

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**INFLUENCIA DEL ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES NATIVAS  
SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y  
BIOLÓGICAS DE SUELOS DEGRADADOS EN LA LOCALIDAD  
DE CARACOL - CHINCHAO-HUÁNUCO.**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE  
SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**LESLIE VANESSA CASTILLEJOS SARAVIA**

**Tingo María – Perú**

**2015**

## DEDICATORIA

A tí Creador Todopoderoso; por darme  
vida, salud y mi existencia en este planeta.

A mis padres Edgar C. y Silvia S.; por  
su entrega y apoyo incondicional para  
lograr mis objetivos durante mi vida  
universitaria, porque sin ellos no hubiera  
cumplido este logro y sueño de  
titularme.

A mi hermano Kenny C.; y abuelitas por  
su apoyo y el gran afecto que nos une.

A Luis García R.; por su gran cariño y  
apoyo incondicional.

A mis tías, primos y demás familiares;  
por su apoyo.

## AGRADECIMIENTOS

- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por compartir y transmitirme sus conocimientos en las aulas universitarias.
- Al Proyecto de Investigación Aplicada con financiamiento del canon, sobre canon y regalías mineras “Modelo de sucesión ecológica en los bosques fragmentados de la cordillera Carpish, Huánuco-Perú” (Resolución N° 127-2014-R-UNAS) por el apoyo en la ejecución del proyecto de tesis.
- Al Blgo. M.S.c. Chuquilín Bustamante, Edilberto, por su invaluable asesoramiento en la investigación.
- Al Ing. M.S.c. Robles Rodríguez, Rafael, por brindarme su apoyo incondicional, sugerencias en la ejecución de la investigación.
- A los miembros del jurado calificador de la tesis: Ing. M.Sc. Wilfredo Alva Valdiviezo, Ing. M.Sc. Ytavclerh Vargas Clemente e Ing. M.Sc. Roberto Obregón Peña, por sus oportunas sugerencias.
- A mis amigas Tatiana Palomino y B. y Duany Dávila H. por su gran apoyo en el desarrollo y ejecución de la tesis.

- Al señor Arturo Berrospi Piñán y a la señora Nely Viuda de Malatesta por su apoyo incondicional en la estadía durante el desarrollo del proyecto y por permitir llevar a cabo la ejecución del proyecto en sus terrenos.
  
- Al señor Pablo Morales por su apoyo incondicional y permitir llevar a cabo la ejecución del proyecto en sus terrenos.
  
- Al señor Juez de Paz, Jeremías Tineo Cercedo, por el apoyo en las gestiones para la ejecución del proyecto.
  
- Al señor Gelacio Jáuregui por su apoyo en los trabajos de campo durante la ejecución del proyecto.

## ÍNDICE

	Página
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Restauración ecológica.....	4
2.2. Degradación de suelos.....	4
2.2.1. Compactación del suelo.....	4
2.2.2. Erosión.....	5
2.2.3. Desertificación.....	5
2.3. Restauración de suelos.....	5
2.4. Prácticas de recuperación de suelo.....	5
2.4.1. Cobertura de suelo.....	6
2.4.2. Abonos verdes.....	6
2.4.3. Enmienda orgánica.....	6
2.5. Propiedades del suelo.....	7
2.5.1. Propiedades físicas.....	8
2.5.1.1. La textura.....	8
2.5.1.2. Estructura.....	8
2.5.1.3. Resistencia de penetración.....	8
2.5.2. Propiedades químicas.....	9

2.5.2.1.	Reacción del suelo.....	9
2.5.2.2.	Materia orgánica.....	10
2.5.2.3.	Capacidad de intercambio catiónico.....	11
2.5.2.4.	El nitrógeno del suelo.....	11
2.5.2.5.	El fósforo en el suelo.....	12
2.5.2.6.	Potasio disponible.....	13
2.5.3.	Propiedades biológicas.....	14
2.5.3.1.	Macrofauna del suelo.....	14
2.5.4.	Índices (Shannon-Winner, Simpson).....	15
2.6.	Especies nativas.....	15
2.7.	Generalidades de especies nativas a instalar.....	16
2.7.1.	Topa ( <i>Ochoroma pyramidale</i> Cav.ex Lam).....	16
2.7.1.1.	Aspectos generales y taxonómica.....	16
2.7.1.2.	Información taxonómica.....	17
2.7.1.3.	Área de distribución.....	17
2.7.1.4.	Características ecológicas.....	18
2.7.1.5.	Cobertura forestal asociada.....	18
2.7.1.6.	Usos.....	18
2.7.2.	Cetico ( <i>Cecropia engleriana</i> Lin. Mar).....	18
2.7.2.1.	Aspectos generales y taxonómica.....	18
2.7.2.2.	Descripción botánica.....	19
2.7.2.3.	Información taxonómica.....	20
2.7.2.4.	Clima.....	20
2.7.2.5.	Importancia ecológica.....	20

2.7.2.6. Cobertura forestal asociada.....	21
2.7.2.7. Usos.....	21
2.7.3. Recuperación de conocimientos tradicionales para la restauración forestal.....	22
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Lugar de ejecución.....	25
3.2. Ubicación ecológica.....	25
3.3. Características generales de la zona.....	25
3.3.1. Clima.....	25
3.3.2. Suelo.....	26
3.3.2.1. Características físicas.....	26
3.3.3. Vegetación.....	26
3.4. Materiales y equipos.....	26
3.4.1. Material vegetativo.....	26
3.4.2. Materiales de campo.....	26
3.4.3. Equipos de campo.....	27
3.4.4. Equipos de gabinete.....	27
3.5. Metodología.....	27
3.5.1. Fase de pre campo.....	27
3.5.1.1. Determinación de la zona de estudio.....	27
3.5.1.2. Diagnostico rápido.....	27
3.5.1.3. Delimitación de las parcelas.....	28
3.5.2. Fase de campo.....	28
3.5.2.1. Plantación.....	28

3.5.2.2. Manejo de la parcela experimental.....	28
3.5.2.3. Limpieza.....	29
3.5.2.4. Muestreo de suelo.....	29
3.5.2.5. Muestreo de macrofauna.....	29
3.5.2.6. Densidad de macrofauna.....	29
3.5.2.7. Diversidad de especies.....	30
3.5.2.8. Diseño estadístico.....	31
3.5.2.9. Determinación de las propiedades del suelo.....	31
3.5.2.10. Evaluación.....	32
3.5.2.11. Determinación de la altura de dos especies.....	32
3.5.2.12. Análisis estadístico.....	32
3.5.2.13. Modelo aditivo lineal.....	33
3.5.2.14. Análisis de varianza (ANVA).....	34
3.5.2.15. Descripción del diseño experimental.....	34
3.5.2.16. Variables de medición.....	35
3.5.3. Fase de gabinete.....	36
IV RESULTADOS.....	37
4.1. Propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del establecimiento de las especies nativas.....	37
4.1.1. Textura del suelo.....	37
4.1.2. Resistencia de penetración.....	39
4.1.3. Reacción del suelo (pH).....	42
4.1.4. Materia orgánica.....	43
4.1.5. Nitrógeno disponible en el suelo.....	44

4.1.6. Fósforo en el suelo (ppm).....	46
4.1.7. Potasio disponible en el suelo (Kg/ha).....	47
4.1.8. CICe en el suelo.....	49
4.2. Determinación de la diversidad y densidad de macrofauna.....	50
4.2.1. Análisis de varianza de la densidad de macrofauna.....	50
4.2.2. Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon-Winner antes del establecimiento de especies...	52
4.2.3. Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon-Winner después del establecimiento de especies	53
4.3. Incremento del nivel de altura de dos especies nativas.....	54
4.3.1. Análisis de varianza del incremento de altura a los dos meses y al año de haber instalado las especies nativas....	54
V DISCUSIÓN.....	57
5.1. Propiedades físicas y químicas antes y después de la instalación de las especies nativas.....	57
5.2. Densidad y diversidad de macrofauna del suelo bajo el establecimiento de especies nativas.....	62
5.3. Incremento del nivel de altura de dos especies nativas en suelos degradados después de un año de haber sido instalado..	64
VI CONCLUSIONES.....	66
VII RECOMENDACIONES.....	68
VIII ABSTRACT.....	69
IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXO.....	81

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Indicadores físicos, químicos y biológicos del suelos.....	31
2 Tratamientos en la investigación.....	33
3 Esquema del análisis de varianza.....	34
4 Textura del suelo antes de la instalación de las especies nativas(cético topa).....	37
5 Textura del suelo después de la instalación de las especies nativas (cético y topa).....	38
6 Resistencia de penetración ( $\text{Kg/cm}^2$ ) a diferentes profundidades en suelos degradados antes del establecimiento de dos especies nativas (media $\pm$ error estándar).....	39
7 Resistencia de penetración ( $\text{Kg/cm}^2$ ) a diferentes profundidades en suelos degradados después de un año del establecimiento del cético (media $\pm$ error estándar).....	40
8 Resistencia de penetración ( $\text{Kg/cm}^2$ ) a diferentes profundidades en suelos degradados después de un año del establecimiento de la topa (media $\pm$ error estándar).....	41
9 Resistencia a la penetración ( $\text{Kg/cm}^2$ ) a diferentes profundidades en suelos degradados después de un año en	

	suelo sin ningún tipo de vegetación instalada (media± error estándar).....	42
10	Reacción del suelo antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).....	42
11	Porcentaje de materia orgánica (%) antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar)....	44
12	Porcentaje de nitrógeno en el suelo antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar)....	45
13	Fósforo (ppm) en el suelo antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).....	46
14	Potasio en el suelo (Kg/ha) antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).....	48
15	CIC efectivo en el suelo antes de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).....	49
16	Densidad media de la macrofauna antes y después de la instalación de las especies nativas. (media± error estándar)....	51
17	Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon – Wiener antes del establecimiento de las especies nativas. ....	52
18	Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon – Wiener después del establecimiento de las especies a instalar.....	53

19	Altura media (cm) de dos especies nativas a dos meses de haber sido instalado y al año de haber sido instalado (media± error estándar).....	55
20	Interpretación de potasio disponible.....	83
21	Interpretación de % de materia orgánica.....	83
22	Interpretación de fosforo disponible.....	83
23	Interpretación de niveles de pH .....	84
24	Niveles de resistencia de suelo a la penetración.....	84
25	Niveles de CICe en el suelo.....	84
26	Niveles de Nitrógeno en el suelo.....	85

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.....	35
2 Reacción del suelo (pH) antes y después de la instalación de las especies nativas.....	43
3 Porcentaje de materia orgánica (%) antes y después de la instalación de las especies nativas.....	44
4 Porcentaje de nitrógeno (%) antes y después de la instalación de las especies nativas.....	45
5 Fosforo (ppm) antes y después de la instalación de las especies nativas.....	47
6 Potasio disponible (Kg/ha) antes y después de la instalación de las especies nativas.....	48
7 CICE antes y después de la instalación de las especies nativas.....	50
8 Densidad total de macrofauna (ind*m <sup>2</sup> ) antes de la instalación de las especies nativas .....	51
9 Densidad total de macrofauna (ind*m <sup>2</sup> ) después de la instalación de las especies nativas.....	51
10 Densidad total de macrofauna (ind*m <sup>2</sup> ) después de la instalación de las especies nativas.....	55

11	Diferencia de alturas en la primera evaluación y segunda evaluación.....	56
12	Plantaciones de topa en estado natural.....	86
13	Recolectando plantones de topa.....	86
14	Trasladando plantones de topa a la parcela.....	87
15	Plantaciones de cético en natural.....	87
16	Trasladando plantones de topa a la parcela.....	88
17	Plantaciones de cético en la parcela.....	88
18	Plantaciones de topa en la parcela.....	89
19	Evaluación de la altura del cético en la parcela.....	89
20	Toma de muestras de suelo.....	90
21	Recolección de macrofauna por conteo.....	90
22	Evaluación de la resistencia de penetración a 0 cm. de profundidad.....	91
23	Evaluación de la resistencia de penetración a 20 cm. de profundidad.....	91

## RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Caracol, distrito de Chinchao, provincia y región Huánuco, a 1558 msnm. En esta localidad se están desarrollando sistemas agrícolas y pecuarios extensivos que ya están ocupando grandes áreas a lo largo de la cuenca Chinchao, las cuales después de su uso son y han sido abandonadas por varios años teniendo como consecuencia suelos degradados con una cubierta vegetal dominada por herbáceas asociada a arbustos escasos. El estudio tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo antes y después del establecimiento de *Ochroma pyramidale* y *Cecropia engleriana*, y el incremento de altura de estas especies.

Se delimitó una parcela de 31 m x 31 m con subparcelas de 10 m x 10 m. En mayo del 2014, se instaló las especies en las subparcelas con un distanciamiento de 1 m x 1 m. Se utilizó el DBCA, correspondiendo tres subparcelas al testigo, tres a *O. pyramidale* y tres a *C. engleriana*. A los dos meses y al año de la instalación se midió la altura de las plántulas. Tanto antes como después de la instalación de las especies se tomaron nueve muestras compuestas de suelo para su respectivo análisis. Se aplicó el ANVA para verificar si existieron diferencias significativas entre tratamientos.

La textura del suelo se mantuvo en franco arcillosa y el nivel de resistencia a 20 cm de profundidad determinó que los suelos son duros o muy duros, antes y después del establecimiento de *O. pyramidale* y *C. engleriana*. En la

instalación de *C. engleriana* el pH ha variado de fuertemente ácido (4.85) a medianamente ácido (5.02), la materia orgánica de un nivel bajo (1.81%) a un nivel medio (2.01%). En los tres tratamientos el contenido de nitrógeno, el nivel fósforo disponible, potasio disponible y el CICe en el suelo antes y después de la instalación de las especies no presentaron variaciones. En la instalación de *C. engleriana* la densidad de macrofauna ha variado de 139 a 195 ind\*m<sup>2</sup> y el índice de diversidad de Shannon-Wiener de 1.53 a 2.01 nats/ind; y en la de *Ochroma pyramidale*, la densidad de 133 a 147 ind\*m<sup>2</sup>, y el índice de diversidad de 1.52 a 1.82 nats/ind. La altura *O. pyramidale* ha variado de 8.51 a 39.96 cm y de *C. engleriana* de 8.49 a 18.52 cm después de un año de instalación.

**Palabras claves:** propiedades fisicoquímicas, suelos degradados, macrofauna, *Ochroma pyramidale*, *Cecropia engleriana*.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante su desarrollo social en nuestro país, el hombre ha mantenido una constante interacción con la naturaleza, obteniendo con su trabajo los recursos que ésta le brinda para satisfacer sus necesidades de alimento, abrigo, y muchas otras; sin embargo por la explosión demográfica y los avances científicos y tecnológicos aplicados sin una conciencia conservacionista, entre otros factores, el hombre ha venido ejerciendo una creciente presión sobre la naturaleza, provocando el deterioro de amplias superficies de terreno (BECERRA, 1998).

La destrucción del bosque nublado de Carpish no escapa a esta amenaza, debido a la deforestación y reducción a pequeños fragmentos, tanto por la presión humana (quema, tala y pastoreo) como por causas naturales. Las carreteras y en este caso la carretera central, ha permitido el ingreso de colonos y destrucción masiva de hábitats naturales en Carpish (FRANKE *et al.*, 2005, DOUREJANNI *et al.*, 2009).

