



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**



**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN EL  
CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES Y CARACTERÍSTICAS DEL SUELO  
EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUBIERTA FORESTAL DE LA  
CUENCA DEL RIO JAMBOÉ, SECTOR NUMBAMI, ZAMORA CHINCHIPE.**

Tesis de Grado Previa a la  
Obtención del Título de Ingeniero  
Forestal.

**AUTOR:** Leonardo Alexander Jaramillo Sánchez

**DIRECTOR:** Nikolay Aguirre Mendoza, Ph.D

**Loja – Ecuador**

**2014**

**Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D.**

**CERTIFICA:**

En calidad de director de las tesis titulada "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN EL CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES Y CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUBIERTA FORESTAL DE LA CUENCA DEL RIO JAMBOÉ, SECTOR NUMBAMI, ZAMORA CHINCHIPE", de autoría de señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Leonardo Alexander Jaramillo Sánchez, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, mayo 2014.

Atentamente,



**Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D.  
DIRECTOR DE TESIS**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN  
EL CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES Y CARACTERÍSTICAS DEL  
SUELO EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUBIERTA FORESTAL  
DE LA CUENCA DEL RIO JAMBOÉ, SECTOR NUMBAMI, ZAMORA  
CHINCHIPE.**

**TESIS DE GRADO**

Presentada al Tribunal Calificador como requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIRERO FORESTAL**

En la:

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

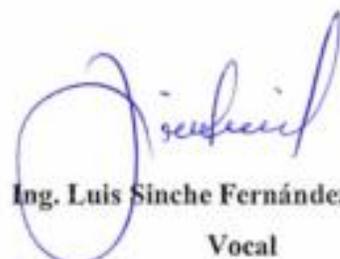
**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**APROBADA:**



**Ing. Héctor Maza Chamba, Mg. Sc.**  
**PRESIDENTE**



**Ing. Luis Sinche Fernández, Mg. Sc.**  
**Vocal**



**Ing. William Zury Ocampo, Mg. Sc.**  
**Vocal**

Ing. Héctor Maza Chamba, Mg. Sc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN EL CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES Y CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUBIERTA FORESTAL DE LA CUENCA DEL RIO JAMBOÉ, SECTOR NUMBAMI, ZAMORA CHINCHIPE”**

**CERTIFICA:**

Que en calidad de Presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN EL CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES Y CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUBIERTA FORESTAL DE LA CUENCA DEL RIO JAMBOÉ, SECTOR NUMBAMI, ZAMORA CHINCHIPE”, de autoría de señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Leonardo Alexander Jaramillo Sánchez, ha sido dirigida, revisada e incorporadas todas la sugerencias efectuadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación y aprobación. Por lo tanto autorizo su publicación pública definitiva.

Loja, mayo 2014.

Atentamente,



Ing. Héctor Maza. Mg. Sc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR**

## AUTORÍA

Yo, Leonardo Alexander Jaramillo Sánchez, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Loja, mayo de 2014



**Leonardo Alexander Jaramillo Sánchez**  
**C.I.:1104486137**

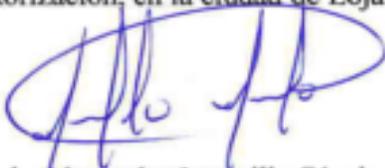
**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA  
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, Leonardo Alexander Jaramillo Sánchez, declaro ser autor, de la tesis **titulada** “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN EL CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES Y CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUBIERTA FORESTAL DE LA CUENCA DEL RIO JAMBOÉ, SECTOR NUMBAMI, ZAMORA CHINCHIPE”, como requisito para obtener el grado de: Ingeniero Forestal, autorizamos al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios podrán consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 08 días del mes de Mayo del 2014.

Firma:   
Autores: Leonardo Alexander Jaramillo Sánchez  
Pasaportes: 1104486137  
Dirección: Perú y Sevilla, diagonal a la UNE

Correo [lj.forestal@hotmail.com](mailto:lj.forestal@hotmail.com)  
Electrónico  
Teléfono 0985813703 2 57-30-68

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

Director de Tesis: Ing. Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D.  
Tribunal de Grado: Ing. Héctor Maza Chamba, Mg. Sc.  
Ing. Luis Sinche Fernández, M. Sc.  
Ing. William Zuri Ocampo, Mg. Sc.

## **DEDICATORIA**

A mi padre Isauro Jaramillo, y a mi viejita amada Elicia Sánchez, ejemplo de vida, trabajo, sacrificio, lealtad; que no alcanzaría tiempo ni espacio para nombrar los elogios que tanto se merece. Pilar fundamental de mi formación como persona, estudiante y profesional. A ella, a la que todo hijo desearía tener como madre y compañera, dedico este logro que lo he cumplido con esfuerzo y sacrificio para enorgullecerla de haber culminado con los estudios de uno más de sus hijos queridos. .

A mis hermanos, Carmita, Gabita, Patico, Davico y a Mary Jose, por su apoyo incondicional en cada momento de desaliento en esta tan anhelada meta, mi tesis.

Como olvidar a mí segunda madre, mi querida Tía Mary, por su cuidado y constancia en cada etapa de mi vida, y por su amor infinito para quienes la apreciamos.

A mis mejores amigos del deporte que me inicio como jugador de volibol Anabel, Jonathan, Paúl y Ronny, y a los de la Carrera de Ingeniería Forestal en especial a Mery, Miguel, Paúl y Cristian por su amistad irreprochable y apoyo incondicional.

Gracias a todos....

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso de manera cordial y sincera mi agradecimiento a quienes hicieron posible y contribuyeron para que este trabajo investigativo sea posible.

A Naturaleza y Cultura Internacional y a todo su equipo de trabajo por proporcionarme todo el apoyo financiero, técnico y humanístico para que desarrolle con todas las facilidades posibles mi proyecto de tesis.

Al Dr. Nicolay Aguirre y al Dr. Felipe Serrano, que con su experiencia investigativa supieron asesorarme estrictamente para alcanzar un nivel técnico aceptable en la elaboración de esta investigación.

A los Ing. Carlos Rosales y Manuel Lojan, y a los trabajadores encargados de las reservas donde se realizó la presente tesis, por la ayuda incondicional que me prestaron a lo largo de la fase de campo y en lo posterior. Sin su ayuda no lo hubiese logrado.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, por impartirme tan valiosos conocimientos teóricos, técnicos y prácticos que han contribuido en mi formación Profesional.

A los miembros del Tribunal Calificador por proponer sugerencias y consejos oportunos luego de la revisión del proyecto de tesis.

Finalmente, expreso mi infinito agradecimiento a Dios por la salud y la vida que aún me sigue dando, y a mi familia, principalmente a mi madre y hermanos por haber sido fuente constante de soporte y cariño a lo largo de toda mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

| Contenido   | Página      |
|---|-------------|
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>XVI</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>XVII</b> |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....   | <b>3</b>    |
| 2.1    LOS BOSQUES TROPICALES Y SU APORTE ECOLÓGICO A NIVEL<br>MUNDIAL.....   | 3           |
| 2.1.1    Importancia ecológica de los bosques húmedos tropicales del<br>Ecuador y su problemática actual en la región sur .....   | 4           |
| 2.2    DINÁMICA DE LOS BOSQUES TROPICALES DEL SUR DEL ECUADOR Y SU<br>COMPORTAMIENTO EN DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES .....  | 6           |
| 2.2.1    Estudios relacionados con la implementación de tratamientos<br>silviculturales y su efecto en el crecimiento de especies forestales en<br>los trópicos amazónicos..... | 8           |
| 2.3    LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO INSTRUMENTO DE<br>RECUPERACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE LOS BOSQUES<br>TROPICALES DEL SUR DEL ECUADOR.....                           | 9           |
| 2.3.1    Técnicas usadas para la restauración de los ecosistemas en la región<br>sur del Ecuador .....  | 11          |
| 2.4    SUELOS DEL BOSQUE TROPICAL Y SU RELACIÓN EN LA DINÁMICA DE<br>ESTOS ECOSISTEMAS.....   | 12          |
| 2.4.1    Situación actual de los suelos del Bosque Tropical Amazónico del<br>Ecuador.....   | 13          |
| <b>3. METODOLOGÍA</b> .....   | <b>15</b>   |
| 3.1    DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....   | 15          |
| 3.2    METODOLOGÍA PARA EVALUAR Y COMPARAR EL CRECIMIENTO DE<br>ESPECIES FORESTALES BAJO DIFERENTES TÉCNICAS<br>SILVICULTURALES .....   | 16          |
| 3.2.1    Fase 1: zonificación de las zonas de estudio .....   | 16          |
| 3.2.2    Fase 2: instalación de unidades muestrales .....   | 18          |
| 3.2.3    Fase 3: análisis de datos para determinar los cambios en la<br>vegetación y el crecimiento de las especies leñosas.....  | 20          |
| 3.3    METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR LA INFLUENCIA DE LA<br>RESTAURACIÓN ECOLÓGICA SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL<br>SUELO.....  | 23          |
| 3.3.1    Instalación de Parcelas.....   | 23          |
| 3.3.2    Extracción de las muestras de suelo .....  | 24          |
| 3.3.3    Análisis químico de las muestras de suelo .....  | 25          |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.4       | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN .....  | 29        |
| 3.5       | DIFUSIÓN DE RESULTADOS .....  | 29        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS .....</b>   | <b>30</b> |
| 4.1       | EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES BAJO DIFERENTES TÉCNICAS SILVICULTURALES EN EL SECTOR EL NUMBAMI, ZAMORA CHINCHIPE. ....  | 30        |
| 4.1.1     | Composición florísticas de las especies leñosas evaluadas en los diferentes tratamientos silviculturales .....  | 30        |
| 4.1.2     | Parámetros ecológicos. ....   | 32        |
| 4.1.2.1   | Diversidad de familias y especies de los tratamientos silviculturales con especies regeneradas. ....  | 32        |
| 4.1.2.2   | Diversidad de familias y especies de los tratamientos silviculturales T2 y T4 con especies plantadas. ....  | 33        |
| 4.1.2.3   | Abundancia (ind/ha), densidad relativa (DR), frecuencia relativa (FR), dominancia relativa (Dm.R) e índice de valor de importancia (IVI) de las especies de regeneración natural de los tratamientos silviculturales. ....  | 34        |
| 4.1.2.4   | Abundancia (ind/ha), densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa e índice de valor de importancia de las especies plantadas por la restauración ecológica en los tratamientos silviculturales T2 y T4. .... | 38        |
| 4.1.2.5   | Diversidad alfa de los tratamientos silviculturales .....   | 39        |
| 4.1.2.6   | Diversidad beta de los tratamientos silviculturales .....   | 40        |
| 4.1.3     | Incremento periódico promedio en altura y diámetro basal de las especies evaluadas en los Tratamiento Silviculturales. ....   | 42        |
| 4.1.3.1   | Incremento periódico promedio de las especies de regeneración natural de los tratamientos silviculturales en un periodo de 6 meses. ....  | 42        |
| 4.1.3.2   | Incremento periódico promedio en altura y diámetro de las especies plantadas de los tratamientos silviculturales T2 y T4. ....  | 45        |
| 4.1.4     | Análisis estadístico sobre el incremento promedio en altura y diámetro de las especies evaluadas en cada tratamiento silviculturales .....  | 49        |
| 4.1.4.1   | Incremento periódico promedio en altura y diámetro de las especies de regeneración natural .....  | 49        |
| 4.1.4.2   | Incremento periódico promedio en altura y diámetro de las especies plantadas de los tratamientos silviculturales T2 y T4. ....  | 55        |
| 4.1.5     | Dinámica poblacional de las especies de los tratamientos silviculturales .....  | 63        |
| 4.1.5.1   | Mortalidad y reclutamiento de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silviculturales .....  | 63        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 4.1.5.2   | Mortalidad de las especies plantadas de los tratamientos silviculturales T2 y T4 en un periodo de 6 meses. ....   | 66         |
| 4.2       | IDENTIFICACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO. ....   | 68         |
| 4.2.1     | Análisis estadísticos del pH, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes encontrados en los suelos de cada tratamiento silvicultural. ....         | 68         |
| 4.2.1.1   | Acidez del suelo (pH) de cada tratamiento silvicultural.....  | 68         |
| 4.2.1.2   | Porcentaje de materia orgánica (MO) disponible en cada tratamiento silvicultural. ....  | 70         |
| 4.2.1.3   | Disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.....   | 71         |
| <b>5.</b> | <b>DISCUSIÓN.....</b>   | <b>73</b>  |
| 5.1       | COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES DE REGENERACIÓN NATURAL DE LOS TRATAMIENTOS SILVICULTURALES INSTALADOS EN LA RESERVA DE JAMBOE. ....                     | 73         |
| 5.1.1     | Crecimiento de las Especies de Regeneración Natural de cada Tratamiento Silvicultural.....  | 76         |
| 5.1.2     | Mortalidad y reclutamiento de las especies de regeneración natural.....   | 78         |
| 5.2       | EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES PLANTADAS POR LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LOS TRATAMIENTOS SILVICULTURALES T2 Y T4 INSTALADOS EN LA RESERVA DE JAMBOE. .... | 80         |
| 5.2.1     | Crecimiento de las especies Plantadas en los tratamientos Silviculturales T2 y T4 .....   | 82         |
| 5.2.2     | Supervivencia y Mortalidad de las especies Plantadas en los tratamientos Silviculturales T2 y T4.....   | 84         |
| 5.3       | INFLUENCIA DEL SUELO EN EL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES LEÑOSAS .....  | 85         |
| <b>6.</b> | <b>CONCLUSIONES .....</b>   | <b>89</b>  |
| <b>7.</b> | <b>RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>91</b>  |
| <b>8.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>   | <b>92</b>  |
| <b>9.</b> | <b>ANEXOS .....</b>   | <b>102</b> |

## ÍNDICE DE CUADRO

| Nº   | Páginas |
|--|---------|
| Cuadro 1. Tratamientos silviculturales establecidos en diferentes áreas muestrales de la zona de investigación. ....                               | 17      |
| Cuadro 2. Hoja de campo para medir la altura y el área basal de las especies leñosas de cada tratamiento silvicultural. ....                       | 20      |
| Cuadro 3. Parámetros ecológicos utilizados para evaluar las especies de cada tratamiento silvicultural. ....                                       | 21      |
| Cuadro 4. Equipos, materiales y reactivos utilizados para determinar la MO del suelo, con base en el método de Walkley y Black. ....               | 25      |
| Cuadro 5. Equipos, materiales y reactivos para calcular el nivel de N en el suelo. ....  | 26      |
| Cuadro 6. Equipos, materiales y reactivos para calcular el nivel de P en el suelo. ....  | 27      |
| Cuadro 7. Equipos, materiales y reactivos para calcular el nivel de K, Ca y Mg en el suelo en el suelo. ....                                       | 28      |
| Cuadro 8. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Pastos (T1). ....                            | 35      |
| Cuadro 9. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Pastos + Plantación (T2). ....               | 35      |
| Cuadro 10. Parámetros ecológicos de 10 especies más representativas de la regeneración natural del tratamiento silvicultural Luzara (T3). ....     | 36      |
| Cuadro 11. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Luzara + Plantación (T4). ....              | 37      |
| Cuadro 12. Parámetros ecológicos de las 10 especies más representativas de la regeneración natural del tratamiento silvicultural Bosque (T5). .... | 37      |
| Cuadro 13. Parámetros ecológicos de las 10 especies plantadas más representativas del tratamiento silvicultural Pastos + Plantación (T2). ....     | 38      |
| Cuadro 14. Parámetros ecológicos de las 10 especies plantadas más representativas del tratamiento silvicultural Luzara + Plantación (T4). ....     | 39      |
| Cuadro 15. Diversidad alfa de los tratamientos silviculturales con especies de regeneración natural calculada con el índice de Shannon. ....       | 40      |
| Cuadro 16. Diversidad alfa de los tratamientos silviculturales con especies plantadas T2 y T4 calculada con el índice de Shannon-Wiener. ....      | 40      |
| Cuadro 17. Diversidad beta de los tratamientos silviculturales con especies de regeneración culculada con el índice de Sorensen. ....              | 41      |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Cuadro 18. | Diversidad beta de los tratamientos silviculturales con especies plantadas T2 y T4 calculada con el índice de Sorensen.....  | 41 |
| Cuadro 19. | Incremento periódico promedio en altura de 5 especies con mayor crecimiento de cada tratamiento silvicultural con especies de regeneración natural. ....                                       | 43 |
| Cuadro 20. | Incremento periódico promedio en diámetro de 5 especies más representativas de cada tratamiento silvicultural con especies de regeneración natural .....                                       | 45 |
| Cuadro 21. | Incremento periódico promedio en altura de 10 especies más representativas del los tratamiento silviculturales con especies plantadas T2 y T4.....   | 46 |
| Cuadro 22. | Incremento periódico promedio en diámetro basal de 10 especies más representativas del los tratamiento silviculturales con especies plantadas T2 y T4.....                                     | 48 |
| Cuadro 23. | Tasa de mortalidad de las especies de regeneración natural de cada tratamientos silviculturales. ....  | 64 |
| Cuadro 24. | Tasa de mortalidad de las especies de regeneración natural que registraron individuos muertos en un periodo de 6 meses en de cada tratamientos silvicultural.....                              | 64 |
| Cuadro 25. | Tasa de reclutamiento de las especies de regeneración natural de cada tratamientos silvicultural.....  | 65 |
| Cuadro 26. | Tasa de reclutamiento de las especies de regeneración natural que registraron individuos nuevos en cada tratamiento silvicultural.....   | 66 |
| Cuadro 27. | Tasa de mortalidad de las especies plantadas que obtuvieron individuos muertos en un periodo de 6 meses en los tratamientos silviculturales con restauración ecológica.....                    | 67 |
| Cuadro 28. | Disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas de cada tratamiento silvicultural. Letras diferentes indican diferencia significativa (Test Tukey, $p>0,05$ ). .... | 71 |

