 53,5 | T3 | 64.00 |
| T0 | 87.0 | T0 | 73.7 | T0 | 65.70 |
| T0 | 62.0 | T0 | 68.3 | T0 | 73.00 |
| T0 | 57.0 | T0 | 67.4 | T0 | 70.50 |

Valores resaltados con rojo, se refiere a plantas atacadas de *Hypsipylla grandella*

Cuadro 14. Primera evaluación de diámetro de tallo de plantas de cedro en campo definitivo

| BLOQUE I |          | BLOQUE II |          | BLOQUE III |          |
|----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| Tra.     | Diámetro | Tra.      | Diámetro | Tra.       | Diámetro |
| T1       | 10.09    | T1        | 6.08     | T2         | 8.6      |
| T1       | 9.07     | T1        | 7.67     | T2         | 6.88     |
| T1       | 7.3      | T1        | 5.55     | T2         | 9.68     |
| T3       | 8.5      | T2        | 6.98     | T1         | 8.1      |
| T3       | 7.3      | T2        | 6.99     | T1         | 10.31    |
| T3       | 7.0      | T2        | 6.47     | T1         | 7.55     |
| T2       | 7.29     | T3        | 7.18     | T4         | 8.57     |
| T2       | 10.54    | T3        | 7.25     | T4         | 8.6      |
| T2       | 9.34     | T3        | 8.1      | T4         | 7.96     |
| T4       | 6.91     | T4        | 5.95     | T3         | 8.72     |
| T4       | 8.46     | T4        | 6.16     | T3         | 7.86     |
| T4       | 9.46     | T4        | 5.3      | T3         | 8.61     |

|           |             |    |      |    |       |
|-----------|-------------|----|------|----|-------|
| T0        | 10.21       | T0 | 8.87 | T0 | 6.94  |
| T0        | 6.89        | T0 | 7.86 | T0 | 7.66  |
| <b>T0</b> | <b>5.33</b> | T0 | 9.84 | T0 | 11.57 |

Cuadro 15. Promedio de primera evaluación de diámetro de plantas de cedro en campo definitivo

| DIAMETRO PROMEDIO PRIMERA EVALUACION |              |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--------------|------|------|------|------|
| BLOQUES                              | TRATAMIENTOS |      |      |      |      |
|                                      | T1           | T2   | T3   | T4   | T0   |
| <b>BI</b>                            | 8.82         | 9.06 | 7.60 | 8.28 | 7.48 |
| <b>BII</b>                           | 6.43         | 6.81 | 7.51 | 5.80 | 8.86 |
| <b>BIII</b>                          | 8.65         | 8.39 | 8.40 | 8.38 | 8.72 |

Cuadro 16. Segunda evaluación de altura de plantas de cedro en campo definitivo

05.08.2015

| BLOQUE I |              | BLOQUE II |             | BLOQUE III |              |
|----------|--------------|-----------|-------------|------------|--------------|
| Tra.     | Altura       | Tra.      | Altura      | Tra.       | Altura       |
| T1       | 148.0        | T1        | 50.0        | T2         | <b>60.0</b>  |
| T1       | 165.0        | T1        | <b>84.0</b> | T2         | 122.0        |
| T1       | 115.0        | T1        | 121.0       | T2         | 122.0        |
| T3       | 138.0        | T2        | 112.0       | T1         | 165.0        |
| T3       | 86.0         | T2        | 45.0        | T1         | x            |
| T3       | 81.0         | T2        | 186.0       | T1         | 78.0         |
| T2       | 181.0        | T3        | 57.0        | T4         | 137.0        |
| T2       | 162.0        | T3        | 154.0       | T4         | <b>59.0</b>  |
| T2       | 152.0        | T3        | 105.0       | T4         | <b>137.0</b> |
| T4       | 77.0         | T4        | 65.0        | T3         | 111.0        |
| T4       | 175.0        | T4        | 58.0        | T3         | 131.0        |
| T4       | <b>134.0</b> | T4        | x           | T3         | 102.0        |



|    |      |    |       |           |              |
|----|------|----|-------|-----------|--------------|
| T0 | 82.0 | T0 | 86.0  | T0        | 110.0        |
| T0 | 78.0 | T0 | 176.0 | T0        | 99.0         |
| T0 | 92.0 | T0 | x     | <b>T0</b> | <b>142.0</b> |