El bosque achaparrado sufre impactos por quema de pastizales con el fin de obtener nuevos pastos para ganado y tala para leña; situación distinta a los bosques de las zonas bajas en donde la destrucción es por expansión de terrenos agrícolas para el cultivo de la hortensia. Las zonas bajas lamentablemente se encuentran muy degradadas por el cambio de uso de la tierra (FOSTER, 2001); por lo que él, impacto combinado del cambio climático

con deforestación, satura la capacidad de soporte de estos ecosistemas (MAHLI *et al.*, 2008).

En la localidad de Caracol, existen grandes áreas degradadas con predominancia de pastizales indicadoras de suelos pobres y escasa actividad agrícola o forestal por parte de los agricultores. La práctica de quemar la vegetación es muy común en este lugar y es bastante dañina pues impide la regeneración y mata a las plantas nativas, disminuyendo la cobertura vegetal.

Bajo estas condiciones los suelos necesitan regenerarse y recuperar las propiedades físicas, químicas y biológicas para lo cual es necesario realizar el establecimiento de especies nativas de la topa (*Ochroma pyramidale*) y el cético (*Cecropia engleriana*), ya que estos juegan un papel muy importante en la recuperación de suelos, debido a la aportación de materia orgánica que estos generan. Las plantaciones nativas pueden cumplir con una variedad de servicios que incluyen la acumulación de carbono, aporte de materia orgánica, ayuda a la protección del suelo y acelera la recuperación natural de estos (ROMÁN, 2006); de lo referido surgieron interrogantes como ¿Cuál fue el efecto del establecimiento de las especies nativas sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos degradados en la localidad de Caracol? y como hipótesis se tuvo que el establecimiento de especies nativas la topa (*O. pyramidale*) y el cético (*C. engleriana*) influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos degradados.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. General**

- Evaluar el efecto del establecimiento de especies nativas sobre propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos degradados en la localidad de Caracol.

### 1.1.2. Específicos

- Determinar las propiedades físicas (textura y grado resistencia de penetración) y químicas del suelo (materia orgánica, Nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, Capacidad de intercambio catiónico), en suelos degradados antes y después del establecimiento de especies nativas topa (*Ochroma pyramidale*) y cetico (*Cecropia engleriana*).
- Determinar diversidad y la densidad de macrofauna bajo el establecimiento de especies nativas en la localidad de Caracol.
- Determinar el incremento de altura de dos especies nativas en suelos degradados después de un año de haber sido instalado.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Restauración ecológica**

La restauración ecológica es el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido donde la trayectoria de desarrollo de un ecosistema degradado queda totalmente bloqueada y su restablecimiento a través de procesos naturales puede demorarse mucho tiempo (SER, 2004).

### **2.2. Degradación de suelos**

El fenómeno de degradación se manifiesta en la pérdida de la cubierta vegetal o en el descenso de la productividad agrícola asociado con cambios importantes en las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que incrementa su vulnerabilidad ante los agentes erosivos. Las causas para que un suelo se degrade son las siguientes:

#### **2.2.1. Compactación del suelo**

Éste proceso ocurre como consecuencia de los procesos de pérdida de la materia orgánica, uso intensivo de maquinaria agrícola, sobrepastoreo e inundación de tierras entre otras. El suelo compactado pierde la capacidad de almacenamiento de agua y aire y por lo tanto se reduce la oferta de estos elementos para el desarrollo de la vegetación.

### **2.2.2. Erosión**

El suelo se desgasta naturalmente debido a la acción de la lluvia y del viento, sin embargo debido a la acción humana este proceso se aceleró. Este proceso de erosión por acción humana es entonces corregible, de lo contrario el suelo puede volverse estéril y causar una migración forzada (FIGUEROA, 2004).

### **2.2.3. Desertificación**

Es la degradación de la tierra en áreas áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas como resultado de varios factores que incluyen las variaciones climáticas y las actividades humanas (PAVA, 2011).

## **2.3. Restauración de suelos**

La restauración de suelos es el reverso de la degradación del suelo y los suelos degradados pueden restaurarse por sí mismos una vez que los factores causantes de la degradación son eliminados. Esto involucra un adecuado uso de la tierra y la selección de un apropiado sistema de manejo del suelo y del cultivo para revertir la tendencia a la degradación. El uso apropiado de la tierra (de acuerdo a la evaluación de la capacidad de uso) y el adecuado manejo de suelo y cultivos (según la capacidad del suelos y requerimiento del cultivo) revertirán la tendencia a la degradación a través de la activación de las características de resiliencia del suelo citado por (Lal, 1998; citado por LÓPEZ, 2002).

## **2.4. Prácticas de recuperación de suelos**

Los factores que determinan las prácticas de recuperación dependen de las causas que determinaron la degradación, la cual puede ser

multicausal, por lo cual se requiere evaluar el origen e importancia de cada una con el fin de definir el orden o prioridad de las prácticas de rehabilitación.

#### **2.4.1. Cobertura de suelo**

La cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma. Asimismo, la cobertura del suelo, con plantas en crecimiento, varía de especie a especie, en función de sus características fenológicas y vegetativas (ciclo, hábito de crecimiento, altura, velocidad de cobertura del suelo, estado de crecimiento) y de las prácticas culturales necesarias para su cultivo como la densidad poblacional, fertilización y enclavamiento.

#### **2.4.2. Abonos verdes**

Es la utilización de plantas en rotación, sucesión y asociación con cultivos comerciales, incorporándose al suelo o dejándose en la superficie, ofreciendo protección, ya sea como un mantenimiento y/o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Adams, 1966, citado por FAO, 2000).

#### **2.4.3. Enmienda orgánica**

Un suelo con bajo contenido en materia orgánica y por ende con escasa actividad microbiana determinan una baja calidad y fertilidad edáfica, lo que finalmente dificulta la instauración de una cubierta vegetal. La introducción

de un enmendante orgánico en el suelo promueve el desarrollo de reacciones químicas, físico-químicas y procesos microbiológicos. Estas reacciones conducen a modificaciones en las características físicas del suelo, lo que se manifiesta en aumentos de la capacidad de retención de agua, infiltración, porosidad y estabilidad estructural (Roldan *et al.*, 1996, citado por FIGUEROA, 2004).

## **2.5. Propiedades del suelo**

Una propiedad física, química o biológica del suelo es aquella que caracteriza al suelo; por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el intemperismo (desintegración por agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (VOLKE, 2005).

Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de materia orgánica y de humedad, el pH, la estructura del suelo y la aeración y de forma indirecta a través del efecto que tienen sobre la vegetación (DUBS *et al.*, 2004; SWIFT *et al.*, 1976, citado por CURRY, 1987).

Los suelos requieren de muchos años para regenerarse y recuperar sus características físicas, químicas y biológicas en forma natural, proceso que requiere como mínimo 10 años para iniciar un nuevo ciclo agrícola (VARGAS y VALDIVIA, 2005).

## **2.5.1. Propiedades físicas**

### **2.5.1.1. La textura**

Es una de las propiedades que puede ser utilizada como indicador de la calidad del suelo, ya que este refleja la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros (HÜNNEMEYER *et al.*, 1997).

### **2.5.1.2. Estructura**

La estructura del suelo está relacionada estrechamente con la textura, existen diferentes tipos o clases de estructura del suelo, por ejemplo: estructura porosa (el suelo se desmorona al frotarlo); granítica (el suelo es duro); laminar (los minerales están formando laminas); columnar (los minerales forman columnas o bases, etc.) (PORTA, 2003).

### **2.5.1.3. Resistencia a la penetración**

La resistencia a la penetración se ve afectada por compactación del suelo que ocurre cuando se aplica presión o carga a la superficie del suelo, esto como resultado de pisoteo de animales y personas, la inadecuada utilización de equipos como tractores, especialmente cuando el suelo está húmedo. El tipo de sistema radicular es la otra condicionante del grado de

penetración de las raíces, la resistencia a la penetración depende marcadamente del contenido de agua del suelo: cuanto más seco está el suelo mayor es su resistencia a la penetración (RAMIREZ, 2005).

Asimismo, FIXEN (1994) menciona que la resistencia física a la penetración de las raíces en suelos compactados reduce la habilidad para obtener fósforo. Y produce una severa restricción del crecimiento de las raíces, causada primordialmente por el pisoteo de los animales, uso de los equipos para granja y para laboreo, y tráfico vehicular (DORAN y LINCON ,1999).

## **2.5.2. Propiedades químicas**

### **2.5.2.1. Reacción del suelo**

Una de las características del suelo más importantes es su reacción, ésta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico, como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (BUCKMAN y BRADY, 1966).

Los suelos ácidos suelen presentar concentraciones de Ca muy bajas y limitantes de la producción vegetal. Para aportar importantes cantidades de Ca al suelo y aumentar su pH, se suele aconsejar la aplicación de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), debido a que este producto es barato, su solubilidad es relativamente baja (sus efectos duran varios años) e incrementa el pH. Dicho incremento a su vez reduce o elimina la toxicidad por aluminio, que es otro inconveniente típico de los suelos ácidos (MORENO, 1978).

La acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores que incluyen la toxicidad de aluminio, manganeso e hidrogeno y la deficiencia de nutrientes esenciales, especialmente calcio, magnesio, fosforo y molibdeno. Pero el factor limitante del crecimiento más importante en estos suelos ácidos, es la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable (SADZAWKA *et al.*, 2006).

ETCHEVERS (1988) afirma que la toxicidad del Al es probablemente el factor que más limita el crecimiento de las plantas en suelos fuertemente ácidos (pH menor que 5.5 en la mayoría de los suelos).

FASSBENDER (1987) sostiene que el factor más perjudicial para las plantas en suelos fuertemente ácidos es la toxicidad de Aluminio ( $Al^{+3}$ ), particularmente cuando el pH es inferior a 5.0. La toxicidad del  $Al^{+3}$  también limita la degradación microbiana de la materia orgánica.

#### **2.5.2.2. Materia orgánica**

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi

todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (BORNEMISZA, 1982).

### **2.5.2.3. Capacidad de intercambio catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de una muestra de suelo o de alguno de sus componentes, expresa: el número de moles de iones de carga positivos adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación de masa-solución dada. Un mol de carga positiva equivale a  $6.02 \times 10^{23}$  cargas de cationes adsorbidos. En unidades SI la CIC se expresa en centimoles de carga positiva por kilogramo,  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  o bien  $\text{cmolc kg}^{-1}$ . Con anterioridad se venía utilizando como unidad el  $\text{meq/100g}$ , cuyo uso se halla todavía muy extendido, el valor numérico es el mismo con ambas unidades (PORTA, 2003). La determinación de la CICe, es la suma de calcio, magnesio, potasio, sodio y aluminio (contribución del aluminio en la CICe) dan una buena estimación de la toxicidad de aluminio en suelos (SADZAWDA y CAMPILLO, 1999).

SANCHEZ (1981) afirma que se necesita un CIC efectivo de por lo menos  $7 \text{ meq/100g}$ , para retener la mayoría de los cationes contra la lixiviación.

### **2.5.2.4. El nitrógeno del suelo**

Las formas asimilables de nitrógeno por las plantas son la nítrica y la amoniacal y la mayor reserva de nitrógeno se encuentra en la atmósfera, este contenido atmosférico se aprovecha en parte a través de los procesos microbianos como la fijación de nitrógeno (BORNEMISZA, 1982).

Las formas minerales del nitrógeno en el suelo provienen generalmente de la descomposición de los residuos orgánicos de nitrógeno, materiales frescos orgánicos, abonos orgánicos. Humos, etc. Estas formas por lo general son nitrógeno amoniacal  $N-NH_4^+$  y el nitrógeno nítrico  $N-NH_3^-$ . Estos procesos biológicos y minerales ocurren debido a la influencia de los macro y micro organismos existentes en el suelo. Determinación de nitrógeno total en suelo se realizara mediante el método Kieldhal clásico o Kieldhal modificado en algunas ocasiones (CALDERON, 1999).

DAHMKKE y JOHNSON (1990) menciona que la cantidad de nitrógeno en el suelo, depende de la temperatura, humedad, aireación, tipo de residuos orgánicos, pH, y otros factores.

Asimismo, SANCHEZ (1981) sustenta que los factores que influyen en el contenido de materia orgánica afectan también el contenido de nitrógeno, implicando una relación directa entre la evolución de este elemento con la materia orgánica.

#### **2.5.2.5. El fósforo del suelo**

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, 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 %. 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 (BORNEMISZA ,1982).

El mismo autor sustenta que 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).

ARDENSON (1995) hace referencia que los suelos ácidos ( $\text{pH} < 5$ ) normalmente tienen bajo contenido de fósforo disponible para la planta y requieren niveles altos de fertilización con fósforo.

Asimismo HUAMANI y MANSILLA (1995) reportan que la disponibilidad de fósforo es baja en  $\text{pH}$  bajos (ácidos) y esto acompañada de altas precipitaciones hacen que el fósforo precipite como fosfato insoluble de hierro y aluminio debido a su alta reactividad.

#### **2.5.2.6. Potasio disponible**

Las plantas absorben el potasio como ión y su función es en la mayoría de los procesos vitales de la planta. Su rol en la planta es múltiple: Es el catión más importante, no solo respecto a su alto contenido en los frutos, sino también respecto a sus funciones bioquímicas y fisiológicas tales como: a) Activación de enzimas; b) Crecimiento y división celular en tejidos jóvenes; c)

Síntesis de carbohidratos, proteínas y aceites; d) Transporte de azúcares a través del floema usando ATP como fuente de energía; e) Uso del agua: la absorción de agua por las raíces y regulación de la transpiración; f) Mayor tolerancia a condiciones estresantes debido a la sequía, salinidad, heladas y enfermedades, y regulador de los balances iónicos en la planta (MORRÁS y CRUZATE, 2001).

KOLMANS y VASQUEZ (1996) plantea que una deficiencia de potasio provoca bajo rendimiento y poca estabilidad de la planta, mala calidad y alta perecibilidad del producto cosechado, mayor necesidad de agua, bloqueo de la síntesis de proteínas (escaso efecto del nitrógeno), poca resistencia a plagas, enfermedades y heladas.

### **2.5.3. Propiedades biológicas**

#### **2.5.3.1. Macrofauna del suelo**

La fauna del suelo o edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana. Para vivir en el suelo, estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración en oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones microclimáticas que pueden llegar a ser muy fuertes (LAVELLE *et al.*, 1994).

#### **2.5.4. Índices (Shannon-Winner, Simpson)**

ODÚM (1972) señala que el índice de Shannon – Winner mide el grado de incertidumbre que existe para predecir la especie a la cual pertenece un individuo extraído aleatoriamente de la comunidad para un número dado de especies e individuos, la función tendrá valor mínimo cuando todos los individuos pertenecen a una especie y un valor máximo cuando todas las especies tengan la misma cantidad de individuos. Una característica de Shannon – Winner, es su sensibilidad a los cambios en la abundancia de las especies raras. Por otra parte el método de Simpson el rango de diversidad es de 0 -1 donde el valor bajo es menor de 0.7 que equivale un 70%.

GOLICHER (2006) menciona que el índice de Shannon\_Winner (H), mide más o menos lo mismo que Simpson (D), pero su lógica teórica está más profundamente basada en la Teoría informática. Esto hace su interpretación un poco menos intuitiva. Sin ir a más detalle (H) normalmente toma valores entre 1 y 4.5 valores encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos". Por razones que no son tan obvias como el caso de Shannon el máximo valor que puede tomar H es el logaritmo de S,  $\ln(S)$ , o sea si la comunidad es completamente Equitativa  $\exp(H)=S$ . Para confundir el asunto un poco, la derivación original de Shannon fue con logaritmos al base de dos y Algunos autores todavía lo usan así.