## ÍNDICE DE FIGURA

| Nº         |   | Página |
|------------|---|--------|
| Figura 1.  | Mapa histórico de deforestación del Ecuador Continental.....  | 4      |
| Figura 2.  | Ubicación geográfica de la zona de estudio dentro de la provincia de Zamora Chinchipe. ....   | 15     |
| Figura 3.  | Ubicación geográfica de los tratamientos silviculturales .....  | 18     |
| Figura 4.  | Distribución de las parcelas permanentes en cada uno de los tratamientos silviculturales.....   | 19     |
| Figura 5.  | Parcelas anidadas para evaluar el crecimiento de las especies forestales de los tratamientos silviculturales.....   | 19     |
| Figura 6.  | Diseño del muestreo para la recolección de las muestras de suelo .....  | 24     |
| Figura 7.  | Número total de especies leñosas registradas en los diferentes tratamientos silviculturales distribuidos en los tres sitios de investigación.....   | 31     |
| Figura 8.  | Número de familias y especies evaluadas en los tratamientos con especies de regeneración natural y, Número de familias y especies evaluadas en los tratamientos T2 y T4 con especies plantadas..... | 32     |
| Figura 9.  | Diversidad de 10 familias con mayor número de especies de regeneración natural; Diversidad de 10 especies de regeneración natural con mayor número de individuos. ....                              | 33     |
| Figura 10. | Diversidad de 10 familias con mayor número de especies plantadas; y Diversidad de 10 especies plantadas con mayor número de individuos registrados en las .....                                     | 34     |
| Figura 11. | Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silviculturales.. ....  | 42     |
| Figura 12. | Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silvicultural.....  | 44     |
| Figura 13. | Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas en los tratamientos silviculturales T2 y T4.. ....  | 46     |
| Figura 14. | Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies plantadas en los tratamientos silviculturales T2 y T4.....  | 47     |
| Figura 15. | Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural evaluadas en cada tratamiento.....  | 49     |
| Figura 16. | Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural evaluadas en las parcelas instaladas en cada tratamiento silvicultural .....  | 51     |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 17. | Incremento periódico promedio en diámetro de las especies de regeneración natural evaluadas de cada tratamiento silvicultural.....                             | 52 |
| Figura 18. | Incremento periódico promedio en diámetro de las especies de regeneración natural evaluadas en las parcelas instaladas en cada tratamiento silvicultural ..... | 53 |
| Figura 19. | Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural agrupadas en tres gremios. ....  | 54 |
| Figura 20. | Incremento periódico promedio en diámetro de las especies de regeneración natural agrupadas en tres gremios. ....  | 55 |
| Figura 21: | Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas, evaluadas en los tratamientos T2 y T4.....  | 56 |
| Figura 22: | Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas, evaluadas en las parcelas instaladas en los tratamientos T2 y T4... ..                      | 57 |
| Figura 23: | Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies plantadas, evaluadas en los Tratamiento T2 y T4.....   | 58 |
| Figura 24: | Incremento periódico promedio en diámetro de las especies plantadas evaluadas en las parcelas instaladas en los tratamiento T2 y T4.....                       | 59 |
| Figura 25. | Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas agrupadas en tres gremios.. ..   | 60 |
| Figura 26. | Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas en los tratamientos T2 y T4 agrupadas en tres gremios.. ..                                   | 61 |
| Figura 27. | Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies plantadas agrupadas en y tres gremios.....   | 62 |
| Figura 28. | Incremento periódico promedio en diámetro de las especies plantadas en los tratamientos T2 y T4 agrupadas en y tres gremios.....                               | 63 |
| Figura 29. | Tasa de mortalidad de las especies plantadas en los tratamientos silviculturales T2 y T4.....  | 67 |
| Figura 30. | Acidez del suelo de cada tratamiento silvicultural.....  | 69 |
| Figura 31. | Contenido de materia orgánica encontrada en los suelos de cada tratamiento silvicultural. ....   | 71 |

## **RESUMEN**

En 2011 la Fundación Naturales y Cultura Internacional (NCI) inició un proceso de restauración ecológica en 23 ha de pastizales degradados en la reserva del Jamboé, ubicada en el sector Numbami, Zamora Chinchipe. Posterior a esto, en 2013 se implementó un modelo de evaluación para determinar la factibilidad de la restauración ecológica comparando el crecimiento y la adaptabilidad de las especies plantadas frente a las especies de regeneración natural. Adicional a esto, se realizó análisis el químico de suelos para determinar la influencia que existe entre el crecimiento de las especies de los dos grupos evaluados con las propiedades químicas del suelo.

El modelo de evaluación consistió de 5 tratamientos silviculturales distribuidos en 5 tipos de formaciones vegetales diferentes, estos tratamientos se denominaron: Pastos (T1), Pastos + Plantación (T2), Luzara (T3), Luzara + Plantación (T4) y Bosque (T5), en los cuales se evaluaron los individuos de regeneración natural mayores a 50cm altura con sus respectivos DAB; y la altura y DAB de todas las especies plantadas por la restauración ecológica, sin tomar en cuenta un límite de altura. Con los datos obtenidos evaluaron parámetros ecológicos, incremento periódico en altura (IPH) y en diámetro (IPD) de los dos grupos de especies. Finalmente, con los análisis químicos se pudo determinar el pH, el porcentaje de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes del suelo de cada tratamiento silvicultural.

En un periodo de 6 meses, los tratamientos con especies de regeneración natural obtuvieron un porcentaje de mortalidad del 5,39% y una tasa de reclutamiento de 16,42%, así como también un incremento periódico promedio en altura (IPH) de 34,72cm y un incremento periódico promedio en diámetro (IPD) de 0,38cm. En lo que concierne a los tratamientos con especies plantadas se presentó un porcentaje de mortalidad de 24,69% y una supervivencia de 84,36%, además se obtuvieron un IPH de 25,35 cm y un IPD de 0,31cm. En los tratamientos con especies de regeneración natural el grupo de especies hemieliófitas obtuvo el mejor crecimiento en altura con 43,52cm, mientras que en los tratamientos con especies plantadas el grupo de especies heliófitas obtuvo los mejores resultados con 36,11cm. Finalmente se determinó que las propiedades químicas del suelo poseen aparentemente, una relación con el crecimiento de las especies plantadas y regeneradas.

## **ABSTRACT**

In 2001, Naturaleza y Cultura Internacional (NCI) Foundation started a process of ecological restoration in 23 ha of degraded grassland in Jamboé reservation, located in Numbami, Zamora Chinchipe. After the previously mentioned process, in 2013 an evaluation model in order to determine feasibility of the ecological restoration was implemented, comparing growth and adaptability of sown species against natural regeneration varieties. In addition, chemical analysis of soils to determine influence which occurred between the two evaluated groups and the soil chemical properties was carried out.

The valuation model consisted in 5 silviculture treatments, distributed in 5 different types of vegetable formations. These treatments were labelled as: Pastures (T1), Pastures + Plantation (T2), Luzara (T3), Luzara + Plantation (T4) and Forest (T5), in which individuals belonging to natural regeneration larger than 50cm which their respective DAB were valued; and, height and DAB of all sown species by ecological restoration, without counting height limit. With the obtained data, ecological parameters, periodical height increase (IPH) and diameter average periodical increase (IPD) in both observed groups were evaluated. Finally, with the chemical analysis, pH, organic matter amount occurred y essential nutrients availability of soils in each silvicultural treatment were determined.

In a six month period, natural regeneration treatments showed a mortality percentage of 5,39% and a recruitment rate of 16,42%, as well as an average height periodical increment (IPH) of 34,72cm y and a diameter average periodical increase (IPD) of 0,38cm. Concerning the treatments with sown species a mortality percentage of 24,69% and a survival percentage of 84,36% were shown. In addition, a IPH of 25,35 cm and a IPD of 0,31cm were obtained. In treatments with natural regeneration hemieliofitas species group had the best growth in height 43.52 cm, while in treatments with sown shade-intolerant species group obtained the best results with 36.11 cm. It was determined also that there is a close relationship concerning chemical properties of soils and the growth of regenerated and sown species.

## 1. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente la mitad de la superficie de bosques del mundo (52 %), se encuentran en la zona tropical (FAO, 2009; Calle *et al.*, 2011), específicamente en los trópicos americanos, comprendidos por Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela, Guayana, Perú, Surinam y Ecuador (FAO, 2009; González, 2010). Los bosques tropicales comprenden la mayor riqueza de especies y diversidad de ecosistemas terrestres (FAO, 2010a). Son considerados como uno de los ecosistemas más importantes del mundo por su contribución a los ciclos mundiales de agua (Calle *et al.*, 2011) y por sus grandes reservorios de carbono, los cuales contienen aproximadamente entre 40-50 % de todo el carbono de la biomasa terrestre (Navarro *et al.*, 2013). Se estima que estos bosques contienen más del 60 % del total de especies de seres vivos, protegiendo la mayor diversidad biológica del planeta y brindando servicios ecosistémicos vitales (Celentano *et al.*, 2011).

En Ecuador existen alrededor de 10 millones de hectáreas de cobertura forestal pertenecientes al Estado, que equivalen al 35,7 % del territorio nacional. La cobertura forestal natural del país se concentra 80 % en la Amazonía (ONU-RED y MAE, 2011) y se caracteriza por poseer ecosistemas de bosques tropicales muy complejos (MAE, 2011a). En esta región existen grandes extensiones de bosque natural que es de vital importancia para la conservación a nivel global (Bass *et al.*, 2010; REDD, 2012), ya sea por poseer una alta diversidad biológica, especies y genes (MAE, 2011b), o por abarcar la mayor biomasa forestal total del país (REDD, 2012).

Los bosques y los diferentes ecosistemas forestales del Ecuador, han aportado históricamente con productos y servicios ecosistémicos importantes para la economía del país (Añazco *et al.*, 2010). No obstante, la preservación de estos ecosistemas se ha visto fuertemente amenazada (Luzuriaga y Apolo, 2010). Durante los últimos siglos, la actividad humana ha modificado espectacularmente muchos bosques tropicales creando paisajes dominados por la agricultura o por el desarrollo urbano (Bradshaw *et al.*, 2010). Esta transformación ha generado dificultades dado que no solo se ha perdido biodiversidad, sino también ha afectado al suministro de muchos productos forestales y servicios ecosistémicos valiosos (FAO, 2012).

El Ecuador presenta una de las tasas de deforestación más altas de Latinoamérica, estimada en 0,66 % (77 647 ha/año) en el periodo 2000-2008 (FAO y BM, 2012; MAE, 2012), siendo la Amazonía la región con mayor deforestación del país (19 778 ha/año) (MAE, 2012; Grijalva *et al.*, 2012). En la región amazónica los procesos de deforestación se deben principalmente a la explotación minera, al manejo inapropiado de los pastos, la agricultura no sostenible de tumba y quema, y la extracción ilegal y destructiva de madera. Como resultado de ello, han surgido impactos drásticos en la biodiversidad de estos importantes ecosistemas naturales y en las condiciones de vida de las poblaciones locales (Naranjo *et al.*, 2010; Aguirre y León, 2012).

En la región amazónica ecuatoriana, principalmente en la provincia de Zamora Chinchipe son evidentes estos procesos destructivos en los últimos 40-60 años (Luzuriaga y Apolo, 2010; Aguirre y León 2010). En la cuenca del río Jamboé los procesos antrópicos han destruido grandes extensiones de bosque para la implementación de pastizales destinados principalmente a la crianza de ganado vacuno. Estos pastizales, con el transcurso de los años, han sido sobreutilizados y en muchos casos su productividad ha disminuido notablemente, en consecuencia los finqueros se ven obligados a abandonarlos y deforestar nuevas áreas boscosas para establecer nuevas zonas para la crianza del ganado.

Partiendo de esta problemática, desde el 2011, la Fundación Naturaleza y Cultura Internacional (NCI) conjuntamente con el proyecto “Restauración ecológica de bosques amazónicos en el sur de Ecuador” inició un proceso de restauración ecológica de alrededor de 23 ha dentro a la reserva del Jamboé. Posteriormente, en el 2013 se implementó un modelo evaluación bajo 5 tratamientos silviculturales para determinar la factibilidad de la restauración ecológica y la adaptación de especies forestales de alto valor alto valor económico, ecológico y cultural. Para ello se planteó los siguientes objetivos:

- Evaluar y comparar el crecimiento de especies forestales bajo diferentes técnicas silviculturales en el sector el Numbami, Zamora Chinchipe.
- Identificar la influencia de la restauración ecológica sobre las propiedades químicas del suelo.
- Difundir los resultados del estudio a los actores involucrados para su conocimiento.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Los Bosques Tropicales y su Aporte Ecológico a Nivel Mundial**

Los bosques tropicales protegen la mayor diversidad biológica del planeta y brindan servicios ecosistémicos vitales (Celentano *et al.*, 2011). Aproximadamente la mitad de la superficie de bosques del mundo se encuentran en la zona tropical. De la totalidad de los bosques tropicales existentes el 47% están situados en África tropical, el sudeste asiático y algunas islas de Oceanía y el 52% restante se localiza en los trópicos americanos (FAO, 2009). Son considerados como uno de los ecosistemas más importantes del mundo no sólo por su contribución a los ciclos mundiales de agua y carbono sino también por su alta riqueza y complejidad ecológica (Calle *et al.*, 2011).

A escala global, los bosques tropicales a pesar de cubrir del 7-10% de la superficie terrestre contribuyen un reservorio de carbono desproporcionadamente grande con 40-50% de todo el carbono de la biomasa terrestre (Martin y Thomas, 2011), además tienen una gran importancia ya que capturan y procesan grandes cantidades de carbono -aproximadamente seis veces más que el carbono que la actividad humana libera a la atmósfera por el consumo de combustibles fósiles (Wright, 2010), y alberga entre la mitad y dos tercios del total de las especies del planeta (Cayuela y Granzow, 2012), con un gran número de especies representadas por pocos individuos (Alvis, 2009).

Estos bosques juegan un papel fundamental en la regulación climática del planeta ya que almacenan una gran cantidad de gases de efecto invernadero de la atmósfera a causa de la quema de combustibles fósiles (por ejemplo la quema de gas y gasolina para producir energía eléctrica, alimentar maquinaria industrial o ayudar al desplazamiento de automóviles y de aviones), la quema de bosques para convertirlos en campos agrícolas o ganaderos y el uso de fertilizantes para aumentar los rendimientos en la producción agrícola han contribuido. (Balvanera, 2012).