Valores resaltados con rojo, se refiere a plantas atacadas de *Hypsipylla grandella*

Cuadro 17. Segunda evaluación de diámetro de plantas de cedro en campo definitivo

| BLOQUE I |              | BLOQUE II |              | BLOQUE III |              |
|----------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|
| Tra.     | Diámetro     | Tra.      | Diámetro     | Tra.       | Diámetro     |
| T1       | 23.5         | T1        | 7.85         | T2         | <b>13.94</b> |
| T1       | 26.31        | T1        | <b>16.39</b> | T2         | 20.93        |
| T1       | 21.47        | T1        | 21.96        | T2         | 19.97        |
| T3       | 20.16        | T2        | 25.95        | T1         | 31.97        |
| T3       | 14.82        | T2        | 8.23         | T1         | x            |
| T3       | 12.22        | T2        | 31.02        | T1         | 24.8         |
| T2       | 31.74        | T3        | 11.95        | T4         | 27.04        |
| T2       | 31.9         | T3        | 26.73        | T4         | <b>9.06</b>  |
| T2       | 31.27        | T3        | 20.62        | T4         | <b>27.04</b> |
| T4       | 10.09        | T4        | 15.82        | T3         | 17.05        |
| T4       | 30.89        | T4        | 12.14        | T3         | 22.63        |
| T4       | <b>28.36</b> | T4        | x            | T3         | 21.94        |
| T0       | 17.43        | T0        | 16.68        | T0         | 17.61        |
| T0       | 13.35        | T0        | 29.04        | T0         | 17.68        |
| T0       | 17.79        | T0        | x            | T0         | <b>26.14</b> |

Valores resaltados con rojo, se refiere a plantas atacadas de *Hypsipylla grandella*

Cuadro 18. Evaluación del área foliar de plantas de cedro al final del trabajo experimental.

| BLOQUE I |             | BLOQUE II |             | BLOQUE III |             |
|----------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|
| Trat.    | Área foliar | Trat.     | Área foliar | Trat.      | Área foliar |
| T1       | 6.4         | T1        | 4.3         | T2         | 4.0         |

|    |     |    |     |    |     |
|----|-----|----|-----|----|-----|
| T1 | 6.8 | T1 | 5.8 | T2 | 4.9 |
| T1 | 7.0 | T1 | 6.0 | T2 | 6.2 |
| T3 | 7.0 | T2 | 6.8 | T1 | 6.5 |
| T3 | 6.8 | T2 | 6.0 | T1 | 0   |
| T3 | 6.5 | T2 | 7.4 | T1 | 7.0 |
| T2 | 6.7 | T3 | 6.3 | T4 | 6.6 |
| T2 | 6.6 | T3 | 7.2 | T4 | 6.1 |
| T2 | 6.4 | T3 | 6.6 | T4 | 6.9 |
| T4 | 8.1 | T4 | 7.8 | T3 | 7.2 |
| T4 | 7.8 | T4 | 6.9 | T3 | 7.0 |
| T4 | 5.0 | T4 | 0   | T3 | 5.5 |
| T0 | 6.2 | T0 | 6.4 | T0 | 7.2 |
| T0 | 5.7 | T0 | 5.9 | T0 | 6.2 |
| T0 | 5.6 | T0 | 0   | T0 | 6.0 |

---

## Anexo 4. Corrida en programa SAS de las variables evaluadas.

### 1. Incremento en altura de cedro (*Cedrela odorata* L).

#### INCREMENTO EN ALTURA DE CEDRO

| Obs | BLOQ | TRT | VR    |
|-----|------|-----|-------|
| 1   | B1   | T1  | 64.33 |
| 2   | B1   | T2  | 90.00 |
| 3   | B1   | T3  | 31.00 |
| 4   | B1   | T4  | 52.00 |
| 5   | B1   | T0  | 15.33 |
| 6   | B2   | T1  | 37.50 |
| 7   | B2   | T2  | 61.53 |
| 8   | B2   | T3  | 52.67 |
| 9   | B2   | T4  | 10.25 |
| 10  | B2   | T0  | 17.53 |
| 11  | B3   | T1  | 36.37 |
| 12  | B3   | T2  | 63.97 |
| 13  | B3   | T3  | 55.43 |
| 14  | B3   | T4  | 47.04 |
| 15  | B3   | T0  | 47.27 |