#### **2.6. Especies nativas**

Una especie nativa, especie indígena o autóctona es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinados. Su presencia en esa

región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana. Todos los organismos naturales, en contraste con organismos domesticados, tienen su área de distribución dentro de la cual se consideran nativos. Fuera de esa región si son llevadas por los humanos se las considera especies introducidas (MORGAN, 2005).

## **2.7. Generalidades de especies nativas a instalar**

### **2.7.1. Topa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam)**

#### **2.7.1.1. Aspectos generales y taxonomía**

*Ochroma pyramidale* Cav., conocido comúnmente como balsa, guano, corcho, lana, pau de balsa y bois flot, es un árbol de amplia distribución que invade terrenos recién perturbados. Esta especie de crecimiento rápido produce una madera de muy baja densidad que se usa para juguetes, artesanías, chapa de interiores y material aislante. Es una especie forestal apreciada por su rápido crecimiento y fácil regeneración por lo que está lista para su corte alrededor de 4 a 5 años que la distingue de otras maderas, y por sus cualidades ecológicas al favorecer la conservación del medio ambiente, así como por su resistencia, ligereza y excelentes propiedades acústicas y térmicas de su madera. Tiene una capacidad de regenerar terrenos degradados por acciones de roza, tumba, quema y conservación de afluentes de agua y en sistemas agroforestales. Sus innumerables características, flotabilidad, aislador acústico térmico, suavidad y fortaleza, etc., y sus propiedades, físicas, mecánicas y estéticas dan una balsa una extensa y variada infinidad de aplicaciones (FRANCIS ,1991).

Es una especie nativa de América Tropical, con una altura promedio de 20 a 30 metros de alto con un diámetro de 30 a 90cm, de fuste recto, cilíndrico, corteza lisa color grisáceo o café, copa amplia ramas dispersas, sus semillas oscuras, aceitosa y de apariencia lanosa (MADEPRON, 2000).

#### **2.7.1.2. Información taxonómica**

Reino	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malvales
Familia	: Bombacaceae
Género	: <i>Ochroma</i>
Especie	: <i>pyramidale</i> (FRANCIS, 1991)

#### **2.7.1.3. Área de distribución**

Se encuentra distribuida en toda América Tropical, desde México, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay y el oeste de las Indias. En el Perú se encuentra distribuida en los departamentos de Loreto, Huánuco. Habita en bosques primarios y secundarios no inundados. Esta especie es típica de los bosques secundarios con buen drenaje, generalmente en las formaciones de la selva alta (RENGIFO y TRUJILLO, 1992).

#### **2.7.1.4. Características ecológicas**

Especie pionera de corta vida y muy rápido crecimiento que coloniza claros y áreas abiertas. Es intolerante a la sombra y muy favorecida por la luz directa. Se observa en la vegetación secundaria de selvas altas y medianas perennifolias por debajo de los 500 m de altitud. Sus semillas son dispersadas por el viento.

#### **2.7.1.5. Cobertura forestal asociada**

La balsa se puede encontrar en rodales puros o en rodales mixtos en asociación con otras especies pioneras, tales como *Cecropia sp*, *Cecropia engleriana*, *Guazama crinita*, *Bixa arbórea*, *Ceiba*.

#### **2.7.1.6. Usos**

Madera muy liviana y durable que se utiliza en maquetas de arquitectura y empaques aislantes ligeros; localmente se usa para hacer balsas, artesanías y juguetes. La fibra algodonosa de los frutos se aprecia como material de relleno de cojines y colchones. La corteza externa de individuos jóvenes sirve como fibras y cuerdas de amarre (MONTAGNINI, 2004).

### **2.7.2. Cetico (*Cecropia engleriana* Lin .Mar)**

#### **2.7.2.1. Aspectos generales y taxonomía**

*Cecropia engleriana* conocido comúnmente como yarumo o cético, chancarro, guarumo, guarina, hormiguillo, trompeta. Importante en la recuperación de terrenos degradados. Además de no tener un alto

requerimiento de nutrientes, produce una gran cantidad de hojarasca que se degrada lentamente. La hojarasca es sumamente efectiva para la restauración del suelo, pues favorece una elevada diversidad de colémbolos, biomasa de microartrópodos, contenido de materia orgánica y capacidad de retención de agua. Su papel puede ser muy importante al proveer nutrientes a las especies primarias (FRANCO y BERG, 1997).

### **2.7.2.2. Descripción botánica**

Alcanza de 10 a 20 metros de altura, con raíces fúlcreas, tronco hueco con hormigas simbióticas, de 25 a 70 centímetros de diámetro. Su corteza externa es de color gris o blanco con lenticelas negras. Sus hojas son simples, con el envés glauco, blancuzco y el haz de color verde brillante. Sus inflorescencias son de color blanquecino, las masculinas con pedúnculo de 9 a 14 centímetros de longitud y los filamentos de 15 a 20 centímetros de longitud. Las femeninas con pedúnculo de 7 a 18 milímetros de longitud y espigas de 5 a 20 milímetros. Sus frutos son de color verdoso, frecuentemente con raíces fulcrantes y poco ramificados, tallos terminales normalmente huecos y septados, habitados por hormigas, con látex oscuro al secarse. Hojas peltadas, ligera a profundamente palmatilobadas; pecíolos teretes y acostillados, con pulvínulo grande en la base. Inflorescencias en espigas densas y carnosas, umbeladas en el ápice de los pedúnculos y envueltas por una espata decidua; sépalos connados; estambres 2, libres; estigmas fimbriados (CASTAÑEDA, 2007). Las asociaciones entre plantas y hormigas bajo la definición de mutualismo fue propuesta por (BRONSTEIN, 1998).

### 2.7.2.3. Información taxonómica

Reino	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub clase	: Horquetero
Orden	: Rosales
Familia	: Moraceae
Género	: <i>Cecropia</i>
Especie	: <i>Engleriana</i> (FRANCO y BERG, 1997)

### 2.7.2.4. Clima

*Cecropia engleriana* es una especie nativa del trópico americano, típico del clima cálido, de bosques secundarios y áreas inundables (vegas), forma rodales homogéneos. Especie de madera liviana (FRANCO y BERG, 1997).

### 2.7.2.5. Importancia ecológica

Especie secundaria, heliófila, una de las especies pioneras de vegetación secundaria temprana más abundantes y conspicuas de las zonas tropicales cálido-húmedas. Se presenta en vegetación secundaria derivada de cualquier tipo de selva excepto selva baja caducifolia y espinosa. La capacidad de esta especie para colonizar rápidamente áreas desmontadas es ampliamente conocida fundamentalmente a que sus poblaciones maduras

producen ininterrumpidamente abundantes frutos que son buscados por numerosas especies de aves y mamíferos. En algunas zonas desmontadas del estado de Chiapas, donde no hubo alteración del suelo han llegado a establecerse bosques en los que dominan *Cecropia obtusifolia*, *Cecropia peltata* y *Schizolobium parahybum*. *C. obtusifolia* y *C. peltata* constituyen una comunidad vegetal denominada “guarumal” (FRANCO y BERG, 1997).

LONGINO (1991) sostiene que en la etapa joven del árbol de *Cecropia*, colonias incipientes y maduras de una variedad de hormigas arbóreas se puede encontrar habitando los internodos. La lista de especies incluye los géneros (*Gnamptogenys*, *Heteroponera*, *Pachycondyla*, *Pseudomyrmex*, *Crematogaster*, *Solenopsis*, *Pheidole*, *Wasmannia*, *Cephalotes*, *Procryptocerus*, *Camponotus* y *Myrmelachista*).

#### **2.7.2.6. Cobertura Forestal Asociada**

Esta especie se encuentra asociada *Brosimum alicastrum*, *Licania sp.*, *Ochroma pyramidale* (MARRERO, 1954).

#### **2.7.2.7. Usos**

Artesanal (tronco): Las fibras del tronco tienen un uso artesanal. Instrumentos musicales. Combustible [madera]. Se hace carbón para la fabricación de pólvora.

Comestible (flor): La infrutescencia es comestible, con un sabor similar al del higo. Los frutos presentan un valor nutritivo relativamente alto;

tienen una proporción mayor de proteínas que los de otras moráceas y lauráceas.

Construcción (madera): El tronco se utiliza en la construcción de chozas, palapas, cercas y sustituto de tuberías para conducir agua (por ser hueco) (FRANCO y BERG, 1997).

### **2.7.3. Recuperación de conocimientos tradicionales para la restauración forestal**

En menos de cinco décadas, la selva lacandona –último reducto de selva alta perennifolia en México y Norteamérica – perdió más del 50% de su superficie boscosa (MENDOZA y DIRZO, 1999). La vegetación original fue sustituida por extensos pastizales y por un mosaico de ambientes modificados por la actividad humana, frecuentemente dominados por helechos y otras especies vegetales invasoras, que impiden su utilización agropecuaria y dificultan su regeneración natural (LEVY y AGUIRRE, 2005).

Este grupo étnico conserva una técnica ancestral que permite la acelerada recuperación de áreas aprovechadas en la agricultura. Esta técnica se sustenta en la utilización del árbol chujúm (*Ochroma pyramidale*), una especie de interés comercial y amplia distribución en América (LONGWOOD, 1962; ASCER, 1975), y rápido crecimiento, que es capaz de enriquecer los suelos agotados por la agricultura y la ganadería, así como de rehabilitar áreas degradadas como consecuencia de las quemadas frecuentes (LEVY y DUNCAN, 2004).

Cuando se trasplantaron plántulas de chujúm cultivadas en vivero a parcelas con un aprovechamiento agrícola intensivo (milpa) y a sitios dominados por (*Pteridium aquilinum*), se lograron tasas altas de supervivencia. La siembra directa igualmente dio buenos resultados (DOUTERLUNGNE *et al.*, 2007).

Después de un año, el suelo de las parcelas restauradas se cubrió con una densa capa de hojarasca; se empezó a observar la presencia de aves y murciélagos (fauna dispersora de semillas), y el reclutamiento natural de vegetación leñosa.

LEVY y DUNCAN (2004) encontraron que el manejo tradicional de este árbol les permite a los lacandones acelerar la recuperación del ecosistema selvático, al identificarse un aumento de 5% de la materia orgánica del suelo bajo la copa de densas poblaciones de chujúm, en comparación con áreas cercanas a otras especies nativas. Los datos obtenidos son muy alentadores y reafirman la posibilidad de que esta técnica permite la RCN y del ecosistema selvático a largo plazo. El uso del chujúm es una opción viable para que los campesinos de la región rehabiliten terrenos que tradicionalmente se han considerado perdidos para la agricultura, con una planta que, además, tiene valor económico.

Posteriormente, se establecieron parcelas experimentales en dos condiciones: un terreno derivado de un aprovechamiento agrícola intensivo y un área dominada por helecho (*P. aquilinum*), conocido regionalmente como petatilla. En la selva lacondona este helecho invade grandes extensiones de tierra y las vuelve inservibles para cualquier aprovechamiento agrícola o

pecuario, además de impedir los procesos naturales de regeneración (LEVY y AGUIRRE, 2005).

Los resultados de estos ensayos muestran que para ambas condiciones, las plantas de madera balsa sobreviven casi en su totalidad cuando son trasplantadas (80%) y con un porcentaje menor cuando las semillas son sembradas directamente (67%). El crecimiento en altura arroja información sorprendente: en la parcela agrícola, los árboles crecieron en promedio casi siete metros en un año, mientras que en la parcela con petadilla poco más de cinco en el mismo periodo (DOUTERLUNGNE *et al.*, 2007).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La investigación se llevó a cabo en la localidad de Caracol, políticamente pertenece al distrito de Chinchao, provincia de Huánuco, región Huánuco. Geográficamente se encuentra ubicado a 383369 este y 8934119 norte a una altitud de 1558 msnm (Anexo 1).

#### **3.2. Ubicación ecológica**

De acuerdo a la clasificación ecológica de las zonas de vida (INRENA, 1995) en la zona de estudio se presentan dos zonas de vida, predominando el bosque pluvial – Montano Bajo Tropical (bp-MBT) sobre el bosque muy húmedo-Montano Bajo Tropical (bmh-MBT).

#### **3.3. Características generales de la zona**

##### **3.3.1. Clima**

De acuerdo a la estación meteorológica del Proyecto Carpish de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la localidad de Caracol, se reportan datos específicos de clima de mayo de 2014 a abril del 2015. La temperatura varía entre 17.45 a 18.82°C con un promedio anual de 18.19 °C, la precipitación media mensual varía de 65 a 339.60 mm con un promedio anual de 2362.9 mm y la humedad varía de 79.53 a 91.52 % con un promedio

anual de 86.74 %. Asimismo, la estación seca va de mayo a setiembre y la estación húmeda, de octubre a abril.

### **3.3.2. Suelo**

#### **3.3.2.1. Características físicas**

Este suelo se caracteriza por presentar especies vegetales propias de un suelo con lavado de nutrientes, tratándose de un terreno en estado de degradación. Desde el punto de vista geomorfológico, dichas áreas ocupan posiciones en las vertientes, con pendientes entre 10% a 40%. Según los análisis realizados, presentan suelos con textura franco arcilloso y pH fuertemente ácido.

#### **3.3.3. Vegetación**

La vegetación presente en la zona de estudio es la macorilla (*P. aquilinum*) y gramíneas (*Andropogon bicornis*, *A. lateralis*, *Melinis minutiflora*).

### **3.4. Materiales y equipos**

#### **3.4.1. Material vegetativo**

Se necesitaron 600 plantones entre cetico (*Cecropia engleriana*) y topa (*Ochroma pyramidale*), las cuales han sido colectadas a raíz desnuda.

#### **3.4.2. Materiales de campo**

Pala recta, machete, rafia, wincha de 30 y 50 m, cinta métrica, bolsas plásticas, pico, balanza, etiquetas, muestreador de 25 x 25 x 20 cm,

cilindros de Uhland, libreta de campo, plumón indeleble, brújula, lapiceros, barreno, postes.

### **3.4.3. Equipos de campo**

GPS (Sistema de Posición Geográfica), cámara fotográfica digital.

### **3.4.4. Equipos de gabinete**

Balanza analítica, computadora, estufa, equipos de laboratorios de suelos.

## **3.5. Metodología**

Para la investigación se plantearon tres fases: fase de pre campo, fase de campo y fase de gabinete.

### **3.5.1. Fase de pre campo**

#### **3.5.1.1. Determinación de la zona de estudio**

El área en donde se instaló la parcela demostrativa pertenece al Distrito de Chinchao, Provincia de Huánuco, Región de Huánuco. Tomándose en cuenta la Localidad de Caracol.

#### **3.5.1.2. Diagnóstico rápido**

El diagnóstico rápido se realizó mediante el recorrido por el terreno y se observó el estado actual del suelo. Esto fue necesario para conocer las características físicas de la parcela.

### **3.5.1.3. Delimitación de parcelas**

Se delimitó la parcela experimental que consistió en hacer una limpieza general del área, hacer la delimitación con la rafia necesaria, empleando postes de arbustos de la zona. Los postes tuvieron 1.50 m de largo y se colocaron tres hileras de rafia distanciados en 30 cm desde el suelo y entre hileras. Seguidamente se delimitó las sub-parcelas (tratamientos a establecer) y las calles, que se utilizarán rafias.

## **3.5.2. Fase de campo**

### **3.5.2.1. Plantación**

Para la instalación del cetico (*Cecropia engleriana*) y topa (*Ochroma pyramidale*) se removió el suelo en los puntos donde se instaló cada especie. Esta remoción se realizó con el apoyo de un pico y la profundidad estuvo entre 10 y 15 cm. Las especies nativas se obtuvieron de manera directa de la zona, estas fueron instaladas a raíz desnuda en las sub parcelas de 10 x 10 m y los distanciamientos por especie fueron de 1 x1m (MENDOZA y DIRZO, 1999). La instalación se inició en mayo del 2014 y el trabajo de investigación tuvo una duración de un año.