### 2.1.1 Importancia ecológica de los bosques húmedos tropicales del Ecuador y su problemática actual en la región sur

Ecuador es un país relativamente pequeño (283 561 km<sup>2</sup>) que posee paisajes geográficos extremadamente variados y una extraordinaria diversidad biológica (MAE, 2010; Muñoz *et al.*, 2013), reconocido a nivel mundial por su riqueza florística y faunística, la cual está asociada a una serie de variables ambientales como: el bioclima, el relieve, el suelo, regímenes de inundación, entre otros factores; que interactúan y dan origen a diferentes paisajes naturales que conviven con varios tipos de vegetación y permanentes amenazas dadas por una continua y persistente presión del ser humano sobre los recursos naturales (MAE, 2012).

La mayoría de la biomasa forestal total del país se encuentra en la región Amazónica (Figura 1), que corresponde a aproximadamente 10 millones de hectáreas, es decir el 80 % de los bosques del país (REDD, 2012).

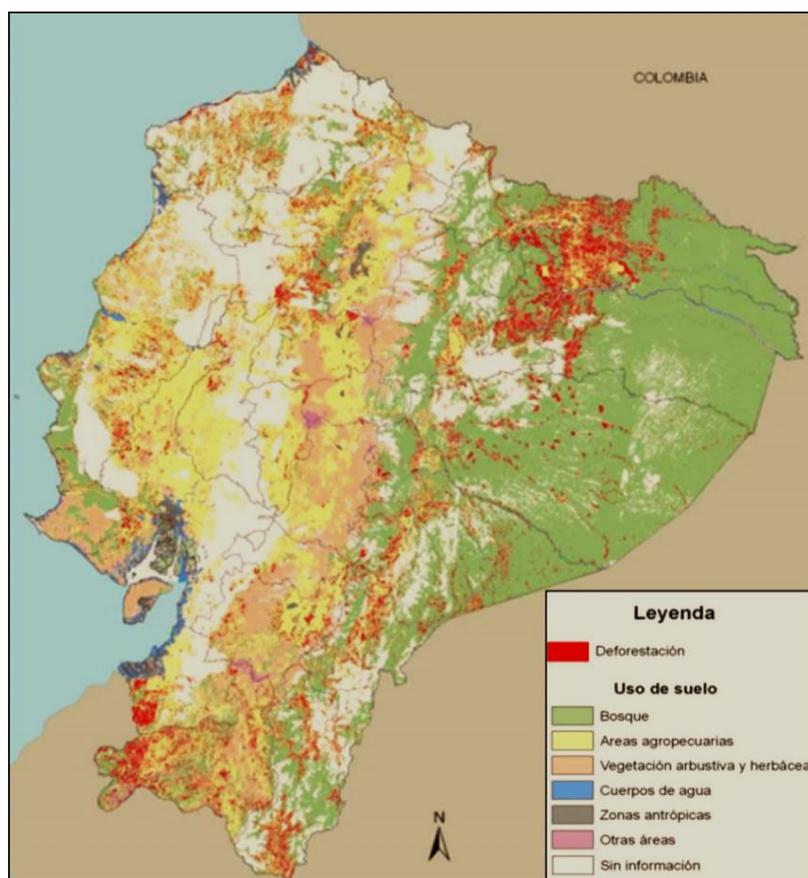


Figura 1. Mapa histórico de deforestación del Ecuador Continental. Fuente: MAE (2011)

La región amazónica del Ecuador, cubriendo aproximadamente un tercio del área continental del país, almacena cerca del 58 % del carbono de la biomasa total del país. (MAE, 2011a). El territorio de grupos indígenas cubre cerca del 31% de área continental del país, el 26% del total se localiza en la región amazónica y el resto en la región andina. Estas áreas almacenan más de la mitad del carbono en la biomasa del país, y casi el 80 % del carbono en la biomasa en la Región Amazónica (MAE, 2011a).

Estos bosques forman parte de la estructura y composición de los bosques y como tal cumplen funciones que generan servicios ecosistémicos como la regulación del ciclo de agua y el clima, producen oxígeno y absorben dióxido de carbono, controlan inundaciones, evitan la erosión, proveen de alimentos y promueven la conservación de la biodiversidad, entre otros (Apolo, 2010; MAE, 2013;). En la selva húmeda tropical ecuatoriana se han encontrado más de 200 especies de árboles por hectárea, casi 10 veces más que los más ricos bosques templados de Norteamérica (MAE, 2013).

Según Aguirre *et al.* (2013) menciona que los bosques tropicales del Ecuador poseen una gran diversidad de recursos florísticos, destacándose especies frutales, maderables, medicinales, ornamentales y palmeras, que han sido utilizados ancestralmente como medicina, forraje y alimento por los pobladores nativos y colonos que habitan cerca de los bosques.

A pesar de la importancia ecológica de estos ecosistemas presentan amenazas constantes (Calle *et al.*, 2011). En la región amazónica ecuatoriana especialmente en la región sur, no está garantizada la preservación de los recursos naturales, pues estos se han disminuido al modificarse los ecosistemas desde la década de los 70, acentuándose en los 90 y agravándose en los años 2000 (Luzuriaga y Apolo, 2010).

La Amazonia es una de las zonas de menor atención de los investigadores y esto resulta en la inexistencia de estudios sobre la temática que abarquen todo el territorio nacional (MAE, 2011b). La biodiversidad de los bosques tropicales de montaña no está suficientemente documentada, en los últimos 20 años una serie de investigaciones científicas han corroborado los supuestos de que se trata de ecosistemas altamente diversos y

extremadamente frágiles que son fragmentados por el cambio de uso de suelo y por un sistema de manejo forestal inadecuado (Muñoz, 2013).

Los bosques tropicales Amazónicos del sur del Ecuador son extremadamente vulnerables a la acción humana (Aguirre y León, 2012). Del total de la madera aprovechada en amazonia sur del país aproximadamente el 71 % proviene principalmente del bosque nativo, 19% de los árboles de sistemas agroforestales y, el 10% de plantaciones y árboles plantados (MAE, 2011c).

Sumado a esto, el manejo inapropiado de los pastos, la agricultura no sostenible de tumba y quema, la extracción ilegal y destructiva de madera, la deforestación y la minería producen impactos drásticos en la naturaleza y en las condiciones de vida de las poblaciones locales, privando de los bienes y servicios ecosistémicos gratuitos que brindan cuando se mantienen los bosques (Aguirre y León, 2012).

Lamentablemente, durante el proceso de colonización, se deforestó gran parte de los bosques amazónico de la región sur de país para implantar un modelo convencional y depredador, como es la explotación maderera con la consecuente deforestación de gran parte del territorio para la implantación de la ganadería (GIZ, 2012; Valarezo y Ochoa, 2013). Estos efectos, aunque justificados para la sobrevivencia de los pobladores, son cuestionables desde el punto de vista ecológico y ambiental por las secuelas que deja la implantación de una nueva cultura agropecuaria, que deteriora zonas con alta biodiversidad que poco a poco va desapareciendo del paisaje natural (Álvarez, 2012).

## **2.2 Dinámica de los bosques tropicales del sur del Ecuador y su comportamiento en diferentes condiciones ambientales**

Las especies de bosques tropicales se clasificaron históricamente en dos grandes grupos funcionales sobre la base de sus requerimientos de germinación y establecimiento. Según este paradigma, algunas especies necesitan niveles altos de radiación solar para su desarrollo y regeneran en claros, mientras que otras especies más tolerantes a la sombra germinan, crecen y se establecen en sitios con niveles de radiación muy bajos en el sotobosque (Campanello *et al.*, 2011).

Aguirre *et al.* (2013) distingue tres grupos de especies de acuerdo al crecimiento frente a la luz: (1) las especies heliófitas que requieren de plena insolación durante toda su vida; (2) especies esciófitas que se regeneran y prefieren las sombra del bosque, y (3) las especies parcialmente tolerantes a la sombra o hemieliófitas, también conocidas como oportunistas o nómadas, estas son capaces de regenerarse tanto a la luz como al sombra, pero a edad temprana requieren plena luz.

En los trópicos, los árboles sucesionales tempranos (pioneros) tienen longevidad foliar corta y alta producción de hojas en comparación con los árboles sucesionales tardíos. Esta demografía foliar refleja la adaptación de las especies pioneras para crecer rápidamente evitando condiciones de estrés hídrico. Estas especies pueden germinar en el sotobosque pero sus plántulas son incapaces de mantener su área foliar debido a la falta de luz que limita el recambio de sus hojas; bajo las mismas condiciones, plántulas de árboles sucesionales tardíos se mantienen vivas reteniendo sus hojas y produciendo escasas hojas nuevas (Martínez y Howe, 2010).

Además el crecimiento de los árboles se ve afectado por múltiples factores entre los que se encuentran características de sus hojas como la longevidad, calidad de las plántulas, tasa de fotosíntesis, masa foliar por unidad de área y concentración de nitrógeno. Estas características cambian de forma simultánea y predecible en respuesta a la calidad de la luz, la concentración de nutrientes, temperatura y la disponibilidad de agua (Martínez y Howe, 2010; Aguirre, 2013).

La semilla constituye un elemento clave en el esclarecimiento de la distribución y los patrones de abundancia de las especies, y los ecólogos de semillas buscan entender cómo las características de semillas afectan la dispersión, colonización y establecimiento de plántulas, y en última instancia, la sucesión y la regeneración natural de las especies. La información sobre la fisiología y la ecología de las semillas de la selva tropical es limitada y se centra en las especies pioneras. Más escasos aún son los estudios integrales del comportamiento de la germinación de las especies no pioneras, es decir, los requisitos de germinación, una especie de letargo, imbibición de la semilla, la respuesta al almacenamiento, y la dinámica de germinación (Escobar y Torres, 2013).

De acuerdo con la tolerancia a la sombra de las semillas y plantas, las especies pueden ser clasificados como no-pionero o pionera, las semillas de especies pioneras sólo pueden germinar en los claros del bosque o áreas abiertas, donde la luz del sol llega a la tierra, al menos en una parte del día. Mientras que en las especies no pioneras, las semillas pueden germinar a la sombra del bosque, y las plántulas pueden establecer y sobrevivir a la sombra del bosque. Aunque las especies no pioneras pueden crecer en los claros del bosque y bajo el dosel denso, que son más eficientes en el último sitio (Escobar y Torres, 2013).

Estudios recientes han demostrado que el contenido de carbono y la gravedad específica de las especies tropicales varían con el tamaño del árbol, edad y dentro de árbol (Williamson y Wiemann, 2010), entre las regiones, entre las especies, entre las etapas de sucesión y entre otros factores como la calidad de la temperatura, sitio, especies y árboles por hectárea (Elias y Potvin, 2003; Vaccaro *et al.*, 2003; Chave *et al.*, 2006; Nogueira *et al.*, 2008; Martin y Thomas, 2011). Ecosistemas de bosques tropicales sufren sucesión secundaria en respuesta a las perturbaciones naturales (huracanes y árbol cae debido a la senescencia) o perturbaciones antropogénicas como la tala y la conversión de bosques en pastizales y tierras agrícolas en todo el mundo. El rápido crecimiento de la especie o especies colonizadoras en las etapas iniciales de la sucesión conduce a altas tasas de producción de biomasa aérea y el almacenamiento de carbono y nutrientes perdidos durante la deforestación y los usos del suelo posteriores (Navarro *et al.*, 2013)

### **2.2.1 Estudios relacionados con la implementación de tratamientos silviculturales y su efecto en el crecimiento de especies forestales en los trópicos amazónicos**

Se considera que los tratamientos silviculturales pueden reducir el ciclo de corta y elevar la calidad y productividad de las especies comerciales del bosque (Hutchinson, 1987; Díaz 1996). Además, un tratamiento silvicultural permite que los árboles mantengan tasas altas de crecimiento (Kohyama y Hara, 1989). Por ejemplo, en un bosque secundario de Costa Rica, la liberación aumentó hasta el doble la tasa de crecimiento de los árboles seleccionados en comparación con los árboles no liberados (Hutchinson, 1993). Además, la eliminación del estrato superior puede incrementar notoriamente el crecimiento en altura de brinzales y latizales (Wadsworth, 2000).

También el aprovechamiento es una intervención que puede favorecer el crecimiento de los árboles. Esto ha sido reportado para los bosques de la Amazonia (Silva *et al.*, 1995) y del sudeste asiático (Miller, 1981), con un efecto que (en ciertos casos) sólo duraría tres años (Silva *et al.*, 1995). Pero, el crecimiento es mayor cuando se efectúa un tratamiento silvicultural después del aprovechamiento (Wadsworth, 1997). En el bosque residual de La Tirimbina (Costa Rica), los incrementos en DAP fueron más altos en el tratamiento de aprovechamiento/liberación/refinamiento que en el tratamiento de aprovechamiento (Finegan y Camacho, 1999).

Sin embargo, cuando se hace un análisis a nivel de especie ya no resulta claro el efecto de la liberación. Por ejemplo, en un bosque residual de Nicaragua (Castillo, 1997; Sabogal *et al.*, 2001) se encontró que la mayoría de especies mantienen sus tasas de crecimiento, en tanto que en otras aumenta o disminuye (resultado no concluyente, dada la baja abundancia de muchas especies evaluadas. Algunos estudios señalan que el efecto de un tratamiento empieza a decrecer a los tres años de la aplicación, debido al cierre de las copas y al aumento del área basal del rodal (Diaz, 1996; Castillo, 1997); en especial cuando el tratamiento es leve (Castillo, 1997). Como puede notarse, todavía hay ciertas incógnitas, de modo que aún no se ha validado en todas partes el supuesto que los tratamientos silviculturales aumentan el crecimiento (Wadsworth, 2000).

En definitiva la composición, estructura y dinámica de los bosques tropicales puede atribuirse en parte a procesos que generan mortalidad y crean condiciones que orientan en forma particular las rutas sucesionales; por lo que la historia de un área forestal, incluyendo las tasas de mortalidad y reclutamiento de árboles y su influencia sobre el funcionamiento del bosque, debe ser estudiado para entender la dinámica de la vegetación y la tasa de recambio de la biomasa, así como para evaluar el impacto de las actividades antrópicas sobre los sistemas naturales (Ramirez *et al.*, 2002).

### **2.3 La Restauración Ecológica como Instrumento de Recuperación de la Diversidad Biológica de los Bosques Tropicales del Sur del Ecuador**

Cada vez surge con más intensidad un reconocimiento a que los países tropicales necesitarán apoyo económico e incentivos para Reducir las Emisiones de Deforestación y

Degradación, contribuyendo a la conservación, manejo sostenible de los bosques e incremento de los stocks de carbono forestal en países en desarrollo (ARA y MAE, 2010).

Durante los últimos siglos, la actividad humana ha modificado espectacularmente muchos bosques tropicales creando paisajes dominados por la agricultura o por el desarrollo urbano (Bradshaw *et al.*, 2010). Esta transformación ha generado dificultades dado que no solo se ha perdido biodiversidad, sino también porque ha afectado al suministro de muchos productos forestales y servicios ecosistémicos valiosos (FAO, 2012).

Por tales razones las estrategias de restauración en los trópicos son indispensables. La restauración, a más de los procesos intencionales de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, representa una manera de mejorar el bienestar humano en paisajes degradados a través de la recuperación de la productividad de la tierra y del capital natural (SERI, 2004; Celentano *et al.*, 2011).

Los proyectos de restauración de bosques tropicales deben no solo contribuir a la recuperación de los ecosistemas degradados, dañados o destruidos (SER, 2004) en los paisajes que han sido modificados por el hombre en los países en desarrollo, sino también aportar una recompensa económica a los propietarios de las tierras (FAO, 2012).

La práctica de la restauración ecológica en el Ecuador constituye una actividad todavía incipiente, sin embargo se evidencia procesos de recuperación de ecosistemas degradados desde varios años atrás. Las experiencias de restauración en nuestro país generalmente se han centrado en el análisis de la problemática de la regeneración secundaria y la reversión del proceso de degradación; dando menor énfasis a al análisis de los factores que limitan la restauración (Aguirre, 2011)

Los estudios de restauración ecológica en el Ecuador se han enfocado específicamente a la evaluación de la regeneración natural, y el manejo de pasturas. En cuanto a restauración de suelo, los trabajos realizados se han enfocado a conocer como la presencia de especies exóticas pueden condicionar de manera positiva o negativa la calidad del suelo (nitrógeno y materia orgánica), y las implicaciones que esto tiene sobre la restauración del bosque tropical. Mientras tanto el único trabajo encontrado en el área de fauna ha sido el efectuado

para conocer el rol de la reintroducción de especies en peligro en la restauración de ecosistemas (Aguirre, 2011).