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: VR

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 6  | 4079.287027    | 679.881171  | 2.32    | 0.1343 |
| Error           | 8  | 2344.115947    | 293.014493  |         |        |
| Corrected Total | 14 | 6423.402973    |             |         |        |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | VR Mean  |
|----------|-----------|----------|----------|
| 0.635066 | 37.63668  | 17.11767 | 45.48133 |

| Source | DF | Anova SS    | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| BLOQ   | 2  | 689.755253  | 344.877627  | 1.18    | 0.3564 |
| TRT    | 4  | 3389.531773 | 847.382943  | 2.89    | 0.0940 |

#### INCREMENTO EN ALTURA DE CEDRO

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Alpha                        | 0.05     |
| Error Degrees of Freedom     | 8        |
| Error Mean Square            | 293.0145 |
| Critical Value of t          | 2.30600  |
| Least Significant Difference | 32.23    |

Means with the same letter are not significantly different.

| t | Grouping | Mean  | N | TRT |
|---|----------|-------|---|-----|
|   | A        | 71.83 | 3 | T2  |
|   | A        |       |   |     |
| B | A        | 46.37 | 3 | T3  |
| B | A        |       |   |     |
| B | A        | 46.07 | 3 | T1  |
| B |          |       |   |     |
| B |          | 36.43 | 3 | T4  |
| B |          |       |   |     |
| B |          | 26.71 | 3 | T0  |

#### INCREMENTO EN ALTURA DE CEDRO

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| Alpha                    | 0.05     |
| Error Degrees of Freedom | 8        |
| Error Mean Square        | 293.0145 |

|                 |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Number of Means | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Critical Range  | 32.23 | 33.59 | 34.34 | 34.80 |

Means with the same letter are not significantly different.

| Duncan | Grouping | Mean  | N | TRT |
|--------|----------|-------|---|-----|
|        | A        | 71.83 | 3 | T2  |
|        | A        |       |   |     |
| B      | A        | 46.37 | 3 | T3  |
| B      | A        |       |   |     |
| B      | A        | 46.07 | 3 | T1  |
| B      |          |       |   |     |
| B      |          | 36.43 | 3 | T4  |
| B      |          |       |   |     |
| B      |          | 26.71 | 3 | T0  |

## 2. Incremento en diámetro de cedro (*Cedrela odorata* L).

#### CRECIMIENTO EN DIAMETRO DE CEDRO

| Obs | BLOQ | TRT | VR    |
|-----|------|-----|-------|
| 1   | B1   | T1  | 14.94 |
| 2   | B1   | T2  | 22.58 |
| 3   | B1   | T3  | 8.13  |
| 4   | B1   | T4  | 14.84 |
| 5   | B1   | T0  | 8.71  |
| 6   | B2   | T1  | 8.97  |
| 7   | B2   | T2  | 14.92 |
| 8   | B2   | T3  | 12.26 |
| 9   | B2   | T4  | 8.18  |
| 10  | B2   | T0  | 14.00 |
| 11  | B3   | T1  | 19.73 |
| 12  | B3   | T2  | 9.89  |
| 13  | B3   | T3  | 12.14 |

14 B3 T4 12.67  
15 B3 T0 11.75

#### The ANOVA Procedure

##### Class Level Information

| Class                     | Levels | Values         |
|---------------------------|--------|----------------|
| BLOQ                      | 3      | B1 B2 B3       |
| TRT                       | 5      | T0 T1 T2 T3 T4 |
| Number of observations 15 |        |                |

#### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: VR

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 6  | 67.5991467     | 11.2665244  | 0.51    | 0.7836 |
| Error           | 8  | 175.4198133    | 21.9274767  |         |        |
| Corrected Total | 14 | 243.0189600    |             |         |        |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | VR Mean  |
|----------|-----------|----------|----------|
| 0.278164 | 36.26048  | 4.682678 | 12.91400 |

| Source | DF | Anova SS    | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| BLOQ   | 2  | 12.59332000 | 6.29666000  | 0.29    | 0.7578 |
| TRT    | 4  | 55.00582667 | 13.75145667 | 0.63    | 0.6566 |

#### CRECIMIENTO EN DIAMETRO DE CEDRO

#### The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Alpha                        | 0.05     |
| Error Degrees of Freedom     | 8        |
| Error Mean Square            | 21.92748 |
| Critical Value of t          | 2.30600  |
| Least Significant Difference | 8.8168   |

Means with the same letter are not significantly different.