### **3.5.2.2. Manejo de la parcela experimental**

El mantenimiento involucró principalmente el riego después de la primera semana de plantación. Cuando los plántones presentaron mortandad, se realizó el recalce respectivo.

### **3.5.2.3. Limpieza**

La limpieza de cada parcela se hizo de forma manual plateando cada mes las 2 especies de plantas, evitando la proliferación de alguna tipo de maleza.

### **3.5.2.4. Muestreo de suelo**

El muestreo de suelos se realizó al inicio y al término de la investigación, con la ayuda del barreno se obtuvo nueve muestras compuestas, las mismas que fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su respectivo análisis físico, químico.

### **3.5.2.5. Muestreo de macrofauna**

El método de muestreo de la macrofauna del suelo utilizado fue similar al recomendado por el Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF) (Anderson y Ingram, 1993, citado por PASHANASI, 2002). El área de la unidad básica de muestreo fue de 25 x 25 x 20 cm de profundidad. Se realizaron 3 unidades básicas de muestreo por bloque. Los organismos colectados fueron conservados en alcohol 70 % y en formol 4%, luego fueron identificados con la ayuda de claves taxonómicas a nivel de orden y familia.

### **3.5.2.6. Densidad de macrofauna**

Dado que para cada muestreo se utilizó un cuadrado de 25 cm de lado, lo que representa  $1/16 \text{ m}^2$ , los datos de cada punto de muestreo fueron

multiplicados por 16 para obtener unidades de número de individuos por m<sup>2</sup> (ind. m<sup>2</sup>) (CORREIA y OLIVEIRA, 2000).

### 3.5.2.7. Diversidad de especies

Efectos de medir la diversidad alfa, se empleó los índices de Shannon – Wiener (H'), Simpson (D) (MORENO, 2001).

#### -- Índice de Shannon – Wiener (H)

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Dónde:

H' = Índice de diversidad (bits/individuo).

P<sub>i</sub> = Abundancia relativa de especies.

S = Número total de especies de la muestra.

Ln = Logaritmo natural.

#### - Índice de Simpson (1-D)

Evalúa el grado de dominancia y de diversidad

$$D = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

Dónde:

D = Índice de dominancia de Simpson ajustado al valor de la unidad.

Pi = Frecuencia relativa.

S = Número de especies.

### 3.5.2.8. Diseño estadístico

El modelo empleado fue un Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) (Figura 1) y estuvo distribuido según PADRON (1996).

### 3.5.2.9. Determinación de las propiedades del suelo

Cuadro 1. Indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo.

Propiedades del suelo	
Indicadores Físicos	Método de su determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro Bouyoucos.
Resistencia a la penetración	Método directo (penetro metro)
Indicadores químicos	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro.
Nitrógeno total	Método de Kjelfahi
Fosforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método ácido sulfúrico.
Capacidad de intercambio catiónico	Método del acetato.

---

Indicadores biológicos

---

Densidad de la Macrofauna

Método directo por conteo

---

Fuente: DORAN y LINCOLN (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005).

### **3.5.2.10. Evaluación**

Se realizó un muestreo inicial de suelos antes de realizar la instalación de la plantación de las especies cético (*C. engleriana*), topa (*O. pyramidale*). Y un muestreo al final de la investigación que se realizó a los 12 meses después de la instalación de los plantones. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Recursos Naturales para su respectivo análisis de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

### **3.5.2.11. Determinación de la altura de dos especies**

Se determinó la altura total de los plantones a los dos meses y al año de haber sido instaladas, esto con la ayuda de una regla de 30 cm y una wincha.

### **3.5.2.12. Análisis estadístico**

El establecimiento de la parcela experimental, estuvo compuesto por dos especies nativas utilizadas en la investigación presentando el siguiente tratamiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos en la investigación.

Tratamiento	Especie	Área (m <sup>2</sup> )	Distancia	Plantones**
T <sub>0</sub>		300*	--	--
T <sub>1</sub>	cético	300	1 x 1 m	300
T <sub>2</sub>	topa	300	1 x 1 m	300

### 3.5.2.13. Modelo aditivo lineal

Las variables evaluadas serán influenciadas por el efecto de los promedios (genético y ambiental), efecto de las especies, los bloques generados y el error influenciado por el investigador o el ambiente, la cual se representará por la ecuación de la forma  $Y_{ij}$ .

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Para:  $i = 1, 2, 3, \dots, t$  tratamientos

$j = 1, 2, \dots, r$  Bloques

Donde:

$Y_{ij}$  = Es la variable respuesta, que corresponde a la unidad experimental que pertenece al  $j$ -ésimo bloque donde se instaló el  $i$ -ésimo tratamiento.

$\mu$  = Efecto de la media poblacional.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (especies).

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Efectos aleatorio, Error Experimental

### 3.5.2.14. Análisis de varianza (ANVA)

Para realizar el análisis de varianza (Cuadro 3) se procedió según PADRON (1996).

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal
Bloques	(r-1)	SCbloq	CMbloq	$\frac{CM_{bloque}}{CMe}$
Tratamiento	(t-1)	SCtrat	CMtrat	$\frac{CM_{trat}}{CMe}$
Error Experimental	(r-1)(t-1)	SCe	CMe	
Total	tr-1	SCtotal		

### 3.5.2.15. Descripción del diseño experimental

Unidades experimentales/especie : 300

Plantones/ unidad experimental : 1 plantón

Ancho de las calles (bloque a bloque) : 0.5 m

Área total experimental	:	961 m <sup>2</sup>
Área neta experimental	:	900 m <sup>2</sup>
Distancia entre plantas	:	1 m
Número de plantones por tratamiento	:	300 plantones
Número de plantones por hoyo	:	1 plantón

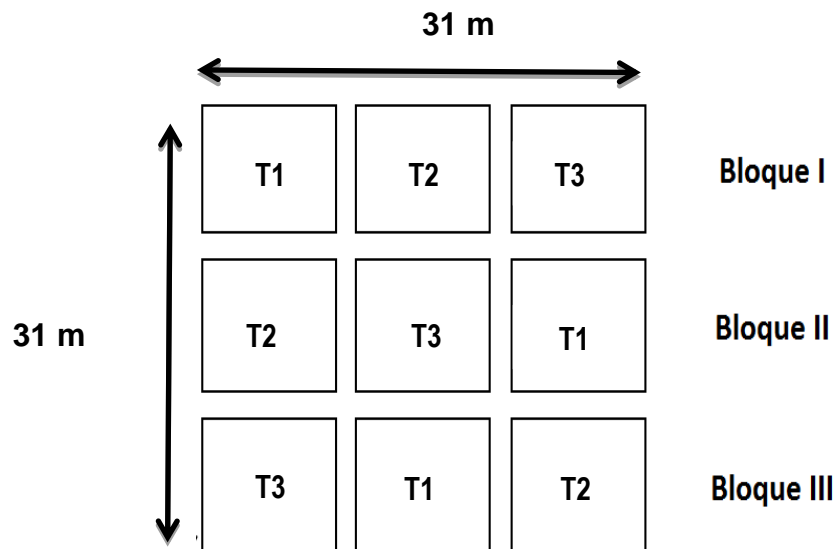


Figura 1. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.

### 3.5.2.16. Variables de medición

Se registrarán dos (02) evaluaciones, la primera antes del establecimiento y otra a los 12 meses de establecido; y las variables a registrar serán los siguientes:

**Variable dependiente**

- Propiedades físicas del suelo (textura, resistencia de penetración).
- Macrofauna del suelo (Ind/m<sup>2</sup>)
- Altura de las especies
- Propiedades químicas del suelo (materia orgánica, reacción del suelo, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico)

**Variable independiente**

- Las especies nativas topa y cetico.

**3.5.3. Fase de gabinete**

Los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos de suelos, la variación del diámetro y la altura de las dos especies instaladas y la densidad de la macrofauna para su respectiva evaluación se utilizó el software Excel 2013 y se procesaron en el paquete estadístico InfoStat 2013 para determinar el respectivo análisis de varianza (ANVA). Asimismo, se utilizó la prueba de DGC a un 95% de confiabilidad para realizar las comparaciones entre uno y la otra especie. Para los casos que no tuvieron una distribución normal se utilizó la prueba no paramétrica de Shapiro Wills.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del establecimiento de las especies nativas

#### 4.1.1. Textura del suelo

La textura del suelo en los diferentes tratamientos (cético, topa y testigo) presento una textura liviana (franco arcilloso) tal como se muestra en los (Cuadro 4) y (Cuadro 5). Esto se mantuvo antes y después del establecimiento de las especies nativas. Es decir las proporciones de arena, arcilla y limo presentaron mínimas variaciones. El porcentaje de arena va desde 23.53 hasta 47.23% y desde 27.32 hasta 47.32%, antes y después de la instalación de dichas especies, respectivamente. El porcentaje de arcilla va desde 30.13 hasta 41.33% y desde 29.85 hasta 42.25% antes y después de la instalación de dichas especies, respectivamente y el porcentaje de limo encontrado va desde 19.27 hasta 31.18% y desde 22.14 hasta 31.27% antes y después de la instalación de dichas especies, respectivamente.

Cuadro 4. Textura del suelo antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa).

Tratamientos	Análisis mecánico			Textura
	Arena %	Arcilla %	Limo %	
Cético	26.12	39.25	19.27	Franco Arcilloso

Cetico	24.73	37.13	24.2	Franco Arcilloso
Cetico	25.86	39.24	31.18	Franco Arcilloso
Topa	27.15	30.13	29.21	Franco Arcilloso
Topa	25.67	31.2	28.27	Franco Arcilloso
Topa	23.53	41.33	30.19	Franco Arcilloso
Testigo	47.23	33.12	25.12	Franco Arcilloso
Testigo	35.87	32.76	23.11	Franco Arcilloso
Testigo	33.64	33.06	25.36	Franco Arcilloso

Cuadro 5. Textura del suelo después de la instalación de las especies nativas (cetico y topa).

Tratamientos	Análisis mecánico			Textura
	Arena %	Arcilla %	Limo %	
Cetico	27.32	38.75	22.14	Franco Arcilloso
Cetico	24.95	36.25	25.19	Franco Arcilloso
Cetico	30.13	37.29	31.27	Franco Arcilloso
Topa	28.12	29.85	30.04	Franco Arcilloso
Topa	26.05	31.25	28.36	Franco Arcilloso
Topa	23.72	41.15	30.28	Franco Arcilloso
Testigo	47.32	33.31	22.25	Franco Arcilloso
Testigo	36.01	32.7	23.15	Franco Arcilloso
Testigo	33.71	33.01	25.47	Franco Arcilloso

#### 4.1.2. Resistencia de penetración

En el Cuadro 6 se observa que el nivel de resistencia de penetración del suelo antes de la instalación de las especies nativas, según el análisis de varianza se encontró alta significancia (P-valor < 0.0001) a diferentes profundidades (0 cm, 10 cm, 20 cm). Realizado la prueba de medias Según DGC al 5% de nivel de significancia se encontraron tres grupos claramente identificadas y estadísticamente diferenciadas. El primer grupo se encuentra conformado por la mayor resistencia con 3.03 Kg/cm<sup>2</sup> a 20 cm de profundidad, seguido de 2.29 Kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 10 cm y con menor resistencia de 1.84 Kg/cm<sup>2</sup> resulto a una profundidad de 0 cm.

Cuadro 6. Resistencia de penetración (Kg/cm<sup>2</sup>) a diferentes profundidades en suelos degradados antes del establecimiento de dos especies nativas (media± error estándar).

Profundidades	Nivel de resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
20 cm	3.03±0.09	a
10cm	2.29 ±0.11	b
0 cm	1.84 ±0.04	c
P-valor	< 0.0001	**

Letras distintas en la misma fila expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia. (\*\*) Altamente significativo.

**C.V % 9.43**  
**R<sup>2</sup> 0.86**

En el Cuadro 7 se observa que el nivel de resistencia de penetración del suelo después de un año del establecimiento del cético, según el análisis de varianza se encontró alta significancia (P-valor < 0.0001)

a diferentes profundidades (0 cm,10 cm,20 cm). Realizado la prueba de medias Según DGC al 5% de nivel de significancia se encontraron tres grupos claramente identificadas y estadísticamente diferenciadas. El primer grupo se encuentra conformado por la mayor resistencia con 2.87 Kg/cm<sup>2</sup> a 20 cm de profundidad, seguido de 2.10 Kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 10 cm y con menor resistencia de 1.67 Kg/cm<sup>2</sup> resulto a una profundidad de 0 cm.

Cuadro 7. Resistencia de penetración (Kg/cm<sup>2</sup>) a diferentes profundidades en suelos degradados después de un año del establecimiento del céstico (media± error estándar).

Profundidades	Nivel de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
20 cm	2.87±0.02	a
10cm	2.10 ±0.12	b
0 cm	1.67 ±0.14	c
P-valor	0.0001	**

Letras distintas en la misma fila expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia. (\*\*) Altamente significativo.

**C.V % 13.03**

**R<sup>2</sup> 0.80**

En el Cuadro 8 se observa que el nivel de resistencia de penetración del suelo después de un año del establecimiento del topa, según el análisis de varianza se encontró alta significancia (P-valor < 0.0001) a diferentes profundidades (0 cm, 10 cm, 20 cm). Realizado la prueba de medias Según DGC al 5% de nivel de significancia se encontraron tres grupos claramente identificadas y estadísticamente diferenciadas. El primer grupo se encuentra conformado por la mayor resistencia con 2.95 Kg/cm<sup>2</sup> a 20 cm de

profundidad, seguido de 2.15 Kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 10 cm y con menor resistencia de 1.72 Kg/cm<sup>2</sup> resulto a una profundidad de 0 cm.

Cuadro 8. Resistencia de penetración (Kg/cm<sup>2</sup>) a diferentes profundidades en suelos degradados después de un año del establecimiento de la topa (media± error estándar).

Profundidades	Nivel de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
20 cm	2.95±0.14	a
10cm	2.15 ±0.11	b
0 cm	1.72 ±0.03	c
P-valor	0.0001	**

Letras distintas en la misma fila expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia. (\*\*) Altamente significativo.

**C.V % 12.15**

**R<sup>2</sup> 0.79**

En el Cuadro 9 se observa que el nivel de resistencia de penetración del suelo después de un año donde no se instaló ninguna especie, según el análisis de varianza se encontró alta significancia (P-valor < 0.0001) a diferentes profundidades (0 cm, 10 cm, 20 cm). Realizado la prueba de medias Según DGC al 5% de nivel de significancia se encontraron tres grupos claramente identificadas y estadísticamente diferenciadas. El primer grupo se encuentra conformado por la mayor resistencia con 3.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 20 cm de profundidad, seguido de 2.32 Kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 10 cm y con menor resistencia de 1.85 Kg/cm<sup>2</sup> resulto a una profundidad de 0 cm.

Cuadro 9. Resistencia a la penetración (Kg/cm<sup>2</sup>) a diferentes profundidades en suelos degradados después de un año en suelo sin ningún tipo de vegetación instalada (media± error estándar).

Profundidades	Nivel de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
20 cm	3.00± 0.11	a
10cm	2.32 ±0.10	b
0 cm	1.85 ±0.03	c
P-valor	0.0001	**

Letras distintas en la misma fila expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia. (\*\*) Altamente significativo.