### **2.3.1 Técnicas usadas para la restauración de los ecosistemas en la región sur del Ecuador**

Aguirre (2011) menciona que debido a las condiciones ambientales de los sitios abandonados, la sucesión natural es muy lenta y puede tomar varios años hasta lograr establecer una cubierta forestal). Bajo estas condiciones la reforestación es considerada como una de las alternativas más promisorias para reconvertir estos ambientes degradados en áreas productivas. Sin embargo en el Ecuador y en la región sur las plantaciones forestales han sido establecidas casi exclusivamente con especies exóticas *Pinus* y *Eucalyptus*. Además en las plantaciones forestales existentes, no se han implementado acciones de manejo, por lo que se desconoce su potencialidad de aportar a la rehabilitación e incremento de la biodiversidad. Las técnicas usadas para la restauración de los ecosistemas en la región sur del Ecuador, se presentan a continuación.

- **Mejoramiento de la propagación de especies forestales nativas**

La reforestación con especies nativas podría constituirse en una herramienta promisorias para la rehabilitación y restauración de los ecosistemas degradados (Aguirre et al., 2007), sin embargo hace falta un mayor conocimiento de la ecología, silvicultura y sobre todo de la biología reproductiva de las especies nativas; por ello el éxito de programas de restauración dependerá en gran medida de la disponibilidad de material apropiado (plántulas) para la plantación. Antes de ser trasplantadas al campo definitivo, una plántula tiene que pasar a través de las etapas expuestas en el proceso de producción de plantas. La estrategia asumida para la optimización de la propagación de plantas es el mejoramiento de la sobrevivencia y el desarrollo de las plantas en cada uno de las etapas. Pequeños pero constantes logros en cada nivel de las etapas de producción pueden representar considerables ventajas por la combinación de varias técnicas mejoradas de propagación (Aguirre, 2011).

- **La micorrización**

La micorrización vivero es otra de las técnicas que puede incrementar la calidad de las plántulas y asegurar el éxito de su establecimiento en el campo definitivo. Por ejemplo experimentos con micorrización de plántulas de aliso (*Alnus acuminata*) con inóculos

provenientes de suelo de bosque y suelo de rodales de aliso incrementa notablemente la biomasa de sus plántulas, condición que se traduce en la obtención de plántulas de calidad superior capaces de superar sin inconvenientes el shock de plantación (Aguirre, 2011).

#### **2.4 Suelos del Bosque Tropical y su Relación en la Dinámica de estos Ecosistemas**

El suelo es un recurso natural que a lo largo de la historia ha proporcionado el sustento para la población humana; sin embargo, la creciente población mundial y su demanda de alimentos aumentan cada día más la presión sobre este recurso. En las zonas tropicales del mundo se buscan alternativas para conservar los suelos, pues se ha confirmado que no es el clima cálido lo que impide una producción adecuada de la tierra, sino el manejo inadecuado de estos (Sánchez y Ruz, 2011).

Según Budler (2010), en el bosque lluvioso, la mayoría del carbono y los nutrientes esenciales se encuentran atrapados en la vegetación viva, madera muerta y las hojas que caen de los árboles. La materia orgánica que cae, es reciclada tan rápido que muy pocos nutrientes se incorporan al suelo, lo que lo vuelve prácticamente estéril.

La materia orgánica en descomposición (madera muerta y hojarasca) es procesada eficientemente, debido a que los descomponedores como bacterias, hongos y termitas son muy abundantes. Los organismos toman estos nutrientes, que son liberados como desperdicios, cuando los seres vivos mueren. Toda la materia orgánica es procesada rápidamente, aún la materia fecal y la transpiración. En muchos bosques lluviosos es cuestión de minutos, antes de que las heces sean descubiertas y utilizadas por diferentes insectos. (Arboleda y Gomez, 2011).

Cuando la vegetación muere, los nutrientes son descompuestos rápidamente y reincorporados casi inmediatamente al sistema, mediante la asimilación de las plantas vivas. Las raíces toman los nutrientes con la ayuda de una relación única entre las raíces y un hongo: la micorriza. La micorriza se fija en las raíces de las plantas y se especializa en incrementar la eficiencia de la toma de nutrientes que hay en el suelo. Las plantas le dan a cambio al hongo azúcares y lo protegen en sus raíces. Algunos estudios han comprobado que las micorrizas ayudan a los árboles a resistir sequía y enfermedades (Budler, 2010).

#### **2.4.1 Situación actual de los suelos del Bosque Tropical Amazónico del Ecuador**

La economía de la RAE (Región Amazónica Ecuatoriana) tiene directa relación con el uso de la tierra; del total de la superficie cultivada el 82 % son pastos, el 16 % son cultivos anuales y perennes; y el 2 % restante corresponde a tierras de descanso (Gonzales, 2010). El paso de una “cultura de bosque” a una “cultura de paso”, de explotación maderera, minera, mal manejo agropecuario y agrícola, han determinado que la biodiversidad cultural étnica y forestal, se degrade en aproximadamente un 50% en todo el territorio amazónico (Gonzales, 2010).

Según Valarezo et al. (2010) la intervención humana sobre este bosque natural, al igual que en el resto de la RAE, ha consistido en la extracción selectiva de las especies arbóreas de valor comercial, luego la tumba, roza y quema del bosque remanente, seguida en general de un cultivo de naranjilla, para finalmente establecer pastizales. Así, la conversión del bosque natural a pastizal, interrumpe abruptamente el reciclaje natural de los elementos nutritivos, los cuales se lixivian por efecto de la abundante lluvia, se acelera la mineralización de la reserva de materia orgánica, y se instala un proceso de erosión hídrica, por lo que en un tiempo relativamente corto se degrada la fertilidad del suelo y las tierras se convierten en marginales, constituyéndose en “desiertos de fertilidad”,

Los suelos amazónicos se caracterizan por una fuerte acidez, presencia de aluminio tóxico y, la baja disponibilidad de macro y micronutrientes, principalmente nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, zinc, entre otros. Se estima que actualmente la afectación alcanza alrededor del 50 % de las áreas del pie de monte y las colinas y montañas bajas (aproximadamente 50 000 ha), la misma que lamentablemente sigue creciendo a expensas de la destrucción del bosque primario (Valarezo et al., 2010)

Si bien, desde la perspectiva de la utilización productiva y de recuperación de las áreas degradadas, estas tierras (de pendiente entre 12 a 60 %) tienen vocación para la repoblación forestal con especies de valor comercial, aprovechando las condiciones de elevada temperatura y humedad de la zona, que la convierten en un invernadero natural, con gran potencialidad de producción de biomasa, único en el mundo por la posición del país en el centro del planeta; en cambio, la baja fertilidad general de los suelos, la intensa lixiviación

de los nutrientes y la fuerte acidez, se constituyen en sus principales limitaciones. (Valarezo et al., 2010).

Según el plan de ordenamiento para la provincia de Zamora Chinchipe (2012) describe los usos de suelo más notables en los ecosistemas tropicales del sur del Ecuador: La actividad de crianza de ganado es muy representativa, el tipo de ganado que con mayor frecuencia se encuentra es el vacuno, porcino, mular, caballar y avícola. El tipo de pasto en los potreros es diferente de acuerdo a cada sitio, es decir, los pastos principalmente empleados son el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y la yaragua (*Melinis minutiflora*) y en los sitios húmedos y cálidos es el gramalote (*Axonopus scoparius*).

La minería es uno de los principales fuentes de contaminación, los productos tóxicos derivados de la minería contaminan el recurso agua, aire, suelo y la biodiversidad en general. En definitiva los mineros a pesar de las normativas ambientales dadas por el Ministerio del Ambiente y de Energía y Minas no realizan inversiones ni esfuerzos por minimizar los impactos ambientales (POT-ZCH 2012).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Descripción de la Zona de Estudio

La zona de estudio se localiza en pastizales degradados de la Reserva del Jamboé conformada por las reservas naturales de Numbami (1000 ha), Higuerones (142 ha) y Río Nea (280 ha), ubicadas en el valle de río Jamboé del Cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe en la Amazonía sur del Ecuador.

La zona de investigación se sitúa a 13km de la ciudad de Zamora en la ruta al poblado de Romerillos (Figura 2). Estas reservas son propiedad de Naturaleza y Cultura Internacional (NCI), y han sido destinadas a la conservación de importantes remanentes de bosque nativo en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus (PNP).

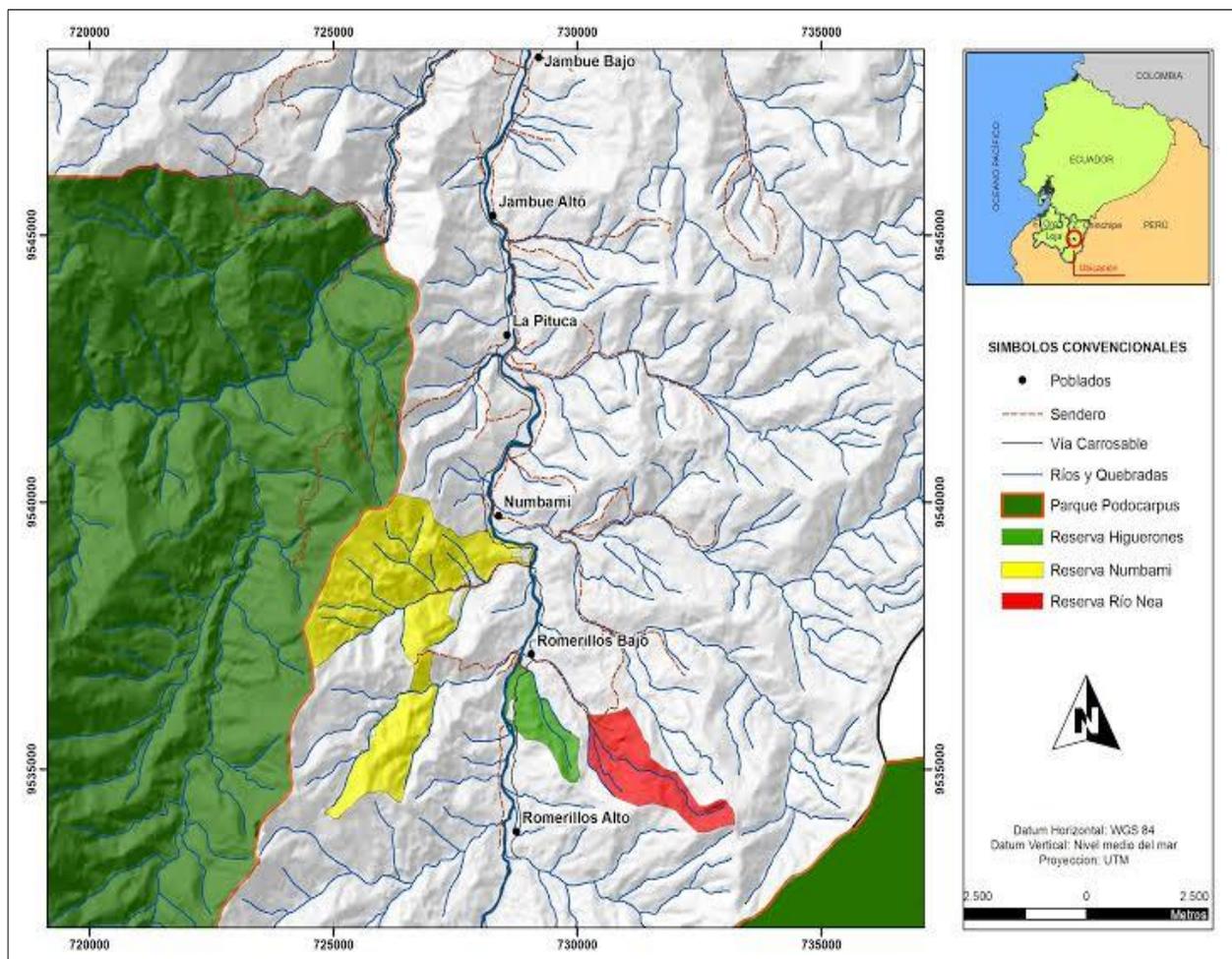


Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio dentro de la provincia de Zamora Chinchipe.

La zona de investigación posee una elevación promedio de 1 300 m s.n.m. Posee un clima perhúmedo casi todo el año, con 2 200 mm de lluvia anual y una corta temporada seca entre octubre y noviembre (NCI, 2011). Posee suelos moderadamente profundos, procedentes de terrazas aluviales antiguas, mal drenadas, con horizontes superficiales de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco arcilloso; tras varios años después de la transformación del bosque a pastizal se ha observado en sitios similares que los suelos de los pastizales son más densos, con mayor materia orgánica y menos ácidos que los suelos forestales; los índices de potasio, fósforo, y otros micronutrientes como el boro y el aluminio también varían significativamente entre los suelos de bosque y pastizal (Jiménez *et al.*, 2008; NCI, 2011).

Aproximadamente 50 ha de las reservas del Jamboé (Numbami, Higueroles y Río Nea) fueron transformados a pastizales por los propietarios anteriores para la crianza de ganado vacuno. Estos pastizales han sido sobreutilizados y en muchos casos su productividad ha disminuido notablemente. Como patrón general, esto ha obligado a los finqueros del valle del río Jamboé a abandonar los pastizales improductivos y deforestar nuevas áreas para pastos. Estos pastizales son muy heterogéneos por su historia de uso y estado sucesional: desde pasturas dominadas por *Setaria sphacelata*, llashipales dominados por *Pteridium arachnoideum*, y pastos con regeneración natural de leñosas en distintas densidades (NCI, 2011).

### **3.2 Metodología para Evaluar y Comparar el Crecimiento de Especies Forestales Bajo Diferentes Técnicas Silviculturales**

Para la evaluación y comparación de parámetros ecológicos, así como también de del crecimiento en altura y diametro de las especies de regeneración natural y especies plantadas, se aplicó una metodología distribuida en tres fases, las cuales se describen a continuación.

#### **3.2.1 Fase 1: zonificación de las zonas de estudio**

Para la identificación y selección de los sitios a muestrear, se realizó una zonificación en cada una de las tres reservas, con base al tipo de vegetación existente. La zonificación se realizó en dos etapas: a) análisis de cartografía base y fotografías aéreas; y, b) verificación en campo. Con ello, se identificó cinco formaciones vegetales en total, las cuales se

describen a continuación en el Cuadro 1. A partir de aquí, estas formaciones se denominaran como tratamientos silviculturales, para facilidad del diseño muestral.