#### Duncan Grouping

|   | Mean   | N | TRT |
|---|--------|---|-----|
| A | 15.797 | 3 | T2  |
| A | 14.547 | 3 | T1  |

|   |        |   |    |
|---|--------|---|----|
| A |        |   |    |
| A | 11.897 | 3 | T4 |
| A |        |   |    |
| A | 11.487 | 3 | T0 |
| A |        |   |    |
| A | 10.843 | 3 | T3 |

### 3. Medición del Área foliar del cedro (*Cedrela odorata* L).

#### AREA FOLIAR DE CEDRO

| Obs | BLOQ | TRT | VR     |
|-----|------|-----|--------|
| 1   | B1   | T1  | 6.7333 |
| 2   | B1   | T2  | 6.5666 |
| 3   | B1   | T3  | 6.7606 |
| 4   | B1   | T4  | 6.9666 |
| 5   | B1   | T0  | 5.8333 |
| 6   | B2   | T1  | 5.3666 |
| 7   | B2   | T2  | 6.7333 |
| 8   | B2   | T3  | 6.7000 |
| 9   | B2   | T4  | 4.9000 |
| 10  | B2   | T0  | 4.1000 |
| 11  | B3   | T1  | 4.0000 |
| 12  | B3   | T2  | 5.0333 |
| 13  | B3   | T3  | 6.5666 |
| 14  | B3   | T4  | 6.5333 |
| 15  | B3   | T0  | 6.4666 |

The ANOVA Procedure

Class Level Information

| Class | Levels | Values         |
|-------|--------|----------------|
| BLOQ  | 3      | B1 B2 B3       |
| TRT   | 5      | T0 T1 T2 T3 T4 |

Number of observations 15

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: VR

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 6  | 6.44064474     | 1.07344079  | 1.08    | 0.4451 |
| Error           | 8  | 7.92883307     | 0.99110413  |         |        |
| Corrected Total | 14 | 14.36947781    |             |         |        |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | VR Mean  |
|----------|-----------|----------|----------|
| 0.448217 | 16.72991  | 0.995542 | 5.950673 |

| Source | DF | Anova SS   | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|------------|-------------|---------|--------|
| BLOQ   | 2  | 2.96008084 | 1.48004042  | 1.49    | 0.2811 |
| TRT    | 4  | 3.48056390 | 0.87014098  | 0.88    | 0.5178 |

## AREA FOLIAR DE CEDRO

## The ANOVA Procedure

## t Tests (LSD) for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Alpha                        | 0.05     |
| Error Degrees of Freedom     | 8        |
| Error Mean Square            | 0.991104 |
| Critical Value of t          | 2.30600  |
| Least Significant Difference | 1.8745   |

Means with the same letter are not significantly different.

| T<br>Grouping | Mean   | N | TRT |
|---------------|--------|---|-----|
| A             | 6.6757 | 3 | T3  |
| A             | 6.1333 | 3 | T4  |
| A             | 6.1111 | 3 | T2  |
| A             | 5.4666 | 3 | T0  |
| A             | 5.3666 | 3 | T1  |

## The ANOVA Procedure

## Duncan's Multiple Range Test for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| Alpha                    | 0.05     |
| Error Degrees of Freedom | 8        |
| Error Mean Square        | 0.991104 |

|                 |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Number of Means | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Critical Range  | 1.874 | 1.953 | 1.997 | 2.024 |

Means with the same letter are not significantly different.

| T<br>Grouping | Mean   | N | TRT |
|---------------|--------|---|-----|
| A             | 6.6757 | 3 | T3  |
| A             |        |   |     |
| A             | 6.1333 | 3 | T4  |
| A             |        |   |     |
| A             | 6.1111 | 3 | T2  |
| A             |        |   |     |
| A             | 5.4666 | 3 | T0  |
| A             |        |   |     |
| A             | 5.3666 | 3 | T1  |

## Anexo 5. Tomas fotográficas



Figura 5. Extracción de muestras de suelos para el análisis

Figura 6. Medición de la altura de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.)





Figura 7. Medición de diámetro de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.)



Figura 8. Vista de parcela experimental, con plantación de plátano y especies forestales





Figura 9. Ataque de *Hypsipyla grandella* en plantas de cedro instaladas



Figura 10. Larvas de *Hypsipyla grandella* extraídas de los brotes de cedro.