**C.V % 10.84**

**R<sup>2</sup> 0.81**

#### 4.1.3. Reacción del suelo (pH)

En el Cuadro 10 se observa que realizado el análisis de varianza antes y después de la instalación de las especies nativas (cético y topa), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, el pH encontrado en la zona de estudio antes de la instalación del cético y topa va de 4.47 hasta 4.85 y después de la instalación de dichas especies se encontró un mayor pH de 5.02 donde se instaló el cético, seguido de 4.58 en la parcela testigo y con menor pH de 4.56 donde se instaló la topa.

Cuadro 10. Reacción del suelo antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).

Tratamientos	(pH) antes		(pH) después	
Cetico	4.85±0.07	a	5.02±0.09	a

Topa	4.47 ±0.10	a	4.56 ±0.12	a
Testigo	4.47 ±0.09	a	4.58 ±0.05	a
P-valor	> 0.0648	ns	> 0.0641	ns

Letras iguales en la misma fila expresan igualdad estadísticamente según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia. No significativo (ns).

C.V % 3.03 antes 3.45 después

R<sup>2</sup> 0.84 0.84

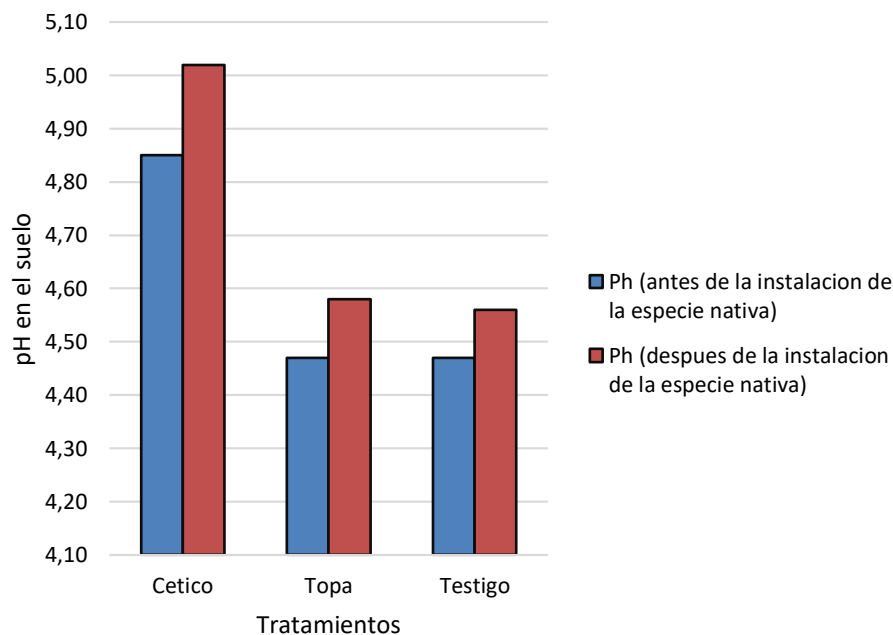


Figura 2. pH antes y después de la instalación de las especies nativas.

#### 4.1.4. Materia orgánica

En el Cuadro 11 se observa que realizado el análisis de varianza antes y después de la instalación de las especies nativas (cetico y topa), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Por otro parte los valores de materia orgánica encontrado en la zona de estudio antes de la instalación del cetico y topa va de 1.75 a 1.81 % y después de la instalación de dichas especies se encontró mayor contenido de materia orgánica de 2.01% donde se instaló el cetico, seguido de 1.85% donde se instaló la topa y con menor contenido de materia orgánica de 1.80% la parcela testigo.

Cuadro 11. Contenido de materia orgánica (%) antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).

Tratamientos	Antes de la instalación M.O (%)		Después de la instalación M.O (%)	
Cetico	1.81±0.03	a	2.01±0.07	a
Topa	1.79 ±0.06	a	1.85 ±0.06	a
Testigo	1.75 ±0.05	a	1.80 ±0.05	a
P-valor	> 0.0586	ns	> 0.0830	ns

Letras iguales en la misma fila expresan igualdad estadísticamente según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia, no significativo (ns).

C.V % 0.87 antes      C.V % 3.70  
R<sup>2</sup> 0.88                      0.85

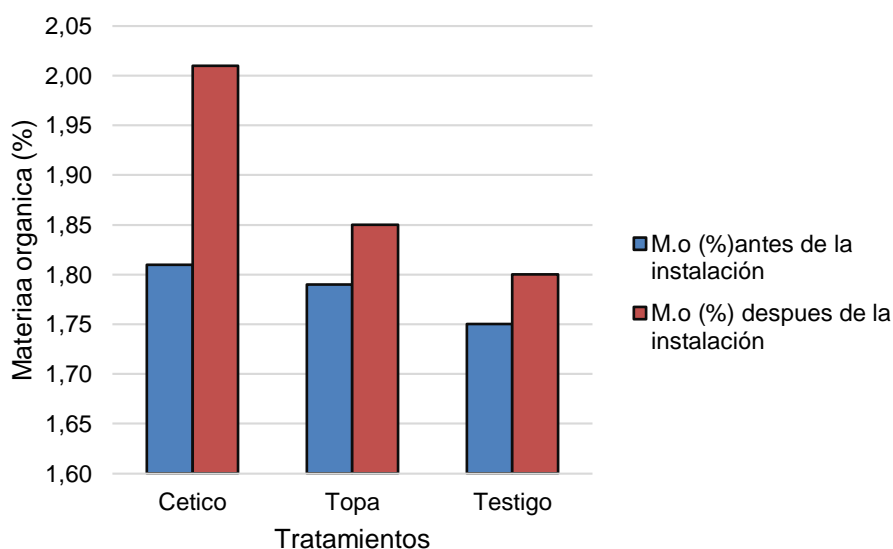


Figura 3. Materia orgánica (%) antes y después de la instalación de las especies nativas.

#### 4.1.5. Nitrógeno disponible en el suelo

En el Cuadro 12 se observa que realizado el análisis de varianza antes y después de la instalación de las especies nativas (cético y topa), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Por otro parte, el contenido de nitrógeno en el suelo encontrados en la zona de estudio antes

de la instalación del cetico y topa se va de 0.11 a 0.14 % y después de la instalación de dichas especies se encontró mayor contenido de nitrógeno de 0.17% donde se instaló el cetico, seguido de 0.14% en donde se instaló la topa y con menor contenido de nitrógeno de 0.13% la parcela testigo.

Cuadro 12. Contenido de nitrógeno en el suelo antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).

Tratamientos	Nitrógeno (%)		Nitrógeno (%)	
	Antes de instalación		Después de instalación	
Cetico	0.14±0.03	a	0.17±0.03	a
Topa	0.13±0.07	a	0.14±0.07	a
Testigo	0.11 ±0.05	a	0.13 ±0.05	a
P-valor	> 0.0586	ns	> 0.0727	ns

Letras iguales en la misma fila expresan igualdad estadísticamente según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia, no significativo (ns).

C.V % 6.11 antes 10.5 después  
R<sup>2</sup> 0.88 0.80

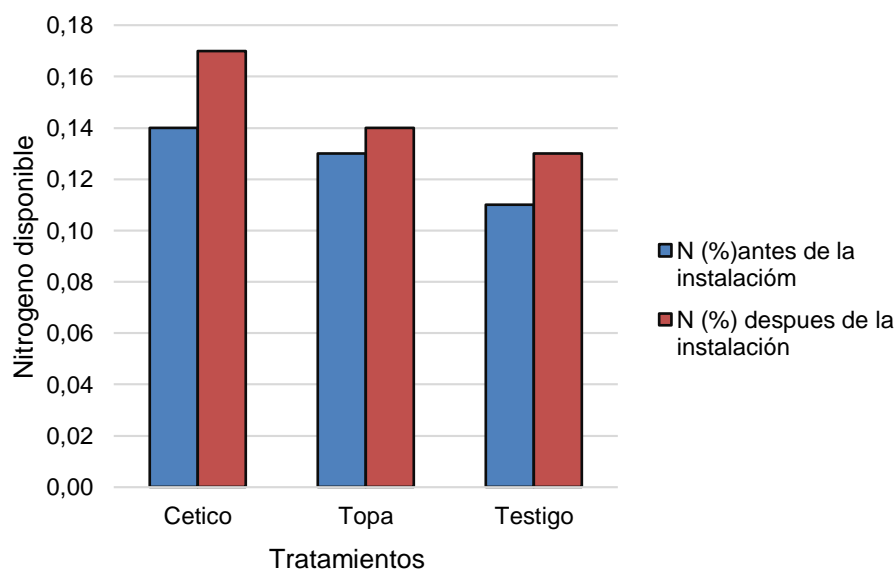


Figura 4. Nitrógeno disponible (%) antes y después de la instalación de las especies nativas.

#### 4.1.6. Fósforo en el suelo (ppm)

En el Cuadro 13 se observa que realizado el análisis de varianza antes y después de la instalación de las especies nativas (cético y topa), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Por otro parte el contenido de fósforo en el suelo encontrados en la zona de estudio antes de la instalación del cético y topa se van de 8.84 a 11.09 ppm y después de la instalación de dichas especies se obtuvo un mayor contenido de fósforo de 11.80 ppm donde se instaló el cético seguido de 10.60 ppm donde se instaló la topa y con menor contenido de fósforo de 9.40 ppm el testigo.

Cuadro 13. Fosforo (ppm) en el suelo antes y después de la instalación de las especies nativas (media  $\pm$  error estándar).

Tratamientos	Fosforo (ppm)		Fosforo (ppm)	
	Antes de la instalación		después de la instalación	
Cético	11.09 $\pm$ 0.68	a	11.80 $\pm$ 0.68	a
Topa	10.02 $\pm$ 0.50	a	10.60 $\pm$ 0.50	a
Testigo	8.84 $\pm$ 0.15	a	9.40 $\pm$ 0.15	a
P-valor	> 0.100	ns	< 0.544	ns

Letras iguales en la misma fila expresan igualdad estadísticamente según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia, no significativo (ns).

C.V % 8.90 antes 7.05 después  
R<sup>2</sup> 0.84 0.84

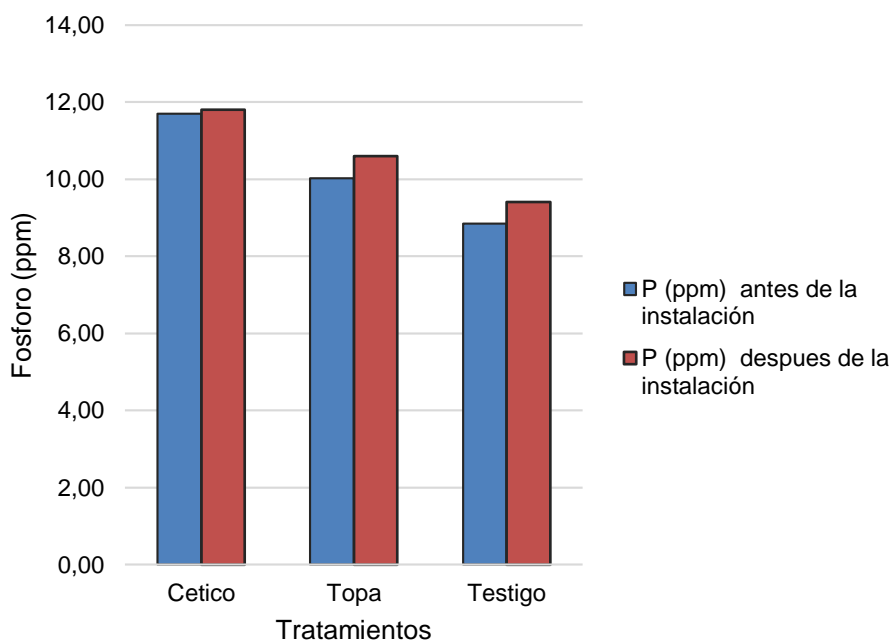


Figura 5. Fosforo (ppm) antes y después de la instalación de las especies nativas.

#### 4.1.7. Potasio disponible en el suelo (Kg/ha)

En el Cuadro 14 se observa que realizado el análisis de varianza antes y después de la instalación de las especies nativas (cetico y topa), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Por otro parte el contenido de potasio en el suelo encontrados en la zona de estudio antes de la instalación del cetico y topa se encuentran desde 182.86 hasta 209.35 kg/ha y después de la instalación de dichas especies se obtuvo un mayor contenido de potasio de 225.15 kg/ha donde se instaló el cetico, seguido de 208.73 kg/ha el testigo y con menor contenido de potasio con 195.64 kg/ha donde se instaló la topa.

Cuadro 14. Potasio disponible (Kg/ha) en el suelo antes y después de la instalación de las especies nativas (media± error estándar).

Tratamientos	Potasio (Kg/ha)		Potasio (Kg/ha)	
	Antes de la instalación		Después de la instalación	
Cético	209.36±0.14	a	225.15±0.14	a
Testigo	197.43±0.12	a	208.73±0.12	a
Topa	182.86 ±0.09	a	195.64 ±0.09	a
P-valor	> 0.538	ns	> 0.544	ns

Letras iguales en la misma fila expresan igualdad estadísticamente según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia, no significativo (ns).

C.V % 4.27 antes 2.68 después

R<sup>2</sup> 0.84 0.84

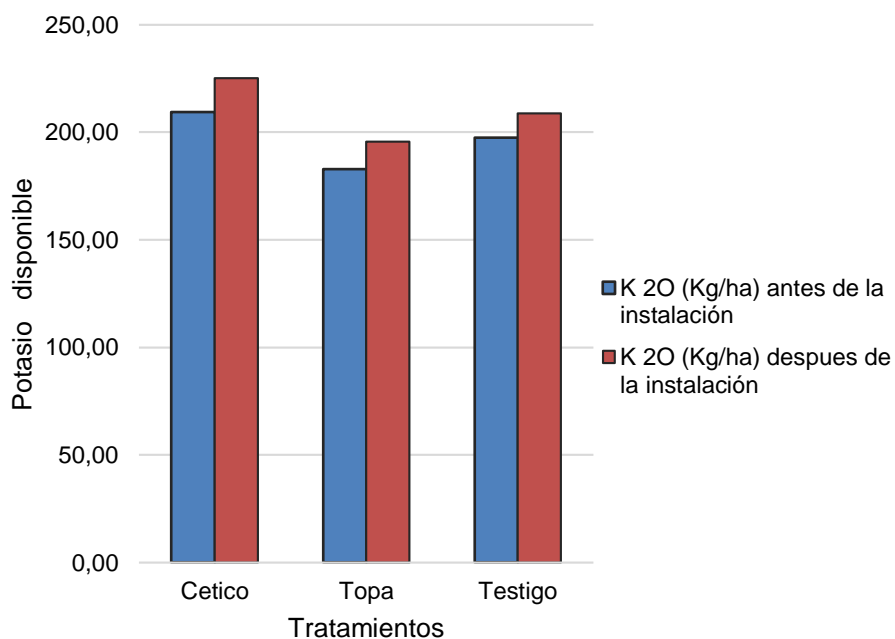


Figura 6. Potasio disponible (Kg/ha) antes y después de la instalación de las especies nativas.

#### 4.1.8. CICE en el suelo

En el Cuadro 15 se observa que realizado el análisis de varianza antes y después de la instalación de las especies nativas (cetico y topa), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Por otro parte el contenido de CICE en el suelo encontrado en la zona de estudio antes de la instalación del cetico y topa se encuentran desde 3.14 hasta 3.59 meq y después de la instalación de dichas especies se obtuvo un mayor contenido de potasio de 3.69 meq donde se instaló el cetico seguido de 3.39 meq donde se instaló la topa y con menor contenido de CICE el testigo con 3.20 meq.