Cuadro 1. Tratamientos silviculturales establecidos en diferentes áreas muestrales de la zona de investigación.

| Tratamientos |                            | Descripción   |
|--------------|----------------------------|---|
| <b>T1</b>    | <b>Pastos</b>              | Terrenos alterados para el cultivo de pasto <i>Merkeron sp</i> y <i>Setaria sphacelata</i> utilizados para el pastoreo excesivo de ganado, estos terrenos fueron abandonados hace 2 años para dar paso a la vegetación secundaria caracterizada principalmente por especies leñosas de regeneración natural no mayores a 4 m de altura y en pocas densidades tales como <i>Vismia sp.</i> , <i>Miconia astroplocama</i> , <i>Miconia dodecandra</i> y llashipales dominados por <i>Pteridium arachnoideum</i> . En el Tratamiento silvicultura Pastos (T1) no existen trabajos de restauración por lo tanto solo existen especies que se han regenerado naturalmente. |
| <b>T2</b>    | <b>Pastos + Plantación</b> | Comprende de pastizales abandonados que en décadas anteriores fueron utilizados para el pastoreo extensivo de ganado, comprende de especies de regeneración natural como <i>Vismia sp.</i> , <i>Pictocoma discolor</i> y algunas especies de las comúnmente conocidas como miconias. 2 años atrás en estos pastizales degradados se implementó trabajos de restauración (plantaciones) con especies leñosas nativas del lugar para recuperar la cobertura arbórea y los nutrientes esenciales del suelo que se vieron afectados y degradados por el pisoteo del ganado.   |
| <b>T3</b>    | <b>Luzara</b>              | Áreas donde los procesos antrópicos fueron abandonados hace varias décadas atrás dando paso a la regeneración natural de especies leñosas y algunas hierbas. Estas áreas están colonizadas por especies pioneras propias de una sucesión de pastos a Luzara, especialmente de <i>Miconia astroplocama</i> , <i>Miconia dodecandra</i> , <i>Graffenrieda cucullata</i> y <i>Vismia sp</i> en densidades considerablemente altas. En este tratamiento no se implementó ningún trabajo de restauración.  |
| <b>T4</b>    | <b>Luzara + Plantación</b> | Comprende de áreas donde existen especies pioneras típicas de una sucesión de pastos a luzara. En este tratamiento se implementó trabajos de restauración (plantaciones) con especies leñosas nativas del lugar para recuperar la cobertura arbórea y los nutrientes esenciales del suelo que se vieron afectados y degradados por el pisoteo del ganado y la quema de para la siembra de nuevos cultivos.  |
| <b>T5</b>    | <b>Bosque</b>              | El T5 se encuentra en un ecosistema caracterizado por especies leñosas propias de un estrato arbóreo como <i>Inga sp.</i> , <i>Nectandra sp.</i> , <i>Ocotea sp.</i> , así como también especies en proceso de establecimiento. En este tratamiento no se implementó ninguna restauración ecológica por lo tanto solo existen especies que se han desarrollado naturalmente.  |

En la figura 3 se presenta la ubicación exacta de los tratamientos silviculturales luego de la zonificación correspondiente a las formaciones vegetales que se encontraron en las zonas de investigación.

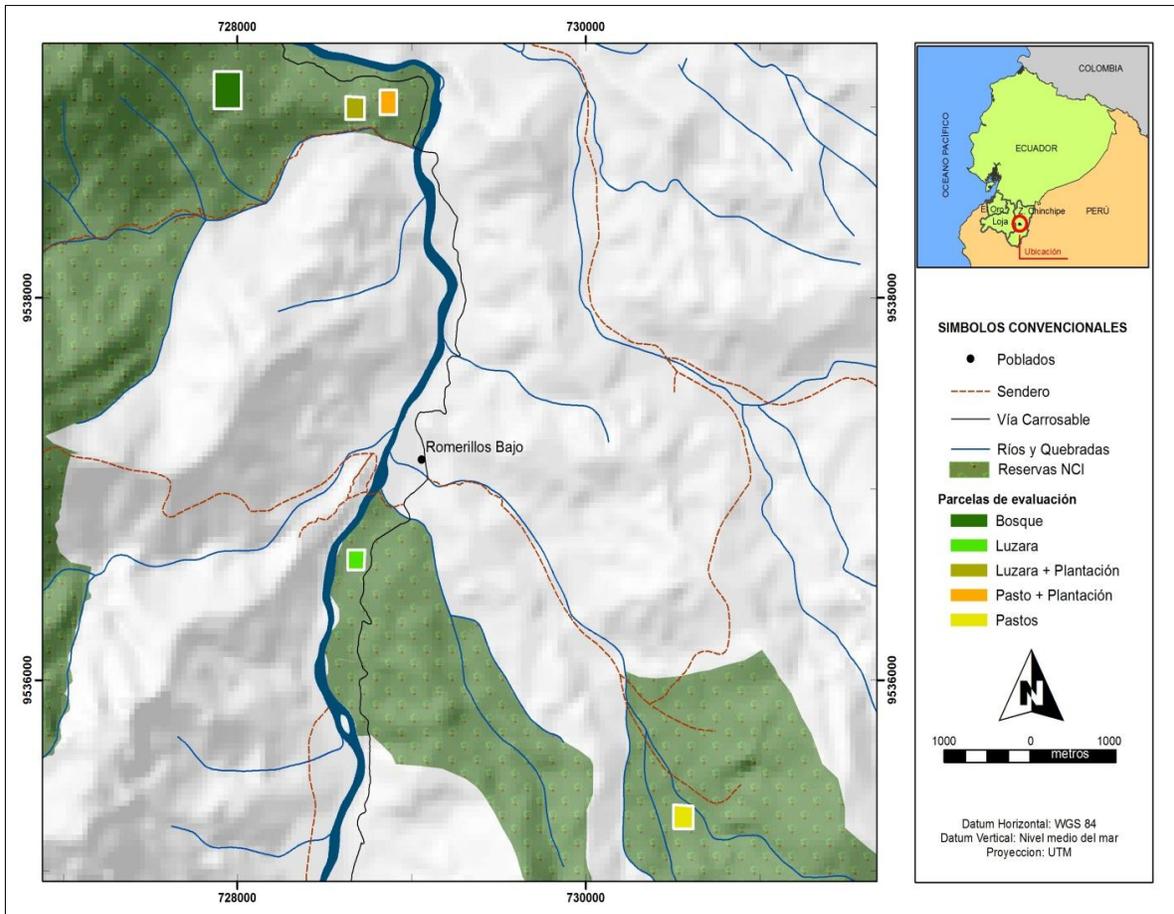


Figura 3. Ubicación geográfica de los tratamientos silviculturales

### 3.2.2 Fase 2: instalación de unidades muestrales

Se implementó un tipo de muestreo aleatorio estratificado, el cual consiste en dividir la población en grupos en función de un carácter determinado para luego ser muestreada cada grupo aleatoriamente.

Determinada la ubicación exacta de las áreas muestrales (tratamientos silviculturales) se procedió a la instalación de las parcelas (anidadas) permanentes de 20 x 20 (400m<sup>2</sup>), 3 en cada tratamiento silvicultural (Figura 4). Las parcelas permanentes de 400 m<sup>2</sup> contienen en su interior sub-parcelas de menor tamaño de 5 x 5 m (25m<sup>2</sup>) en dos de sus extremos (Figura 5).

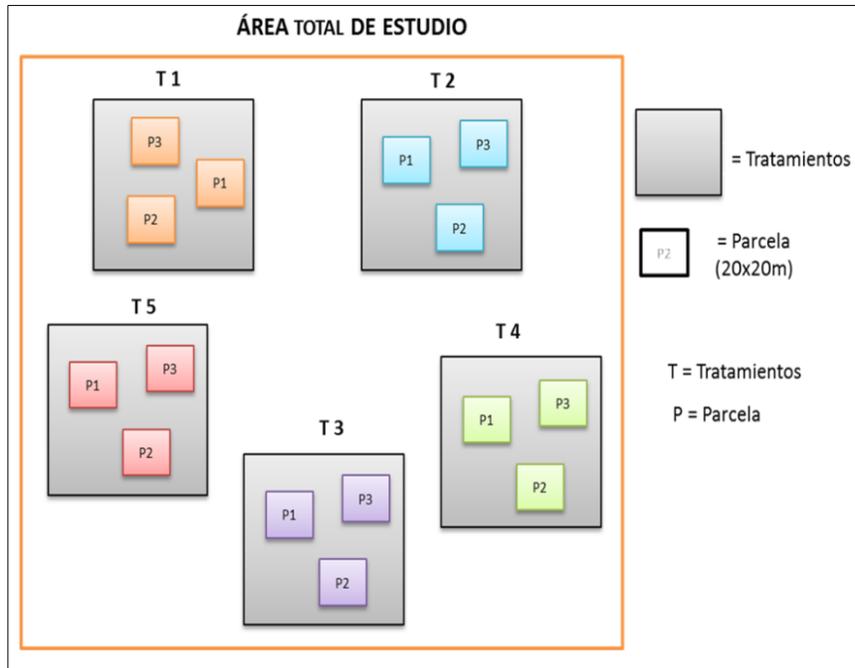


Figura 4. Distribución de las parcelas permanentes en cada uno de los tratamientos silviculturales

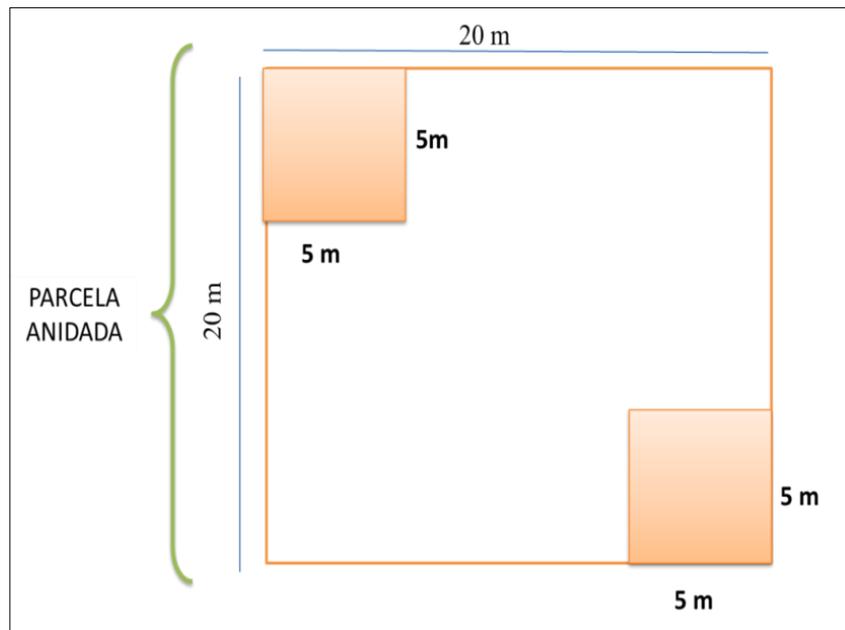


Figura 5. Parcelas anidadas para evaluar el crecimiento de las especies forestales de los tratamientos silviculturales

Para la instalación de las parcelas, se utilizó los siguientes materiales: brújula, balizas y cinta fluorescente biodegradable y no biodegradable de colores llamativos, con el fin de facilitar su ubicación en campo.

#### a) Recolección de Datos

Para determinar los cambios en el crecimiento de las especies forestales, tanto en regeneración natural como en las especies plantadas, se realizó dos mediciones: a) la primera, realizada al inicio de la presente investigación; y, b) la segunda, luego de seis meses. Para la recolección de los datos se diseñó y utilizó una hoja de campo que permitió hacer el seguimiento continuo y ordenado de las especies evaluadas de cada tratamiento silvicultural (Cuadro 2).

Cuadro 2. Hoja de campo para medir la altura y el área basal de las especies leñosas de cada tratamiento silvicultural.

| Área de estudio: |         |        | Altitud:      |          |            | Fecha:   |               |
|------------------|---------|--------|---------------|----------|------------|----------|---------------|
|                  |         |        | Coordenadas:  |          |            |          |               |
| Tratamiento      | Parcela | Código | N. científico | N. común | Altura (m) | DAB (cm) | Observaciones |
|                  |         |        |               |          |            |          |               |
|                  |         |        |               |          |            |          |               |
|                  |         |        |               |          |            |          |               |
|                  |         |        |               |          |            |          |               |

Los datos recopilados de las dos mediciones de campo se procesaron en hojas electrónicas para determinar con mayor facilidad los cambios en la vegetación.

### 3.2.3 Fase 3: análisis de datos para determinar los cambios en la vegetación y el crecimiento de las especies leñosas.

Una vez copilados los datos en el campo, se procedió a sistematizarlos en hojas electrónicas para facilitar el análisis, y determinar los cambios en la composición florística y el crecimiento de las especies forestales. Para ello se determinó los siguientes parámetros:

#### a) Parámetros ecológicos

Los parámetros que se utilizó para determinar el estado actual de la diversidad florística en las zonas de estudio, se presentan a continuación en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Parámetros ecológicos utilizados para evaluar las especies de cada tratamiento silvicultural.

| Parámetro                             | Modelo  | Interpretación   |
|---------------------------------------|---|--|
| Densidad absoluta (D)                 | $D \#ind/m^2 = \frac{\text{No. total de individuos de una especie}}{\text{Total área muestreada}}$                  | 0 – 300 ind/ha= vegetación rala<br>301-600 ind/ha= vegetación semidensa<br>Más de 600 ind/ha= vegetación rala densa                          |
| Densidad (DR%)                        | $DR\% = \frac{\text{Número de individuos por especies}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$              | 0-33 %=Escasa (E)<br>34 – 75 %= Común (C)<br>76 – 100 %= Abundante (A)   |
| Dominancia Relativa (Dm.R)            | $DmR(\%) = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas la especies}} \times 100$               | Se expresa en porcentaje.  |
| Frecuencia (FR)                       | $FR = \frac{\text{Número de parcelas en la que se repite la especies}}{\text{Número total de parcelas}} \times 100$ | 0-33%=Poco frecuente<br>34-75%=Frecuente<br>76-100% muy frecuente  |
| Índice de Valor Importancia (IVI)     | $IVI = (DR + DmR + FR) / 3$   | La especie que tiene mayor IVI, es la más dominante ecológicamente   |
| Diversidad Relativa de Familia/Género | $Dr = \frac{\text{Número de especies dentro de una familia/genero}}{\text{Número total de especies}} \times 100$    | 0–33=Familia o género con baja diversidad<br>34 – 66=Familia o género con mediana diversidad<br>> a 66=Familia o género con alta diversidad. |
| Diversidad Alfa                       | Índice de Shannon-Wiener(H') $H = - \sum (Pi)(lnPi) E = \frac{H}{lnS}$  | Div.baja=0,3,5<br>Div.media=0,36-0,7<br>Div.alta=0,71-1  |
| Diversidad Beta                       | Índice de Sorensen (IS) $IS = \frac{2C}{A+B} \times 100$  | Disimiles=0-35<br>Medianamente similares:36-70<br>Muy similares:71-100   |

Fuentes: Brower *et al.* (1997); Mostacedoo y Fredericksen (2000); Aguirre y Yaguana (2012).

### b) Incremento periódico promedio en altura (IPH) e incremento periódico promedio en diámetro (IPD) de cada tratamiento silvicultural.

En los tratamientos T1, T3 y T5 se midió en las subparcelas de 5 x 5m exclusivamente los individuos  $\geq$  a 50 cm de altura (regeneración natural) con su respectivo DAB, mientras que en los tratamientos T2 y T4, además de medir en las subparcelas de 5 x 5m las especies de regeneración natural  $\geq$  a 50 cm de altura, también se midió en las parcelas de 20 x 20m todas las especies plantadas por los trabajos de restauración ecológica, sin tomar en cuenta un límite de altura. A demás, todas las especies evaluadas (tratamientos con especies de regeneración natural y tratamientos con especies plantadas) se las agrupo en tres gremios de acuerdo a la tolerancia a la luz (heliófitas, escaliófitas y hemieliófitas), para determinar los

valores más representativos de IPH e IPD de cada gremio de especies registrados en cada tratamiento silvicultural.

Para determinar la altura de las especies evaluadas, con una cinta métrica se midió la altura desde la base de la planta hasta la su yema apical, y con la ayuda de un calibrador se midió el diámetro basal (DAB) de la planta.

### **c) Índices para evaluar la dinámica de las especies leñosas de cada tratamiento silvicultural**

Para evaluar la dinámica del de las especies leñosas registradas en cada tratamiento silvicultural se planteó los siguientes parámetros:

- **Tasa de mortalidad**

La mortalidad entendida como el número de individuos de regeneración de una especie o categoría que murieron durante un tiempo determinado. La fórmula para su cálculo se puede expresar de forma homóloga al cálculo de una tasa negativa de interés compuesto (Del Valle 1 999), mediante la siguiente expresión:

$$Tm(\%) = \left[ 1 - \left( \frac{Ns}{No} \right)^{\frac{1}{t}} \right] * 100$$

En donde:

Tm: Tasa de mortalidad expresada en porcentaje

No: Número de individuos inicialmente inventariados

Ns: Número de individuos inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo t de tiempo,  $Ns = No - Mu$ .

Mu: Número de individuos muertos en un intervalo t de tiempo.

t: Intervalo de tiempo en meses, transcurrido entre los dos inventarios.