Cuadro 15. CIC efectivo en el suelo antes de la instalación de las especies nativas (media  $\pm$  error estándar).

Tratamientos	CICE antes de la Instalación		CICE después de la Instalación	
Cetico	3.59 $\pm$ 0.16	a	3.69 $\pm$ 0.12	a
Topa	3.33 $\pm$ 0.15	a	3.39 $\pm$ 0.10	a
Testigo	3.14 $\pm$ 0.08	a	3.20 $\pm$ 0.08	a
P-valor	> 0.112	ns	> 0.0986	ns

Letras iguales en la misma fila expresan igualdad estadísticamente según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia, no significativo (ns).  
 C.V % 4.39 antes 4.84 después  
 R<sup>2</sup> 0.83 0.85

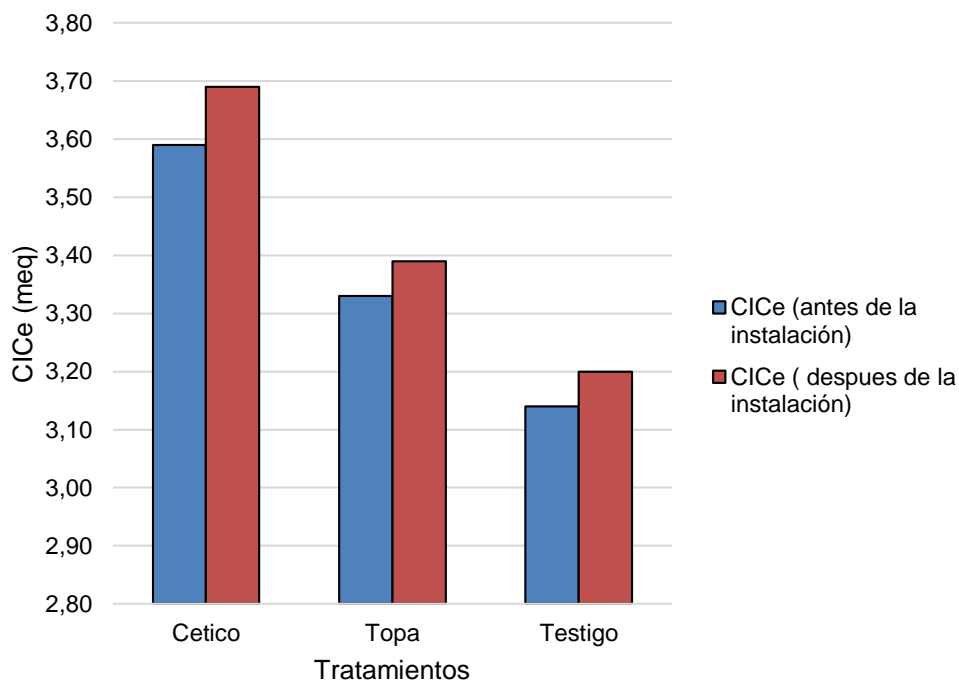


Figura 7. CICE antes y después de la instalación de las especies nativas.

## 4.2. Determinación de la diversidad y de la densidad de macrofauna

### 4.2.1. Análisis de varianza de la densidad de macrofauna

En el Cuadro 16 se observa el análisis de varianza utilizando la prueba de medias según DGC al 5% de nivel de significancia, antes de la instalación de las especies nativas (cetico y topa) no se encontraron significancias entre tratamientos, la densidad va desde 126 hasta 139 ind\*m<sup>2</sup> y después de un año de instalación de dichas especies la densidad resultó ser significativa donde se encontraron dos grupos claramente identificados y estadísticamente diferenciados, el primer grupo con mayor densidad de 195 ind\*m<sup>2</sup> donde se instaló el cetico, el segundo grupo conformado por el testigo y donde se instaló la topa con 320 y 339 ind\*m<sup>2</sup>, respectivamente.

Cuadro 16. Densidad media de la macrofauna antes y después de un año de la instalación de las especies nativas (media± error estándar)

Tratamientos	Antes de la instalación		Después de la instalación	
Cético	139±0.23	a	195±0.45	a
Topa	133±0.23	a	147±0.38	b
Testigo	126 ±1.16	a	142 ±1.16	b
P-valor	> 0.1991	ns	< 0.0159	*

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ ) estadísticamente según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia, no significativo (n.s).

Letras distintas en la misma fila expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia. (\*\*) Altamente significativo

C.V % 9.11 antes 4.84 después

R<sup>2</sup> 0.67 0.85

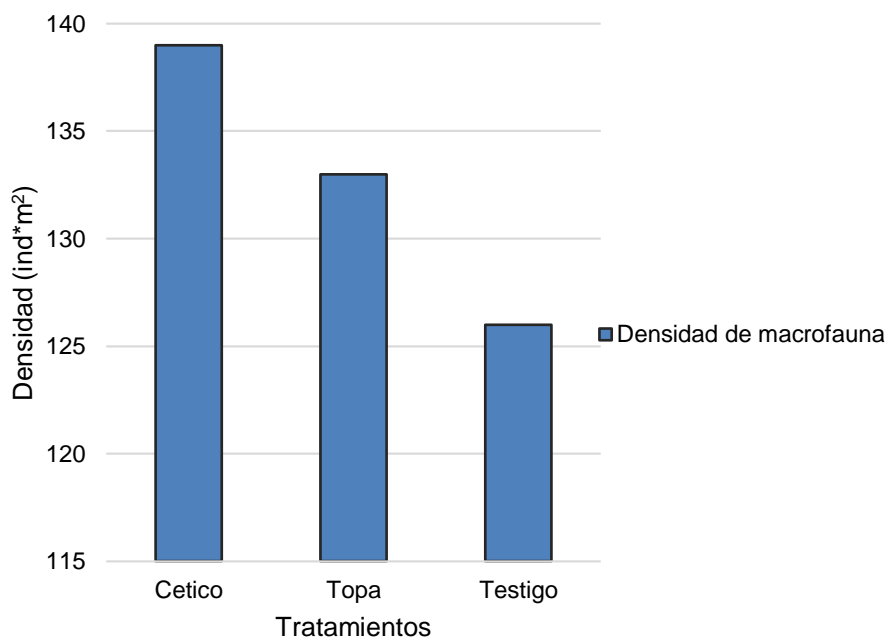


Figura 8. Densidad total de macrofauna (ind\*m<sup>2</sup>) antes de la instalación de las especies nativas.

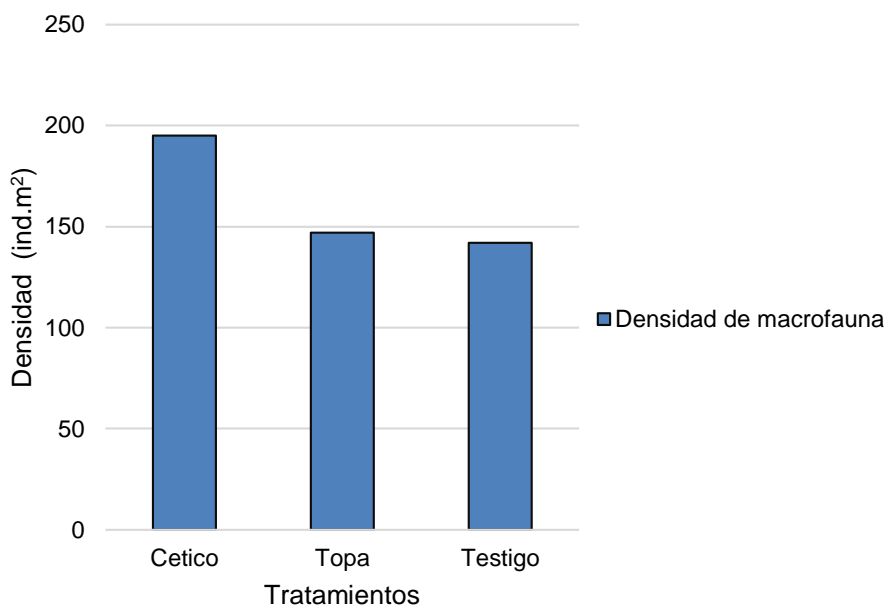


Figura 9. Densidad total de macrofauna ( $\text{ind} \cdot \text{m}^2$ ) después de la instalación de las especies nativas.

#### 4.2.2. Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon – Wiener antes del establecimiento de especies

En el Cuadro 17 se observa que antes de la instalación de las especies nativas se encontró, por el método de Simpson y el método de Shannon-Wiener una mayor dominancia y menor diversidad, donde se iba a instalar el cetico con 66.5% y 1.53 nats/ind., respectivamente. Con respecto a donde se instalaría la topa y el testigo resultó menos diverso.

Cuadro 17. Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon – Wiener antes del establecimiento de las especies nativas

Especies	Método Simpson	Método Shannon - Wiener
----------	----------------	-------------------------

	D	%	H'
Antes de la instalación del testigo	0.608	60.8%	1.49
Antes de la instalación del cético	0.665	66.5%	1.53
Antes de la instalación del topa	0.615	61.5%	1.52

#### 4.2.3. Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon – Wiener después del establecimiento de especies

En el Cuadro 18 se observa que después de la instalación de las especies nativas se encontró por el método de Simpson y el método de Shannon Winner una mayor dominancia y diversidad, con 69.5% y 2.01 nats/ind donde se instaló el cético, seguido de 63.5% y 1.82 nats/ind donde se instaló la topa y con menor dominancia y diversidad de 62% y 1.79 nats/ind el testigo, respectivamente.

Cuadro 18. Diversidad de la macrofauna por el método de Simpson y Shannon – Wiener después del establecimiento de las especies nativas

Especies	Método Simpson		Método Shannon - Wiener
	D	%	H'
Después de la instalación del testigo	0.620	62.0%	1.79
Después de la instalación del cético	0.695	69.5%	2.01
Después de la instalación del topa	0.635	63.5%	1.82

### **4.3. Incremento del nivel de altura de dos especies nativas**

#### **4.3.1. Análisis de varianza del incremento de altura a los dos meses y al año de haber instalado las especies nativas.**

En el Cuadro 19 se observa el análisis de varianza a los dos meses de haber sido instalado y después de un año instalación de las especies nativas (cético y topa), realizado la prueba de medias según DGC al 5% de nivel de significancia se encontraron diferencias entre los tratamientos estadísticamente demostrado.

A los dos meses de instalación, el cético alcanzó una altura de 8.51 cm y después de un año, una altura de 39.96 cm, esto significa que al año de haber sido instalado este tuvo un incremento de 31.45 cm de altura. La topa a los dos meses de haber sido instalado alcanzó una altura de 8.49 cm y después de un año, una altura de 18.52 cm, lo que significa que al año de haber instalada tuvo un incremento de 10.03 cm de altura; observándose que la altura inicial es más uniforme que la altura final posiblemente debido a múltiples factores.

Cuadro 19. Altura media (cm) de dos especies nativas a dos meses de haber sido instalado y al año de haber sido instalado (media± error estándar).

Tratamientos	Altura (cm) a los dos meses de Instalado	Altura (cm) al año de Instalado
Cético	8.51±0.25 a	39.96±1.63 a
Topa	8.49±0.20 b	18.52±0.66 b
P-valor	< 0.0001 **	< 0.0001 **

Letras distintas en la misma fila expresan diferencia estadística según la prueba de DGC a 5% de nivel de significancia. (\*\*) Altamente significativo

<b>C.V %</b>	<b>10.52 antes</b>	<b>16.87 después</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.86</b>	<b>0.85</b>

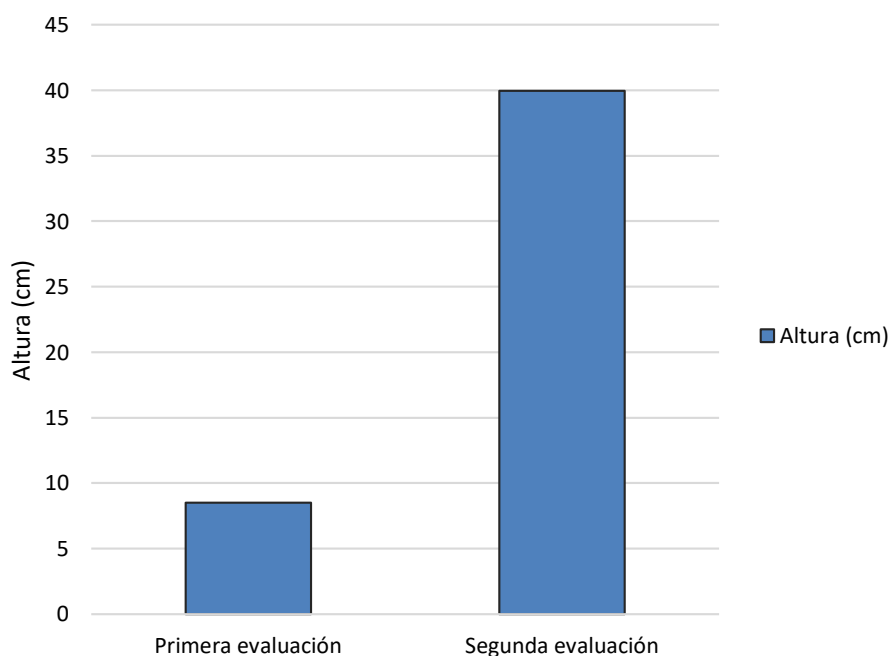


Figura 10. Diferencia de alturas en la primera evaluación y segunda evaluación del cético

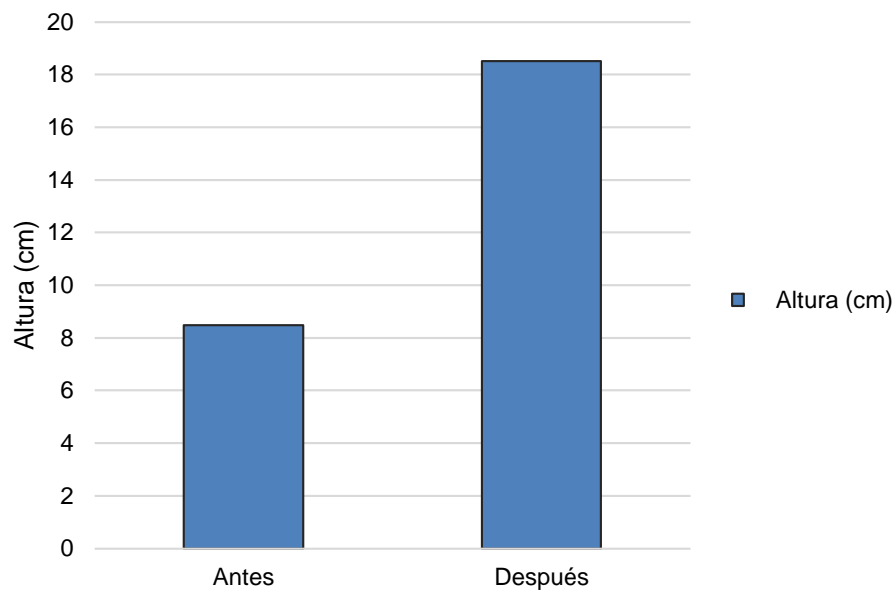


Figura 11. Diferencia de alturas en la primera evaluación y segunda evaluación de la topa.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Propiedades físicas y químicas antes y después de la instalación de las especies nativas

La textura del suelo no presentó variaciones antes y después de la instalación de las especies nativas esto se mantuvo en una textura liviana o franco arcilloso (Cuadro 4) y (Cuadro 5). Por lo que, este tipo de textura según HUNNEMEYER *et al.* (1997) se considera como un limitante para el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil. Por lo tanto, la instalación de estas especies (cético y topa), no influyó en la textura del suelo. Asimismo, VARGAS y VALDIVIA (2005) afirman que para la recuperación de suelos degradados se requiere como mínimo 10 años para regenerarse y recuperar sus características físicas, químicas y biológicas en forma natural e iniciar un nuevo ciclo agrícola.