- **Tasa de reclutamiento**

Definido como la capacidad que tiene el un ecosistema para incrementar el número de individuos y es una manifestación de la fecundidad de las especies. La fórmula para su cálculo proviene de una tasa positiva de interés compuesto, la fórmula es la siguiente:

$$Tr(\%) = \left[ \left( \frac{No}{Nt} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

En donde:

Tr: Tasa anual de reclutamiento expresada en porcentaje

Nt: Número de individuos inicialmente inventariados más los individuos reclutados durante el periodo t de tiempo,  $Nt = No + l$

No: número de individuos inicialmente inventariados

l: Número de individuos reclutados durante el intervalo t de tiempo.

t : Intervalo de tiempo en meses, transcurrido entre los dos inventarios.

### **3.3 Metodología para Identificar la Influencia de la Restauración Ecológica sobre las Propiedades Químicas Del Suelo.**

#### **3.3.1 Instalación de Parcelas**

Establecidas las parcelas de 20 x 20m (400m<sup>2</sup>) en las que se evaluó las variables del primer objetivo, se establecieron subparcelas de 1 x 1m (1m<sup>2</sup>) con un diseño en Zig-zag para la recolección de la muestras de suelo (Figura 6).

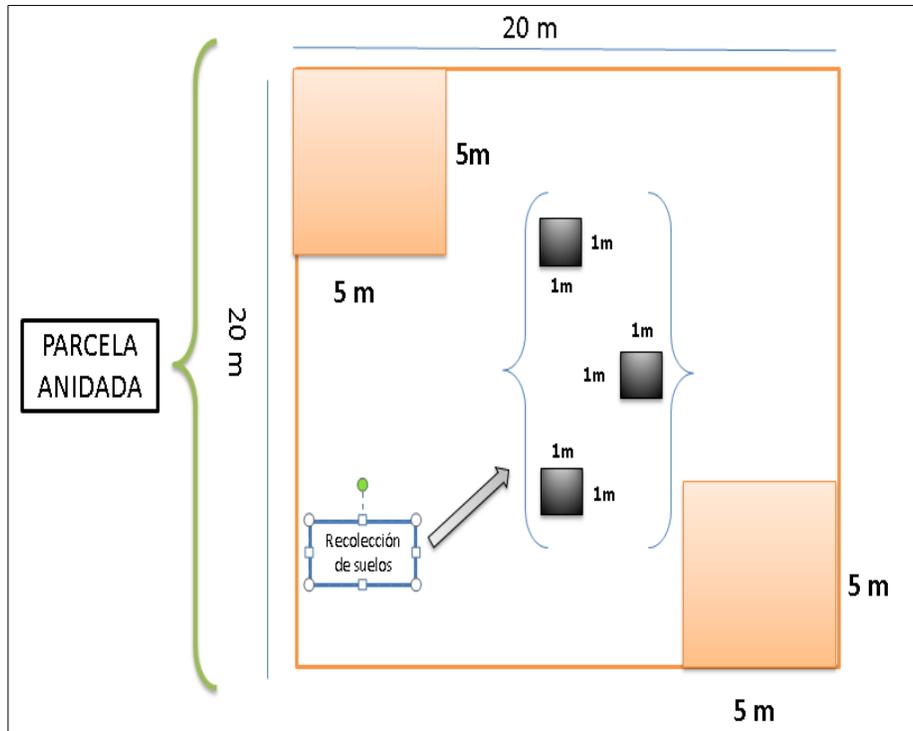


Figura 6. Diseño del muestreo para la recolección de las muestras de suelo

### 3.3.2 Extracción de las muestras de suelo

Para la recolección de las muestras de suelo se tomó como referencia la metodología propuesta por la Evaluación Nacional Forestal (2012):

- Remover la hojarasca hasta que se pueda observar el suelo limpio (únicamente con fibras menores a 2 mm) en los puntos de muestreo.
- Utilizando una barra o pala escavar y realizar pequeñas calicatas en los vértices de la subparcela hasta una profundidad de 30 cm. Las calicatas deben tener el ancho y largo que permita recoger una muestra significativa.
- Se deberá coleccionar 100 gr de muestra de suelo por cada parcela de 1 x 1.
- Depositar la muestra de suelo en una funda plástica, utilizando un cuchillo fino para retirar todo el suelo del cilindro. La funda plástica debe cerrarse herméticamente, etiquetarse y escribir el código correspondiente al tratamiento y parcela donde se tomó la muestra.
- No se tomará muestras de suelo (no aplica) cuando se encuentre material rocoso (material parental) o pedregosidad mayor al 50% a profundidades menores a los 20 o 30 cm.

Cada muestra de suelo recolectada en las subparcelas de 1 m<sup>2</sup> contuvo 150 gr, en total serán 450 gr de muestras de suelo por todas las subparcelas de 1m<sup>2</sup> establecidas en cada parcela permanente de 20x20m. Se repitió el mismo procedimiento de recolección de muestras de suelo para las tres parcelas permanentes localizadas en cada tratamiento silvicultural.

### 3.3.3 Análisis químico de las muestras de suelo

Ya recolectadas las muestras de suelo, enfundadas y etiquetadas correctamente, se las envió al laboratorio de la Universidad Nacional de Loja, para posteriormente realizar los análisis químicos correspondientes. Estos análisis químicos fueron realizados conforme al Manual de laboratorio de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP, manual establecido para todos los laboratorios acreditados para la elaboración de análisis de suelos en el Ecuador, el mismo que se encuentra disponible en el Laboratorio de suelos del área Agropecuaria y de Recursos Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

#### a) Determinación de la materia orgánica (MO)

Para determinar la cantidad de MO de las muestras extraídas de la zona de investigación se utilizó el método de Walkley y Black. Para ello se empleó los materiales, equipos y reactivos que se presentan a continuación en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Equipos, materiales y reactivos utilizados para determinar la MO del suelo, con base en el método de Walkley y Black.

| <b>Equipos y materiales</b>   | <b>Reactivos</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica, 1/10</li> <li>- Elenmeyers de 500 ml</li> <li>- Buretras de precisión de 25 ml</li> <li>- Pipetas de diferentes volúmenes</li> <li>- Probetas</li> <li>- Vasos</li> <li>- Cronometro</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ácido sulfúrico concentrado</li> <li>- Ácido ortofosforico concentrado</li> <li>- Soluciones de dicromato de potasio 1 N</li> <li>- Defenilamina</li> <li>- Soluciones de sal de Morh 0,5 N</li> </ul> |

El procedimiento que se siguió para determinar la MO con base al método de Walkley y Black se describe a continuación:

- Para la aplicación de este método, las muestras de suelo deben estar triturada y libre de raicillas y restos de materia orgánica grandes, para el efecto las muestras fueron tamizadas sobre papel encerado (tamiz de 0,25 mm).

- Se pesó 0,1 g de suelo cuando existía demasiada MO y, 0,5 g cuando el suelo tenía poca cantidad de MO.
- Se agregó 5 ml de dicromato de potasio 1 normal por muestra y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado al 97 % por muestra.
- Se agitó suavemente durante un minuto a fin de homogeneizar y evitando que la muestra se adhiera a las paredes del matraz.
- Se dejó en reposo durante 30 minutos. Luego se agregó en el siguiente orden: 100 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico al 85 % y 10 a 15 gotas de difenilamina.
- Se tituló el exceso de dicromato por medio de la solución de sal de Morh de concentración 0,5 normal. El viraje de color se hizo de azul a verde, luego se anotó el volumen consumido.

#### **b) Determinación del pH del suelo**

Para ello se empleó el equipo denominado como pH metro modelo ORION EA940. Los reactivos utilizados fueron: pH metro pH 4, pH 7 y pH 9. El procedimiento que se siguió se describe a continuación:

- Se tomó 20 ml de suelo y agregó 50 ml de agua destilada, luego se agito por 5 minutos a 400 rpm, se dejó en reposo por 30 minutos para luego leer en el potenciómetro previamente esterilizado.
- El pH se midió mientras se agita la mezcla y para su interpretación se utilizó la siguiente escala: a) 5,5 (ácido); b) 5,6 a 6,4 (ligeramente ácido); c) 6,5 a 7,5 (prácticamente neutro); d) 7,6 a 8,0 (ligeramente alcalino); y, e) 8,1 (alcalino). Estos niveles son válidos cuando el pH se ha determinado en una suspensión con una relación suelo-agua de 1:2,5.

#### **c) Determinación de nitrógeno (N)**

Para determinar el nivel de N en el suelo, se empleó los materiales, equipos y reactivos que se presentan a continuación en el Cuadro 5:

Cuadro 5. Equipos, materiales y reactivos para el nivel de N en el suelo

| <b>Equipos y materiales</b> | <b>Reactivos</b>                              |
|-----------------------------|---|
| - Fotocolorímetro           | - Fenol básico                                |
| - Balanza analítica         | - Hidróxido de Sodio                          |
| - Agitado automático axial  | - Solución de Hipoclorito de sodio (Cloretol) |
| - Diluidor dispensador      | - Agua destilada                              |
| - Bandeja con cubetas       |   |

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carros para transporte de bandejas</li> <li>- Frascos de polietileno</li> <li>- Lavador automático</li> <li>- Medidores de suelo de capacidad 2,5 -5 -10 ml.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cloruro de amonio</li> </ul> |
|--|---|

El procedimiento que se siguió para determinar el nivel de N se describe a continuación:

- Se tomó 2,5 ml de suelo, agregar 25 ml de solución extractante (OLSEN modificado), y se agitó por 10 minutos para luego filtrar.
- Se Tomó 5 ml del filtrado, y se agregó 8 ml de fenol básico y 10 ml de NaClO. Se dejó por 3 horas sin exponerlo a la luz directa para mantenerlo por más tiempo el color estable.
- Seguidamente se hizo la curva de calibrato tomando como punto alto la solución patrón de 25 ug/ml y como cero la solución extractante, luego se hizo las mismas soluciones que el ítems 2.
- Posteriormente se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 630nm.
- Para Construir la curva de calibración se utilizó las siguientes concentraciones: 0 - 62,5 – 125 – 187,5 – 250 ppm.
- Finalmente se interpolo los datos de absorbancia de las muestras en la curva de calibración antes construida y se reportó directamente en mg por 1000 ml de suelo (ppm)

#### d) Determinación del Fosforo

Para determinar el nivel de P en el suelo, se empleó los materiales, equipos y reactivos que se presentan a continuación en el Cuadro 6:

Cuadro 6. Equipos, materiales y reactivos para el nivel de P en el suelo

| <b>Equipos y materiales</b>  | <b>Reactivos</b>   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotocolorímetro</li> <li>- Bandejas de extracción y dilución</li> <li>- Diluidores</li> <li>- Pipetas volumétricas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tartrato de Potasio y Aluminio</li> <li>- Ácido sulfúrico concentrado</li> <li>- Molibdato de Amonio</li> <li>- Goma de Acacia Q.P.2/</li> <li>- Ácido Ascórbico</li> <li>- Fosfato Monobásico</li> <li>- Solución “A” reactivo concentrado</li> <li>- Solución “B” reactivo de color para fosforo</li> <li>- Solución patrón de P</li> </ul> |

El procedimiento que se siguió para determinar el nivel de P se describe a continuación:

- Se Colocó 2,5 ml de suelo y 25 ml de solución extractante, luego se agitó por 10 minutos a una velocidad de 400 rpm y se filtró.
- Se tomó 2 ml de alícuota del filtrato, y se añadió 8 ml de agua destilada y 10 ml del reactivo de color B de molibdato de amonio. Se dejó reposar por 1 hora.
- Luego se hizo la curva de calibrato tomando como punto alto la solución de 12 ug/ml de P y como cero la solución extractante, para luego realizar las mismas diluciones del numera 2.
- Posteriormente se leo la absorbancia en el fotocolorímetro a una longitud de onda de 680 nm.
- Luego se construyó la curva de calibración utilizado las siguientes concentraciones 0 – 30 – 60 – 90 y 120 ppm.
- Finalmente se interpretó los datos de absorbancia de las muestras en la curva de calibración antes construidas y reportar directamente en mg de P por 1000 ml de suelo.

**e) Determinación del Potasio, Calcio y Magnesio.**

Para determinar el nivel de K, Ca y Mg en el suelo, se empleó los materiales, equipos y reactivos que se presentan a continuación en el Cuadro 7:

Cuadro 7. Equipos, materiales y reactivos para el nivel de K, Ca y Mg en el suelo

| <b>Equipos y materiales</b>  | <b>Reactivos</b>  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Espectrofotómetro de absorción atómica</li> <li>- Bandejas de extracción y dilución</li> <li>- Diluidores</li> <li>- Cucharetas calibrada</li> <li>- Pipetas Volumétrica</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxido de lantano al 1 %</li> <li>- Solución patrón: 5000 ug/ml de k 12500 ug/ml de Ca, 5000 ug/ml de Mg.</li> <li>- Solución OLSEN modificado</li> </ul> |

El procedimiento que se siguió para determinar el nivel de K, Ca y Mg se describe a continuación:

- Se tomó 2,5 ml de suelo y se le adiciono 25 ml de la solución extractante, para luego ser agitada por 10 minutos.
- Seguidamente se tomó un 1 ml del filtrado y se le agregó 9 ml de agua destilada y 15 ml de óxido de lantano al 1%.

- A continuación se hizo la curva de calibrado tomando como punto alto las soluciones patrones de 50 – 250 - 50 ug/ml de K, Ca y Mg respectivamente, y como cero la solución extractora. Se realizó las mismas soluciones del segundo ítems.

### **3.4 Análisis Estadístico de la Información**

Para el análisis estadístico de la información se utilizó el programa estadístico Infostat, que mediante un análisis de varianza (ANOVA), prueba de Tuckey ( $p < 0,05$ ) se comparó las variables evaluadas de incremento periódico promedio en altura y diámetro de las especies de cada tratamiento silvicultural, así como también los resultados obtenidos de los análisis químicos de suelos. El objetivo básico de estas comparaciones fue establecer si existen diferencias significativas entre las variables de cada tratamiento silvicultural.

La información obtenida del ANOVA se la presento en gráficos y cuadros, lo que facilito el entendimiento y la claridad de los resultados obtenidos. En el ANOVA las letras diferentes nos indican diferencias significativas y letras iguales indican similitud entre los tratamientos evaluados.

### **3.5 Difusión de Resultados**

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron difundidos a los actores involucrados de la reserva del Jamboé. Además, se escribió un artículo científico de la investigación el mismo que fue entregado a la Carrera de Ingeniería forestal.

## **4. RESULTADOS**

Como se mencionó anteriormente, la zona de estudio está conformada por diferentes formaciones vegetales denominados tratamientos silviculturales, tales como: Pastos (T1), Pastos + Plantación (T2), Luzara (T3), Luzara + Plantación (T4) y Bosque (T5). En dichos tratamientos se evaluó: parámetros ecológicos, porcentaje de mortalidad y reclutamiento, e incremento periódico promedio en altura y diámetro de todas las especies de regeneración natural y especies plantadas (restauración ecológica). Además se determinó el estado del suelo (propiedades químicas de suelo) de cada uno de los tratamientos silviculturales.

### **4.1 Evaluación y comparación del crecimiento de especies forestales bajo diferentes técnicas silviculturales en el sector el Numbami, Zamora Chinchipe.**

Se recuerda que para la evaluación del crecimiento de las especies forestales, previamente se las dividió en dos grupos: a) especies de regeneración natural; y, b) especies plantadas. El primer grupo se evaluó en los cinco tratamientos, mientras que el segundo solo se evaluó en los tratamientos T2 y T4. A continuación se detalla los principales resultados obtenidos para esta sección.

#### **4.1.1 Composición florísticas de las especies leñosas evaluadas en los diferentes tratamientos silviculturales**

De forma general, en la reserva de Jamboé, conformada por los tres sitios de investigación (Reserva de Numbami, Higuerones y Río Nea) se registraron un total de 973 individuos distribuidos en 66 especies y 32 Familias. El tratamiento Pastos + Plantación (T2) aportó con 44 especies representadas en 264 individuos, seguido del tratamiento Luzara + plantación (T4) con 37 especies en 256 individuos, mientras que el tratamiento Bosque (T5) aportó con 33 especies representadas en 194 individuos, el tratamiento Luzara (T3) aportó con 18 especies en 148 individuos, y el tratamiento Pastos (T1) aportó con 8 especies representadas en 111 individuos (Figura 7).

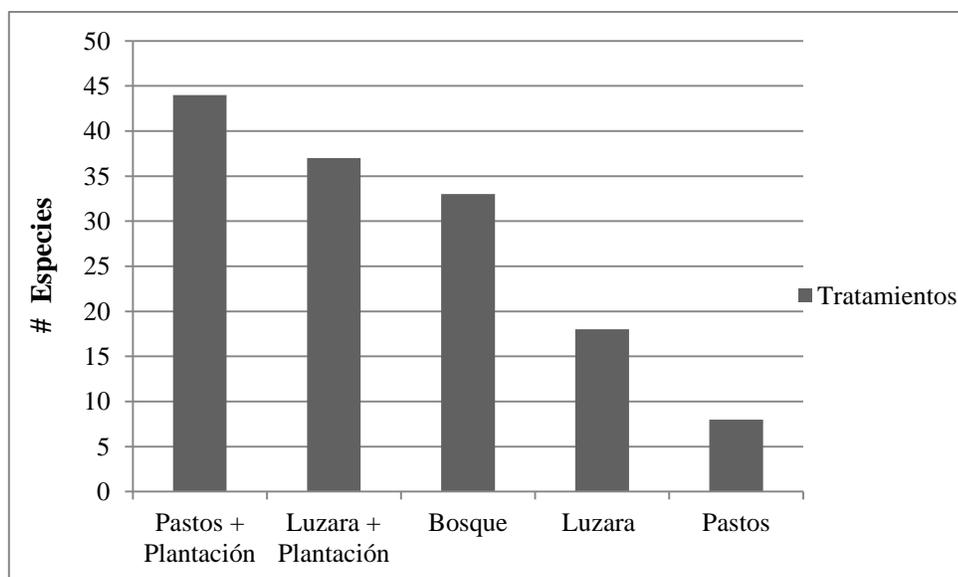


Figura 7. Número total de especies leñosas registradas en los diferentes tratamientos silviculturales distribuidos en los tres sitios de investigación.

En los tratamientos con especies de regeneración natural, se determinó que el T5 con 33 especies y 19 familias posee la mayor diversidad de familias y especies en comparación a los demás tratamientos; le sigue el T3 con 18 especies representadas en 13 familias, y el T4 con 13 especies en 10 familias; los tratamientos que obtuvieron una diversidad baja fueron el T1 con 8 especies en 7 familias y el T2 con 8 especies representadas en 9 familias (Figura 8a). En los que concierne a las parcelas donde se evaluó las especies plantadas por la restauración ecológica (20 x 20), se constató que el T2 posee mayor diversidad, registrándose 38 especies representadas en 22 familias en comparación con el T4 que obtuvo 27 especies en 17 familias (Figura 8 b).

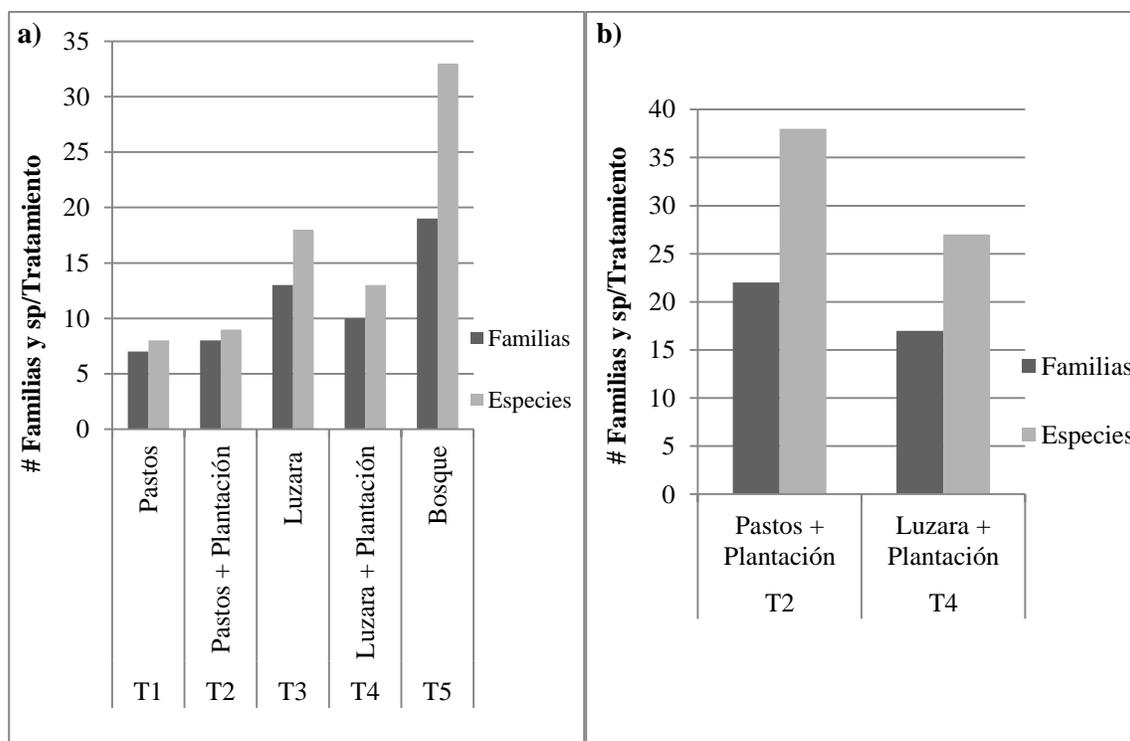


Figura 8. a) Número de familias y especies evaluadas en los tratamientos con especies de regeneración natural y, b) Número de familias y especies evaluadas en los tratamientos T2 y T4 con especies plantadas.

#### 4.1.2 Parámetros ecológicos.

Con la finalidad de determinar el estado de conservación de las especies correspondientes de cada tratamientos silvicultural, se calculó parámetros ecológicos como: diversidad de familias y especies, densidad, densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, índice de valor de importancia y, diversidad alfa y beta para cada grupo de especies (especies de regeneración natural y especies plantadas).

##### 4.1.2.1 Diversidad de familias y especies de los tratamientos silviculturales con especies regeneradas.

Se determinó que las familias con mayor número regeneradas corresponde a: Clusiaceae con 6 especies, Rubiaceae con 4 especies, seguido de las familias Melastomataceae, Moraceae, Euphorbiaceae y Laurace con 3 especies en cada una de ellas (Figura 9 a). La diversidad de familia de las especies de regeneración natural se detalla en el Anexo 1.

La especie regeneradas con mayor número de individuos corresponde a: *Miconia astroplocama* con 143 individuos, *Graffenrieda cucullata* con 69 individuos, seguida de *Vismia sp.* con 64 ind. , *Inga sp.* con 58 ind. y *Miconia dodecandra* con 54 ind.; las especies *Hyeronima sp.*, *Schefflera sp.*, *Eugenia sp* y *Ficus sp.* son las algunas de las especies que menor números de individuos registraron encontrándose 1 individuo en cada una de ellas (Figura 10a). La diversidad de especies de regeneración natural se detalla en el Anexo 2.

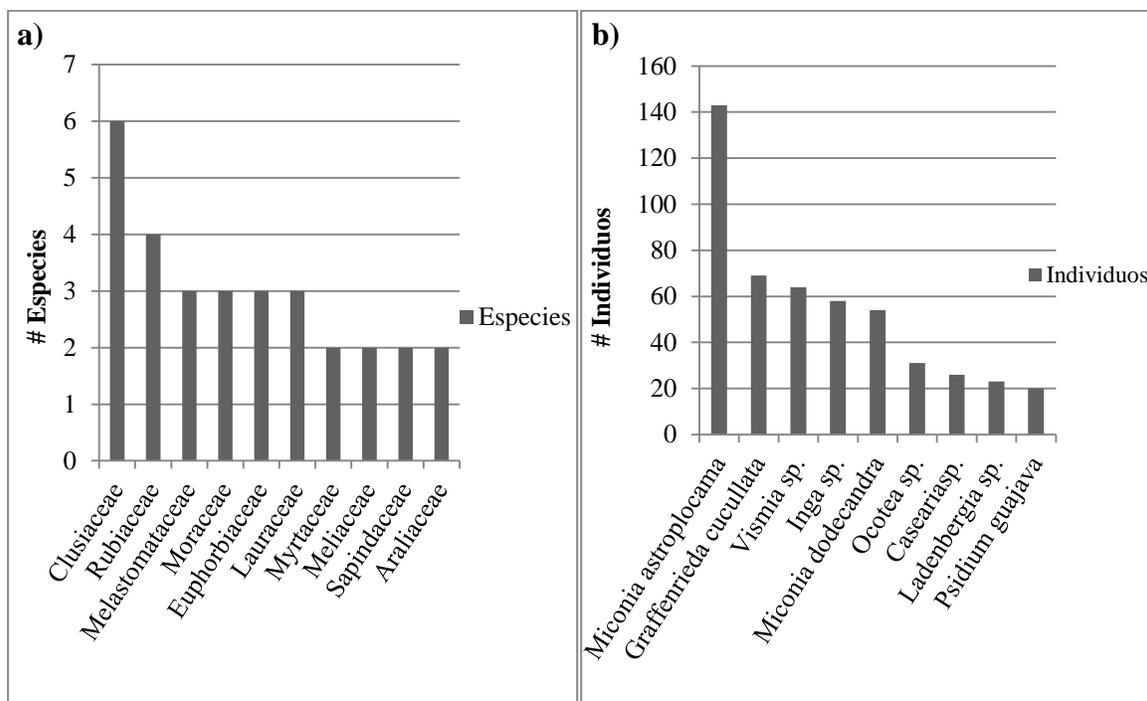


Figura 9. a) Diversidad de 10 familias con mayor número de especies de regeneración natural; b) Diversidad de 10 especies de regeneración natural con mayor número de individuos.

#### 4.1.2.2 Diversidad de familias y especies de los tratamientos silviculturales T2 y T4 con especies plantadas.

Tomando en cuenta todas las especies plantadas en los tratamientos con restauración ecológica (T2 y T4) se determinó que las familias con mayor diversidad son: Mimosaceae y Euphorbiaceae representadas con 5 especies, seguido de Moraceae, Lauraceae y Fabaceae cada una de ellas representadas con 3 especies. (Figura 9b). La diversidad familias con especies plantadas se detalladamente en el Anexo 3.

De igual manera, en los tratamientos que poseen especies plantadas, se determinó que *Cordia alliodora* con 35 individuos e *Inga sp.* con 28 son las especies con mayor número de individuos, seguida de *Parkia sp.* con 27 ind, *Huerteia glandulosa* con 26 y *Tabebuia sp.* con 25 ind; entre las especies que menor individuos han sido plantados en las parcelas evaluadas se encuentra *Wettiniasp.* *Platymiscium sp.*, *Ficus sp.* y *Calophyllum sp* con 1 individuo para cada una de ellas (Figura 10b). La diversidad de especies plantadas se detalla en el Anexo 4.

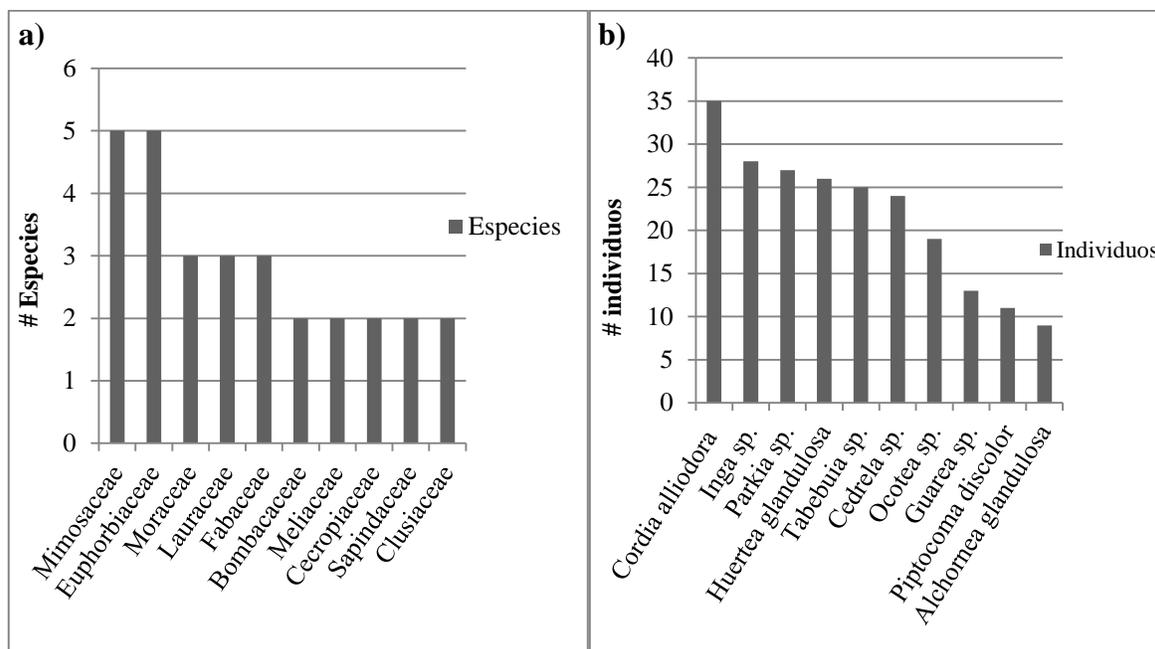


Figura 10. a) Diversidad de 10 familias con mayor número de especies plantadas; y b) Diversidad de 10 especies plantadas con mayor número de individuos registrados en las

#### 4.1.2.3 Abundancia (ind/ha), densidad relativa (DR), frecuencia relativa (FR), dominancia relativa (Dm.R) e índice de valor de importancia (IVI) de las especies de regeneración natural de los tratamientos silviculturales.

- **Pastos (T1)**

Analizando el T1 se determinó que las especies *Miconia astroplocama* con 53,51 % y *Vismia sp* con 52,10% son las especies que obtuvieron el mayor porcentaje de IVI, así como también los mayores porcentajes de ind/ha; la especie *Graffenrieda cucullata* a pesar de no poseer el IVI más representativo, posee la mayor cantidad de ind/ha a nivel de todas las

especies de encontradas en este tratamiento (Cuadro 8). Los cálculos de los parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del T1 se lo detallan en el anexo 5

Cuadro 8. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Pastos (T1).

| # | Familias        | Especies                      | # Ind. | D ind/ha | DR (%) | FR (%) | Dm.R  | IVI   |
|---|-----------------|-------------------------------|--------|----------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | Melastomataceae | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 42     | 2800     | 37,84  | 66,67  | 19,20 | 41,23 |
| 2 | Melastomataceae | <i>Miconia astroplocama</i>   | 28     | 1867     | 25,23  | 100,00 | 35,32 | 53,51 |
| 3 | Clusiaceae      | <i>Vismia sp.</i>             | 24     | 1600     | 21,62  | 100,00 | 34,68 | 52,10 |
| 4 | Asteraceae      | <i>Piptocoma discolor</i>     | 9      | 600      | 8,11   | 66,67  | 11,64 | 28,81 |
| 5 | Myrtaceae       | <i>Psidium guajava</i>        | 5      | 333      | 4,50   | 100,00 | 2,83  | 35,78 |
| 6 | Tiliaceae       | <i>Heliocarpus americanus</i> | 1      | 67       | 0,90   | 33,33  | 1,33  | 11,85 |
| 7 | Rubiaceae       | <i>Ladenbergia sp.</i>        | 1      | 67       | 0,90   | 33,33  | 0,20  | 11,48 |
| 8 | Lauraceae       | <i>Ocotea sp.</i>             | 1      | 67       | 0,90   | 33,33  | 5,94  | 13,39 |

D= Densidad; DR= Densidad relativa; FR=Frecuencia relativa; Dm.R=Dominancia relativa; IVI=Índice de valor de importancia

#### • Pastos + Plantación (T2)

El tratamiento T2 reveló que la especies *Miconia astroplocama* y *Vismia sp* pioneras en ecosistemas en proceso de sucesión son las especies con mayor porcentaje índice de valor de importancia (IVI) y mayor ind/ha en comparación al resto de las especies evaluadas en este tratamiento. Las especies *Alchornea glandulosa* y *Piptocoma discolor* mostraron valores considerablemente bajos, denotándose su poca abundancia en las diferentes parcelas evaluadas de este tratamiento (Cuadro 9). Los cálculos de los parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del T2 se lo detallan en el anexo 6.