La resistencia a la penetración a diferentes profundidades del suelo (0 cm, 10 cm y 20 cm) nos indica que después de la instalación de dichas especies se obtuvo un mayor promedio de resistencia con 3 kg/ha, 2.95 kg/ha y 2.87 kg/ha a 20 cm; seguido con 2.32 kg/ha, 2.15 kg/ha y 2.10 kg/ha a 10 cm; y con menor resistencia a 0 cm de profundidad con 1.85 kg/ha, 1.72 kg/ha y

1.67 kg/ha en donde se instaló el testigo, la topa y el cético, respectivamente. Según BAZÁN (1996), los niveles de resistencia de penetración son: < 1 suelos muy suaves, 1 – 2 suelos suaves, 2 – 3 suelos duros, 3 – 4 suelos muy duros, >4 suelos extremadamente duros. Por lo tanto, la zona de estudio presentó niveles de resistencia: a 0 cm suelos suaves, a 10 cm suelos duros y a 20 cm de profundidad suelos duros y muy duros. Asimismo, DORAN y LINCOLN (1999) mencionan que la compactación, produce una severa restricción del crecimiento de las raíces, causada primordialmente por el pisoteo de los animales, uso de los equipos para granja y para laboreo, y tráfico vehicular. Además, RAMIREZ (2005) indica que el tipo de sistema radicular es la otra condicionante del grado de penetración de las raíces y la resistencia a la penetración depende marcadamente del contenido de agua del suelo: cuanto más seco está el suelo mayor es su resistencia a la penetración. En consecuencia, la compactación del suelo de la zona de estudio puede ser debido a causas del pastoreo con ovinos y vacunos, y la quema constante, lo que puede causar una severa restricción del desarrollo de las raíces y limitar el crecimiento del cético y la topa.

En general, la reacción del suelo (pH), antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa) presentó un rango de 4.47 a 4.85 y después de la instalación de éstas se obtuvo un rango de 4.58 a 5.02. En tal sentido, BAZÁN (1996) menciona que los niveles de pH van de < 4 extremadamente ácido, 4 – 4.9 fuertemente ácido, 5 – 5.9 medianamente ácido, 6 – 6.9 ligeramente ácido, 7 neutro, 7.1 – 8 ligeramente alcalino, 8.1 – 9 medianamente alcalino, 9.1 – 10 fuertemente alcalino, >10 extremadamente alcalino. Por lo

que, se sostiene que antes de la instalación del cético y topa los niveles de pH del suelo se encontró dentro del nivel fuertemente ácido; después de la instalación de estas especies, el pH cambió a medianamente ácido (5.02) en donde se instaló el cetico, mientras que en donde se instaló la topa y el testigo el pH se mantuvo en el nivel fuertemente ácido. Además, SADZAWKA *et al.* (2006) mencionan que la acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores que incluyen la toxicidad de aluminio, manganeso e hidrogeno y la deficiencia de nutrientes esenciales, especialmente calcio, magnesio, fosforo y molibdeno; pero el factor limitante del crecimiento más importante en estos suelos ácidos, es la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable. Asimismo, ETCHEVERS (1988) afirma que la toxicidad del Al es probablemente el factor que más limita el crecimiento de las plantas en suelos fuertemente ácidos con valores menores que 5.5 en la mayoría de los suelos. Por lo tanto, los suelos de la zona en estudio presentaron pH ácidos lo que indica que estos suelos tienen altas concentraciones de aluminio y es probable que este factor limite el desarrollo y crecimiento del cético y topa debido a que la toxicidad del aluminio esta en relación con el pH, es decir, mientras más ácido mayor es la concentración de esta en el suelo.

El contenido de materia orgánica, antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa) va de 1.75 a 1.81% y después de la instalación de estas se obtuvo un rango de 1.80 a 2.01%. En tal sentido, BAZÁN (1996) menciona los siguientes niveles de materia orgánica: < 1 muy bajo, 1 – 2 bajo o pobre, 2 – 3 medio, 3 – 5 alto o rico, >5 muy alto. Por lo tanto, se sostiene que

antes de la instalación del cético y topa estos niveles en el suelo se encontraron dentro del nivel bajo o pobre; después de la instalación de estas especies, el contenido de materia orgánica cambió a un nivel medio (2.01%) en donde se instaló el cético, mientras que donde se instaló la topa y el testigo el contenido de materia orgánica se mantuvo un nivel bajo o pobre. En general, el bajo contenido de materia orgánica de la zona de estudio estaría afectada por diferentes factores como el clima, temperatura, humedad y principalmente la baja actividad microbiana. Por lo que, Roldan *et al.* (1996), citados por FIGUEROA (2004), sustentan que un suelo con bajo contenido en materia orgánica y por ende con escasa actividad microbiana determinan una baja calidad y fertilidad edáfica, lo que finalmente dificulta la instauración de una cubierta vegetal, principalmente arbustiva y arbórea.

El contenido de nitrógeno en el suelo, antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa), va desde 0.11 hasta 0.14% y después de la instalación de estas se obtuvo un rango de 0.13 hasta 0.17%. En tal sentido, BAZÁN (1996) indica los siguientes niveles de nitrógeno: < 0 - 0.1] bajo, <0.1 – 0.2] medio, <0.2 – 0.3] alto. Asimismo, DAHMKE y JOHNSON (1990) reportan que la cantidad de nitrógeno en el suelo depende de la temperatura, humedad, aireación, tipo de residuos orgánicos, pH, y otros factores. Además, SANCHEZ (1981) sostiene que los factores que influyen en el contenido de materia orgánica afectan también el contenido de nitrógeno, implicando una relación directa entre la evolución de este elemento con la materia orgánica. Por lo tanto, el contenido de nitrógeno antes y después del establecimiento de dichas

especies se mantuvo en un nivel (medio); asimismo, se relaciona con el bajo pH y el bajo contenido de materia orgánica encontrado en la zona de estudio.

El contenido de fósforo en el suelo antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa), van desde 8.84 hasta 11.09 ppm y después de la instalación de éstas se obtuvo un rango de 9.40 a 11.80 ppm. En tal sentido, BAZÁN (1996) clasifica a los niveles de fósforo en < 5 muy bajo, 5.1 – 15 bajo, 15.1 – 30 normal y 30.1 – 40 alto. Asimismo, BORNEMISZA (1982) y ARDENSON (1995) hacen referencia que los suelos ácidos ( $\text{pH} < 5$ ) normalmente tienen bajo contenido de fósforo disponible para la planta y tienden a retener o fijar este elemento en formas no solubles, difícilmente asimilables por las plantas y requieren niveles altos de fertilización; además, indican que la fijación del fósforo puede ser el problema más serio en la rehabilitación de los suelos degradados que sufren el síndrome de acidez, particularmente en suelos arcillosos. Por lo tanto, antes y después de la instalación de dichas especies el contenido fósforo se mantuvo en un nivel bajo debido a que el suelo presentó pH ácido. Al respecto, HUAMANI y MANSILLA (1995) reportan que la disponibilidad de fósforo es baja en pH bajos (ácidos) porque estas condiciones y las altas precipitaciones hacen que el fósforo precipite como fosfato insoluble de hierro y aluminio debido a su alta reactividad.

El contenido de potasio disponible en el suelo antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa), van desde 182.86 hasta 209.36 kg/ha y después de la instalación de estas se obtuvo un rango de

195.64 a 224.15 kg/ha. En tal sentido, BAZÁN (1996) clasifica los siguientes niveles de potasio: < menor de 300 bajo, 300 a 600 medio, más de 600 alto. Por otra parte, KOLMANS y VÁZQUEZ (1996) plantea que una deficiencia de potasio provoca bajo rendimiento y poca estabilidad de la planta, mayor necesidad de agua, bloqueo de la síntesis de proteínas, poca resistencia a plagas, enfermedades y heladas. Por lo tanto, en el estudio se encontró que antes y después de la instalación de dichas especies el contenido de potasio se mantuvo un nivel bajo, posiblemente al bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de nitrógeno en el suelo.

La CICE en el suelo antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa), va desde 3.14 hasta 3.59 meq y después de la instalación de estas se obtuvo un rango de 3.20 a 3.69 meq. En tal sentido, BAZÁN (1996) indica que los niveles de CICE son < 4 bajo, 4 – 30 medio, > 30 alto. Por lo tanto, antes y después de la instalación de dichas especies la CICE se mantuvo un nivel bajo, el cual está relacionado con el pH del suelo y se necesitará un CICE de por lo menos 7 meq/100 g para retener la mayoría de los cationes contra la lixiviación, tal como indica SANCHEZ (1981). Además, la determinación de la CICE, es la suma de calcio, magnesio, potasio, sodio y aluminio (contribución del aluminio en la CCE) dan una buena estimación de la toxicidad de aluminio en suelos (SADZAWDA y CAMPILLO, 1999).

## **5.2. Densidad y diversidad de macrofauna del suelo bajo el establecimiento de especies nativas**

La densidad de macrofauna antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa) no presentaron diferencias significativas ( $p >$

0.05) y se encontraron en un rango de 126 a 139 ind\*m<sup>2</sup>; mientras que después de un año de haber instalado estas especies hubo diferencias significativas entre tratamientos, encontrándose dos grupos claramente identificados. El primer grupo donde se instaló el cético con 195 ind\*m<sup>2</sup> y el segundo grupo formado por el testigo y la topa con 142 y 147 ind\*m<sup>2</sup>, respectivamente. Con respecto a esta variable, las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de materia orgánica y de humedad, el pH, la estructura del suelo y la aeración y de forma indirecta a través del efecto que tienen sobre la vegetación (Dubs *et al.*, 1973; Swift *et al.*, 1976, citados por CURRY, 1987). También, HUERTA (2008) afirma que la densidad de macrofauna del suelo se encuentra relacionado con el pH y el contenido de materia orgánica. Además, según LONGINO (1991), en los internodos de las plántulas de *Cecropia* habitan colonias incipientes y maduras de una variedad de hormigas arbóreas que incluye varios géneros (*Gnamptogenys*, *Heteroponera*, *Pachycondyla*, *Pseudomyrmex*, *Crematogaster*, *Solenopsis*, *Pheidole*, *Wasmannia*, *Cephalotes*, *Procryptocerus*, *Camponotus* y *Myrmelachista*), lo cual contribuye a la densidad de la macrofauna. Por lo tanto, en la zona de estudio, las bajas densidades de macrofauna se relacionan con niveles de pH fuertemente ácidos y con el bajo contenido de materia orgánica; sin embargo, a pesar de la baja densidad, si hubo un incremento de ésta después del establecimiento del cético y la topa.

Los índices de dominancia de Simpson y de diversidad de Shannon – Wiener antes de la instalación de las especies nativas (cético y topa) presentaron un rango de 0.608 a 0.665 y de 1.49 a 1.53 nats/ind., respectivamente; mientras que después de la instalación de estas especies el

rango fue de 0.620 a 0.695 y de 1.79 a 2.01 nats/ind., respectivamente. Respecto a estos índices, ODÚM (1972) indica que el rango de dominancia de Simpson es de 0 a 1 y que los valores mayores de 0.3 corresponden a una dominancia significativa, y GOLICHER (2006) reporta que el índice de diversidad de Shannon – Wiener presenta un rango de 1.0 a 4.5 nats/ind. De acuerdo a los valores encontrados para la zona de estudio, el índice de dominancia es alto antes y después de la instalación de las especies debido a que está sobre 0.3, y el índice de diversidad ha incrementado hasta un máximo de 2.01 nats/ind.

### **5.3. Incremento del nivel de altura de dos especies nativas en suelos degradados después de un año de haber sido instalado**

Las alturas promedio de ambas especies, cético y topa, a los dos meses y al año de haber sido instalado presentaron variaciones. Sin embargo, estas no lograron tener un crecimiento óptimo del tallo, debido al tipo de textura, pH y resistencia del suelo; es decir, el suelo presentó una textura franco arcilloso, pH por debajo de 5.5 y suelos duros y muy duros que limitan el desarrollo y crecimiento adecuado de las raíces. Según ETCHEVERS (1988), la toxicidad del Al es probablemente el factor que más limita el crecimiento de las plantas en suelos fuertemente ácidos con pH menor que 5.5. Por otra parte, FASSBENDER (1987) manifiesta que el factor más perjudicial para las plantas en suelos fuertemente ácidos es la toxicidad de Al, particularmente cuando el pH es inferior a 5.0 y también limita la degradación microbiana de la materia orgánica. En tal sentido, se asume que diferentes factores edáficos influyen en

el desarrollo y crecimiento de las especies instaladas. Sin embargo, estos resultados son contradictorios con lo manifestado por MONTAGNINI (2004), quien afirma que *Ochroma pyramidale* es una especie pionera y de muy rápido crecimiento que coloniza en claros y áreas abiertas, intolerante a la sombra y muy favorecida por la luz directa. Asimismo, FRANCO y BERG (1997) mencionan que *Cecropia engleriana* tiene la capacidad para colonizar rápidamente áreas claros y áreas abiertas. Las afirmaciones de estos investigadores se han basado en estudios de áreas recientemente intervenidas y abandonadas y sin estudios de las propiedades del suelo.

## VI. CONCLUSIONES

1. La textura del suelo se mantuvo en una textura liviana o franco arcillosa, antes y después del establecimiento de las especies nativas. El nivel de resistencia a mayor profundidad determinó que los suelos son duros o muy duros, el cual se mantuvo antes y después de la instalación de *Ochroma pyramidale* y *Cecropia engleriana*.
2. Las propiedades químicas del suelo no presentaron variaciones estadísticamente significativas antes y después de la instalación de las especies. Solo en la instalación de *Cecropia engleriana* el pH ha variado de fuertemente ácido (4.85) a medianamente ácido (5.02), la materia orgánica de un nivel bajo o pobre (1.81%) a un nivel medio (2.01%). En los tres tratamientos el contenido de nitrógeno, el nivel fósforo disponible, potasio disponible y el CICe en el suelo antes y después de la instalación de las especies no presentaron variaciones.
3. La densidad y diversidad de macrofauna presentaron variaciones significativas. En la instalación de *Cecropia engleriana* la densidad ha variado de 139 a 195 ind\*m<sup>2</sup> y el índice de diversidad de Shannon-Wiener de 1.53 a 2.01 nats/ind.; y en la de *Ochroma pyramidale*, la densidad de 133 a 147 ind\*m<sup>2</sup>, y el índice de diversidad de 1.52 a 1.82 nats/ind.

4. La altura de *Ochroma pyramidale* y *Cecropia engleriana* después de un año de instalación presentaron variaciones significativas. *O. pyramidale* ha variado de 8.51 a 39.96 cm y *C. engleriana* de 8.49 a 18.52 cm.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios a largo tiempo con especies nativas (*Ochroma pyramidale* y *Cecropia engleriana*), para la recuperación de suelos degradados.
2. Para la recuperación de los suelos fuertemente ácido como en el caso de los suelos trabajados, se recomienda realizar encalado o agregar dolomita a proporciones según los resultados que nos demande el análisis de suelo.
3. Realizar investigaciones para determinar el aporte de materia orgánica que proporcionan las especies nativas (*Ochroma pyramidale* y *Cecropia engleriana*), en diferentes periodos de tiempo.
4. Se debería realizar el estudio de otros factores (temperatura, densidad aparente, infiltración, humedad) que puedan influir en el crecimiento y desarrollo de estas especies (cetico y topa)





## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E., CARRASCO, LEON, O., SILVA, P., CASTILLO, G., BORIE, G., MARTINEZ, E., GONZALEZ, S., AHUMADA, I. 2005. Criterios de calidad agrícola [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>,19 Agos. 2015).
- ARDENSON, D. 1995. Información Agronómica; la caña de azúcar y el fósforo. INPOFOS. 2 ed. Bogotá, Colombia. p. 18.
- ASER, R., 1975. Balsa wood in boat construction. *Revue du Bois et de ses Applications* 30:59.
- BAZAN, R. 1996. Manual para el Análisis Químico Suelos Aguas Plantas. Universidad Nacional Agraria la Molina, Fundación Perú. Fundación para el Desarrollo Agrario. Lima-Perú
- BECERRA, A., 1998. Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿utopía o posibilidad en México? ,*Terra Latinoamericana*.16(2): 132-140
- BORNEMISZA, E. 1982. Introducción a la Química de Suelos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 21-47p.

- BRONSTEIN, J. 1998. The Contribution of Ant-Plant Protection Studies to Our Understanding of Mutualism. *Biotropica*, 30 (2): 150-161.
- BROWN, G., FRAGOSO, C., BAROIS, I., ROJAS, P., RODRIGEZ, C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Xalapa, México. Departamento de biología de suelos, instituto de ecología. 31p
- BUCKMAN, H., BRADY, N. 1966. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 p.
- CALDERON, F. 1999. Metodologías para análisis químico del suelo. Labs. 6 Junio. 21p.
- CASTAÑEDA, C. 2007. Ecología aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento de Amazonas, generadores de productos maderables y no maderables. Amazonas, Perú 37p.
- CORREIA, F., OLIVEIRA, M. 2000. De fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. Seropedica. Embrapa. Agrobiologica. 112p.
- CURRY, J. 1987b. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. II. Factors affecting the abundance and composition of the fauna. *Grass and Forage Science* 42:197-212.
- DAHNIKE, W., JOHNSON, G. 1990. Testing soil for available nitrogen, p. 127-

139. In: R.L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis. 3rd ed. SSSA Book Series 3. SSSA, Madison, WI.
- DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo.[En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>,24 Agos. 2015).
- DOUROJEANNI, M., BARANDARIAN, A., DOUROJEANNI, D.2009.Amazonia Peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructuras: ¿Qué está pasando? ¿Qué es lo que significan para el futuro? Pronaturaleza. Perú.
- DOUTERLUNGNE, D., LEVY, F., GOLICHER, D., ROMÁN, F. 2007 Applying indigenous knowledge to the restoration of degraded tropical rain forest dominated by bracken. *Restoration Ecology* 18 pag. 322–329.
- ETCHEVERS.J. 1988. Análisis químico de suelos y plantas. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México.803p
- FASSBENDER, H.1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica. 2da edición. Talleres gráficos de Trejos Hnos.Sucs., S. A. Pág. 17
- FAO, 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas. Roma, Italia. 234 p.

- FIGUEROA, D. 2004. Estrategias de recuperación de suelos degradados. Horticultura.175: 36-39p.
- FIXEN. P. 1994. Dinámica suelo- cultivo del fósforo y manejo de los fertilizantes fosfatados. Parte I. Inform. Agron. No. 16 INPOFOS. p. 3-5.
- FOSTER, P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. Earth-Science Reviews. P55: 73–106 p.
- FRANCIS, J. 1991. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Familia de las bombaxes New Orleans,LA:U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station [ En línea]: (<http://fs.fed.us/globaliitf/Ochromapyramidale>,31Jun.2015).
- FRANKE, J., MATTOS, L., SALINAS, C., MENDOZA, S. 2005. Áreas importantes para la conservación de las aves en Perú, K. Boyla, A. Estrada, Editors , Áreas Importantes Para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales, Birdlife International, Quito, Ecuador pp. 471–619.
- FRANCO, R.; BERG, C. 1997 Distributional Patterns of Cecropia (*Cecropiaceae*): A pandiogeographic analysis. Caldasia., 19 (1-2): 285-296 p.
- GOLICHER, D. 2006. Cómo cuantificar la diversidad de especies. Ecología aplicada. Vol. 16(1):202-212. 18p.

- GÓMEZ, P. 1971. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. *Biotropica* (3):125-135p.
- HUAMANI, H., y MANSILLA, L. 1995 Caracterización del estado nutricional de los suelos degradados del alto Huallaga. En *tropicultura*, vol n° 1-2. 7-17p. Tingo María, Perú.
- HUERTA, E., RODRIGUEZ, J., EVIA, I., MONTEJO, E., CRUZ, M., GARCIA, R. 2008. Relación con la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados, *Terra latinoamericano*. 26(2): 177-181.
- HÜNNEMEYER, J., DE CAMINO, R., MÜLLER, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 32 p.
- INRENA. 1995a. Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima, Perú.
- KOLMANS, E., VÁZQUEZ, D. 1996 La importancia de los nutrientes. Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos y su introducción. p. 36-37
- LAVELLE, P., DANGERFIELD. M., FRAGOSO, C., ESCHENBRENNER, V. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. En: P.L. Woormer & M.J. Swift (eds.). *The biological management of tropical soil fertility*. John Wiley & Sons, Chichester .Pp. 137-169.

- LEVY, S., AGUIRRE, R. 2005. Successional pathways derived from different vegetation use patterns by Lacandon Mayan Indians. *Journal of Sustainable Agriculture* 26: 49–82.
- LEVY S., DUNCAN, J. 2004. How predictive is Traditional Ecological Knowledge? The case of the Lacandon Maya fallow enrichment system. *Interciencia* 29: 496–503.
- LONGINO, J. 1991. Azteca ants in Cecropia trees: taxonomy, colony structure, an behaviour. En: C.R. Huxley, D. F Cutter (Eds.) *Ant plant Interactions*, Oxford University Press. 271-288.
- LONGWOOD, F., 1962. Present and potencial commercial timbers of the Caribbean. *Agric.Handb.* U.S. Department of Agriculture, Washington, DC., EE.UU. 207 p.
- LÓPEZ, R. 2002. Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial – CIDIAT. Segunda edición. Mérida, Venezuela. 273 p.
- MADEPORN, P. 2000. Datos Tecnicos: Balsa (*Ochoroma pyramidale*) plantación viveros aserríos plantación Guayaquil- Ecuador Paper disponible [En línea]:([http://www.madepron.com.ec/esp/Plantacion Aserrios/ plantación\\_y\\_aserrios.html](http://www.madepron.com.ec/esp/Plantacion_Aserrios/ plantación_y_aserrios.html), Jun. 14).

- MAHLI, Y., TIMMONS, J., BETTS, R., KILLEN, T. 2008. Climate change, deforestation and the fate of the Amazon. *Science* 319:169-172.
- MARRERO, J. 1954. Regeneration: seed studies. *Cecropia peltata*. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 4p.
- MENDOZA, E., DIRZO, R. 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity Conservation* 8: 1621–1641.
- MONTAGNINI, F. 2004. Plantaciones forestales con especies nativas: una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales. *Recursos Naturales y Ambiente* 43: 28-35 p.
- MORENO, E. 2001. Métodos para medir la Biodiversidad. M&T SEA. México. 86 p.
- MORENO, D. 1978. Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrientes asimilables. INIA-SARH. México D.F.
- MORGAN, R. 2005. ¿Especies nativas o exóticas? Ése es el dilema. *Ambientico* 141:7-8 p.
- MORRÁS, H., CRUZATE, G. 2001. Origen y distribución del potasio en los suelos de la región Chaco-Pampeana. El potasio en Sistemas agrícolas Argentinos. 1º Simposio FAUBA - IPI- INTA Fertilizar. Buenos Aires 20-21 Noviembre 2001. 21-34 p.

- MOSCATELLI, G., SOBRAL, R., NAKAMA, V. 2005. Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]:(<http://www.inta.gov.ar/>, Artículo, 07 Dic. 2005).
- NATIONS, J., NIGHT, R. 1980. The evolutionary potential of Lacandon Maya sustained-yield tropical rain forest agriculture. *Journal of Anthropological Research* 36: 1–33.
- ODUM, E. 1972. *Ecología del Suelo*. Editorial. Interamericana. México. 295p.
- PADRON, E. 1996. *Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería*. Ed. Trillas. México. 215 p.
- PASHANASI, B. 2002. Estudio Cuantitativo de la Macrofauna del suelo en Diferentes Sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, *Folia Amazónica*. Lima, Perú. 12(1-2): 75-797.
- PAVA, I. 2011. *Degradación del suelo: problemática mundial y local*. Centro de Estudios Políticos y Socioculturales del Caribe – CESPCA. 18 p.
- PORTA, J. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones Mundi-prensa, .929 p.
- RAMÍREZ, C. 2005. Cambios de la resistencia a la penetración en un suelo condiferentes sistemas de manejo y su relación con algunas propiedades físicas en un andisol. Profesor Asociado, escuela de física,

Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín,[En línea]:  
(<http://www.unalmed.edu.co/esgeocien/documentos/rramirez/.pdf>.)

RENGIFO, J., TRUJILLO, F. 1992. "Durabilidad natural de la madera de nueve especies de Bombacáceas". En: Revista Forestal del Perú. Lima, Perú. 19 (1): 83-92 p.

ROMÁN, F. 2006. Establecimiento de seis árboles nativos en un pastizal degradado en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México, 59 p.

SADZAWKA , R.,CARRASCO, R., GREZ, Z., MORA, G., FLORES, P., NEAMAN A. 2006. Metodos de analisis de suelos recomendados para los suelos de chile. Serie de ActasINIA N° 34. Revicion 2006. Instituto de insvestigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. 164 p.

SADZAWKA. R., CAMPILLO, R. 1999. Acidificación de los suelos y los procesos involucrados.. Serie Remehue N° 71 In M. Alfaro (ed) Curso de capacitación para operadores del Programa de Recuperación de Suelos. Degradados Zona Sur (Regiones IX y X). Instituto de investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigacion Remehue, Osorno, Chile 93 103.p

SANCHEZ, E. 1981 SUELOS: Bases técnicas para el desarrollo de los cultivos en la ceja de selva del Perú. PEPP. ADEX-USAID-DA. Chanchamayo, Perú.86p.

- SER, 2004. Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencia y política. Society for Ecological Restoration (SER). [www.ser.org](http://www.ser.org) y Tucson, Arizona, 15 p.
- VARGAS, Y., VALDIVIA, L.A. 2005. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. Mosaico científico 2(2): 1-5.
- VOLKE, S. 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. 19-31 p.
- YOUNG, K., LEÓN, B. 1999. Perú humid eastern montane forest; An overview of their physical settings, biological diversity humn use and settlement, and conservation needs, DIVA Technical Report No. 5: 1-97 p.

**ANEXO**



## ANEXO 2. INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS

Cuadro 20. Interpretación de potasio disponible

Niveles	K <sub>2</sub> O (Kg/Ha)
Bajo	menos de 300
Medio	300 - 600
Alto	mas 600

BAZÁN (1996)

Cuadro 21. Interpretación de % de materia orgánica

Materia orgánica	
Niveles	Materia orgánica
Muy bajo	< 1
Bajo o pobre	1 - 2
Medio	2 - 3
Alto o rico	3 - 5
Muy alto	> 5

BAZÁN (1996)

Cuadro 22. Interpretación de fosforo disponible

Niveles	Fosforo (ppm)
Muy bajo	< 5
Bajo	5.1 - 15
Normal	15.1 - 30
Alto	30.1 - 40

BAZÁN (1996)

Cuadro 23. Interpretación de niveles de pH

Niveles	pH en KCl
Extremadamente ácido	< 4.0
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9
mediadamente ácido	5.0 - 5.9
ligeramente ácido	6.0 - 6.9
neutro	7
ligeramente alcalino	7.1 - 8.0
mediana alcalino	8.1 - 9.0
fuertemente alcalino	9.1 - 10
extremadamente alcalino	> 10

BAZÁN (1996)

Cuadro 24. Niveles de resistencia de suelo a la penetración

(kg/cm)	Nivel de resistencia
< 1	Suelos muy suaves
1 – 2	Suelos suaves
2 – 3	Suelos duros
3 – 4	Suelos muy duros
> 4	Suelos extremadamente duros

BAZÁN (1996)

Cuadro 25. Niveles de CICE en el suelo

NIVEL	CICE (meq/100 g de suelo)
Bajo	<4
Medio	4 - 30
Alto	>30

BAZÁN (1996)

Cuadro 26. Niveles de Nitrógeno en el suelo

NIVEL	(% N en el suelo)
Bajo	<0 - 0.1]
Medio	<0.1 – 0.2]
Alto	<0.2 – 0.1]

BAZÁN (1996)

## ANEXO 3. Galería de fotos



Figura 12. Plantaciones de topa en estado natural.



Figura 13. Recolectando plantones de topa.



Figura 14. Traslado de plantones de topa a la parcela.



Figura 15. Plantaciones de cético en estado natural.



Figura 16. Traslado de plántulas de cético a la parcela.



Figura 17. Plantación de cético en la parcela.



Figura 18. Plantaciones de topa en la parcela.



Figura 19. Evaluación de la altura del cético en la parcela.



Figura 20. Toma de muestras de suelos.

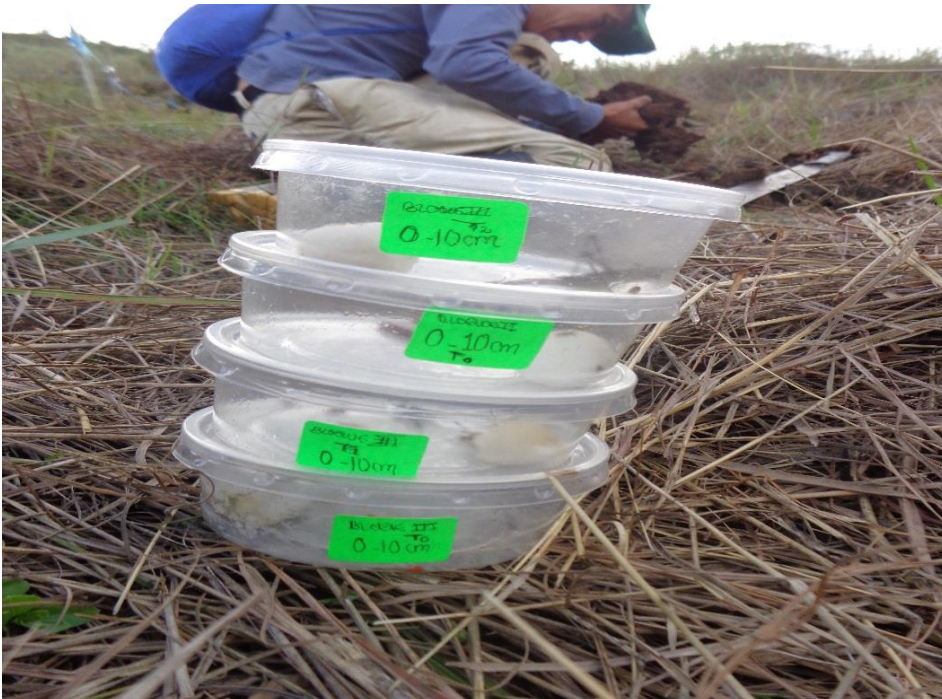


Figura 21. Recolección de macrofauna por conteo.



Figura 22. Evaluación de la resistencia de penetración a cero 0 cm. de profundidad.



Figura 23. Evaluación de la resistencia de penetración a cero 20 cm. De profundidad.