Cuadro 9. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Pastos + Plantación (T2).

| # | Familias        | Especies                    | # Ind. | Ind/ha | DR (%) | FR (%) | Dm.R  | IVI   |
|---|-----------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | Melastomataceae | <i>Miconia astroplocama</i> | 40     | 2667   | 47,06  | 100,00 | 84,93 | 77,33 |
| 2 | Clusiaceae      | <i>Vismia sp.</i>           | 16     | 1067   | 18,82  | 66,67  | 2,56  | 29,35 |
| 3 | Myrtaceae       | <i>Psidium guajava</i>      | 11     | 733    | 12,94  | 66,67  | 6,75  | 28,79 |
| 4 | Melastomataceae | <i>Miconia dodecandra</i>   | 5      | 333    | 5,88   | 66,67  | 4,41  | 25,65 |
| 5 | Monimiaceae     | <i>Siparuna sp.</i>         | 5      | 333    | 5,88   | 33,33  | 0,12  | 13,11 |
| 6 | Flacourtiaceae  | <i>Caseariasp.</i>          | 3      | 200    | 3,53   | 66,67  | 0,66  | 23,62 |
| 7 | Rubiaceae       | <i>Psychotria sp.</i>       | 3      | 200    | 3,53   | 33,33  | 0,25  | 12,37 |
| 8 | Euphorbiaceae   | <i>Alchornea glandulosa</i> | 1      | 67     | 1,18   | 33,33  | 0,00  | 11,50 |
| 9 | Asteraceae      | <i>Piptocoma discolor</i>   | 1      | 67     | 1,18   | 33,33  | 0,33  | 11,61 |

D= Densidad; DR= Densidad relativa; FR=Frecuencia relativa; Dm.R=Dominancia relativa; IVI=Índice de valor de importancia

- **Luzara (T3)**

En lo correspondiente al T3 la especie que obtuvo el mayor porcentaje de IVI corresponde a *Piptocoma discolor* con 59,51% a pesar de que es una de las especies con el menor número de ind/ha, sin embargo las especies que lograron el mayor abundancia como *Miconia dodecandra* y *Graffenrieda cucullata* obtuvieron valores más bajos de IVI en comparación *Piptocoma discolor*. El T3 aportó con 18 especies diferentes siendo uno de los tratamientos con especies de regeneración natural con mayor diversidad. Los cálculos de los parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del T3 se lo detallan en el anexo 7.

Cuadro 10. Parámetros ecológicos de 10 especies más representativas de la regeneración natural del tratamiento silvicultural Luzara (T3).

| #  | Familias        | Especies                      | # Ind. | Ind/ha | DR (%) | FR (%) | Dm.R | IVI   |
|----|-----------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|-------|
| 1  | Melastomataceae | <i>Miconia astroplocama</i>   | 35     | 2333   | 23,65  | 66,67  | 2,97 | 31,09 |
| 2  | Melastomataceae | <i>Miconia dodecandra</i>     | 34     | 2267   | 22,97  | 100,00 | 7,35 | 43,44 |
| 3  | Rubiaceae       | <i>Ladenbergia sp.</i>        | 21     | 1400   | 14,19  | 66,67  | 0,66 | 27,17 |
| 4  | Euphorbiaceae   | <i>Alchornea glandulosa</i>   | 10     | 667    | 6,76   | 33,33  | 4,29 | 14,79 |
| 5  | Clusiaceae      | <i>Vismia sp.</i>             | 9      | 600    | 6,08   | 66,67  | 2,53 | 25,09 |
| 6  | Melastomataceae | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 6      | 400    | 4,05   | 100,00 | 1,74 | 35,26 |
| 7  | Flacourtiaceae  | <i>Casearia sp.</i>           | 5      | 333    | 3,38   | 33,33  | 0,27 | 12,33 |
| 8  | Mimosaceae      | <i>Inga sp.</i>               | 5      | 333    | 3,38   | 66,67  | 0,18 | 23,41 |
| 9  | Monimiaceae     | <i>Siparuna sp.</i>           | 5      | 333    | 3,38   | 33,33  | 0,33 | 12,35 |
| 10 | Lauraceae       | <i>Ocotea sp.</i>             | 4      | 267    | 2,70   | 66,67  | 0,26 | 23,21 |

D= Densidad; DR= Densidad relativa; FR=Frecuencia relativa; Dm=Dominancia relativa; IVI=Índice de valor de importancia

- **Luzara + Plantación (T4)**

El cuadro 11 se indica los parámetros ecológicos evaluados en las parcelas de regeneración del tratamiento T4, revelando que las especies pioneras *Miconia astroplocama* con 42,34% y *Casearia sp* con 41,95% obtuvieron el IVI más representativo en comparación a todas las especies evaluadas de este tratamiento. En el T4 *Piptocoma discolor* es una de las especies que presentó menor abundancia y uno de los valores más bajos de Índice de valor de importancia. Los cálculos de los parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del T4 se lo detallan en el anexo 8.

Cuadro 11. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Luzara + Plantación (T4).

| #  | Familias        | Especies               | # Ind. | D.ind/ha | DR (%) | FR (%) | DmR   | IVI   |
|----|-----------------|------------------------|--------|----------|--------|--------|-------|-------|
| 1  | Melastomataceae | Miconia astroplocama   | 39     | 2600     | 35,78  | 66,67  | 24,59 | 42,34 |
| 2  | Flacourtiaceae  | Caseariasp.            | 16     | 1067     | 14,68  | 33,33  | 2,39  | 16,80 |
| 3  | Clusiaceae      | Vismia sp.             | 15     | 1000     | 13,76  | 100,00 | 12,09 | 41,95 |
| 4  | Melastomataceae | Miconia dodecandra     | 10     | 667      | 9,17   | 33,33  | 31,66 | 24,72 |
| 5  | Melastomataceae | Graffenrieda cucullata | 9      | 600      | 8,26   | 33,33  | 8,62  | 16,74 |
| 6  | Clusiaceae      | Clusia sp.             | 6      | 400      | 5,50   | 66,67  | 0,62  | 24,26 |
| 7  | Rubiaceae       | Palicourea sp.         | 3      | 200      | 2,75   | 66,67  | 0,31  | 23,24 |
| 8  | Myrtaceae       | Psidium guajava        | 3      | 200      | 2,75   | 66,67  | 10,62 | 26,68 |
| 9  | Monimiaceae     | Siparuna sp.           | 3      | 200      | 2,75   | 33,33  | 0,55  | 12,21 |
| 10 | Euphorbiaceae   | Alchornea glandulosa   | 2      | 133      | 1,83   | 33,33  | 0,16  | 11,78 |
| 11 | Tiliaceae       | Heliocarpus americanus | 1      | 67       | 0,92   | 33,33  | 0,35  | 11,53 |
| 12 | Lauraceae       | Persea sp.             | 1      | 67       | 0,92   | 33,33  | 0,03  | 11,43 |
| 13 | Asteraceae      | Piptocoma discolor     | 1      | 67       | 0,92   | 33,33  | 7,42  | 13,89 |

D= Densidad; DR= Densidad relativa; FR=Frecuencia relativa; DmR=Dominancia relativa; IVI=Índice de valor de importancia

#### • Bosque (T5)

El T5 es el tratamiento con el mayor número de especies (33 sp.) en comparación a los demás tratamientos evaluados, además posee el mayor número de ind/ha siendo considerado como el tratamiento con mayor diversidad y abundancia a nivel de tratamiento con especies de regeneración natural. En el Tratamiento Bosque (T5) las especies de importancia ecológica las *Inga sp.* y *Ocotea sp.* ocuparon el IVI más alto con 48,69% y 38,82% respectivamente (Cuadro 12). Los cálculos de los parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del T5 se lo detallan en el anexo 9.

Cuadro 12. Parámetros ecológicos de las 10 especies más representativas de la regeneración natural del tratamiento silvicultural Bosque (T5).

| #  | Familia       | Especies               | # Ind. | D ind/ha | DR (%) | FR (%) | Dm.R  | IVI   |
|----|---------------|------------------------|--------|----------|--------|--------|-------|-------|
| 1  | Mimosaceae    | <i>Inga sp.</i>        | 53     | 3533     | 27,32  | 100,00 | 18,74 | 48,69 |
| 2  | Lauraceae     | <i>Ocotea sp.</i>      | 26     | 1733     | 13,40  | 100,00 | 3,06  | 38,82 |
| 3  | Moraceae      | <i>Pseudolmediasp.</i> | 13     | 867      | 6,70   | 100,00 | 7,12  | 37,94 |
| 4  | Lauraceae     | <i>Nectandra sp.</i>   | 8      | 533      | 4,12   | 100,00 | 7,94  | 37,35 |
| 5  | Clusiaceae    | <i>Garcinia sp.</i>    | 8      | 533      | 4,12   | 100,00 | 0,53  | 34,89 |
| 6  | Rubiaceae     | <i>Psychotria sp.</i>  | 6      | 400      | 3,09   | 100,00 | 0,16  | 34,42 |
| 7  | Cecropiaceae  | <i>Pouroma sp.</i>     | 11     | 733      | 5,67   | 66,67  | 15,37 | 29,24 |
| 8  | Arecaceae     | <i>Wettiniasp.</i>     | 3      | 200      | 1,55   | 66,67  | 12,84 | 27,02 |
| 9  | Lauraceae     | <i>Persea sp.</i>      | 6      | 400      | 3,09   | 66,67  | 0,07  | 23,28 |
| 10 | Myristicaceae | <i>Otoba sp.</i>       | 2      | 133      | 1,03   | 33,33  | 14,28 | 16,22 |

D= Densidad; DR= Densidad relativa; FR=Frecuencia relativa; DmR=Dominancia relativa; IVI=Índice de valor de importancia

Se puede evidenciar que las especies encontradas en de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se asemejan notablemente entre cada tratamiento, sin embargo las especies del T5 no poseen el mismo patrón de similitud, encontrándose especies leñosas nuevas que no estuvieron presente en los demás tratamientos silviculturales.

#### 4.1.2.4 Abundancia (ind/ha), densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa e índice de valor de importancia de las especies plantadas por la restauración ecológica en los tratamientos silviculturales T2 y T4.

- **Pasto + Plantación (T2)**

Al evaluar el T2 se constató que gran parte de las especies de importancia ecológica y maderables poseen un IVI relativamente similar, sobresaliendo las especies *Cedrela sp.* con 42,98% seguida de *Piptocoma discolor* con 40,38%, las mismas que tuvieron un desarrollo favorable en comparación a las demás especies plantadas. Se puede observar claramente que la frecuencia de las especies es igual, reflejando que gran parte de las especies plantadas por restauración ecológica evaluadas en el T2 fueron registradas en las tres parcelas de este tratamiento (Cuadro 13). Los cálculos de los parámetros ecológicos de las especies plantadas del T2 se lo detallan en el anexo 10.

Cuadro 13. Parámetros ecológicos de las 10 especies plantadas más representativas del tratamiento silvicultural Pastos + Plantación (T2).

| #  | Familia       | Especies                      | # Ind. | D ind/ha | DR (%) | FR (%) | DmR   | IVI   |
|----|---------------|-------------------------------|--------|----------|--------|--------|-------|-------|
| 1  | Boraginaceae  | <i>Cordia alliodora</i>       | 18     | 450      | 10,06  | 100,00 | 2,29  | 37,45 |
| 2  | Staphyleaceae | <i>Huerteia glandulosa</i>    | 17     | 425      | 9,50   | 100,00 | 4,65  | 38,05 |
| 3  | Meliaceae     | <i>Cedrela sp.</i>            | 15     | 375      | 8,38   | 100,00 | 20,57 | 42,98 |
| 4  | Mimosaceae    | <i>Inga sp.</i>               | 13     | 325      | 7,26   | 100,00 | 11,55 | 39,60 |
| 5  | Meliaceae     | <i>Guarea sp.</i>             | 10     | 250      | 5,59   | 100,00 | 1,33  | 35,64 |
| 6  | Asteraceae    | <i>Piptocoma discolor</i>     | 10     | 250      | 5,59   | 100,00 | 15,56 | 40,38 |
| 7  | Bignoniaceae  | <i>Tabebuia sp.</i>           | 10     | 250      | 5,59   | 100,00 | 5,99  | 37,19 |
| 8  | Mimosaceae    | <i>Parkia sp.</i>             | 7      | 175      | 3,91   | 100,00 | 0,96  | 34,96 |
| 9  | Fabaceae      | <i>Erythrina poeppigiana.</i> | 6      | 150      | 3,35   | 100,00 | 9,81  | 37,72 |
| 10 | Bombacaceae   | <i>Ochroma pyramidale</i>     | 6      | 150      | 3,35   | 100,00 | 14,03 | 39,13 |

D= Densidad; DR= Densidad relativa; FR=Frecuencia relativa; DmR=Dominancia relativa; IVI=Índice de valor de importancia

- **Luzara + Plantación (T4)**

En el Cuadro 14 se representa las especies plantadas registradas en el tratamiento T4, las cuales revelaron que *Cedrela sp.* y *Parkia sp.* son las especies que obtuvieron el mayor porcentaje de IVI con 41,74% y 40,71% respectivamente. Se puede evidenciar que el tratamiento Luzara + plantación (T4) posee menor número de especies (27 especies) frente al tratamiento Pastos + plantación (T2) (38 especies). Los cálculos de los parámetros ecológicos de las especies plantadas del T4 se lo detallan en el anexo 11.

Cuadro 14. Parámetros ecológicos de las 10 especies plantadas más representativas del tratamiento silvicultural Luzara + Plantación (T4).

| #  | Familia       | Especies                    | #Ind. | D ind/ha | DR (%) | FR(%)  | DmR   | IVI   |
|----|---------------|-----------------------------|-------|----------|--------|--------|-------|-------|
| 1  | Mimosaceae    | <i>Parkia sp.</i>           | 20    | 500      | 13,61  | 100,00 | 8,64  | 40,75 |
| 2  | Boraginaceae  | <i>Cordia alliodora</i>     | 17    | 425      | 11,56  | 100,00 | 7,29  | 39,62 |
| 3  | Lauraceae     | <i>Ocotea sp.</i>           | 16    | 400      | 10,88  | 100,00 | 2,51  | 37,80 |
| 4  | Mimosaceae    | <i>Inga sp.</i>             | 15    | 375      | 10,20  | 66,67  | 6,12  | 27,66 |
| 5  | Bignoniaceae  | <i>Tabebuia sp.</i>         | 15    | 375      | 10,20  | 100,00 | 10,19 | 40,13 |
| 6  | Meliaceae     | <i>Cedrela sp.</i>          | 9     | 225      | 6,12   | 100,00 | 19,11 | 41,75 |
| 7  | Staphyleaceae | <i>Huerteia glandulosa</i>  | 9     | 225      | 6,12   | 33,33  | 8,94  | 16,13 |
| 8  | Euphorbiaceae | <i>Alchornea glandulosa</i> | 5     | 125      | 3,40   | 66,67  | 16,62 | 28,90 |
| 9  | Myrtaceae     | <i>Eugenia sp.</i>          | 5     | 125      | 3,40   | 66,67  | 1,70  | 23,92 |
| 10 | Cecropiaceae  | <i>Cecopria sp.</i>         | 4     | 100      | 2,72   | 33,33  | 0,40  | 12,15 |

D= Densidad; DR= Densidad relativa; FR=Frecuencia relativa; DmR=Dominancia relativa; IVI=Índice de valor de importancia

#### 4.1.2.5 Diversidad alfa de los tratamientos silviculturales

- **Diversidad alfa de las especies de regeneración natural de los tratamientos silviculturales**

La diversidad alfa calculada a través del índice de Shannon constató que: de acuerdo al número de especies e individuos registrados en cada uno de los tratamientos se verificó que los 5 tratamientos silviculturales poseen una diversidad alta, sobresaliendo los tratamientos Luzara (T3) con 148 individuos en 18 especies seguido de Luzara + Plantación (T4) con 109 individuos representadas en 13 especies y Bosque (T5) el cual posee 195 individuos representados en 33 especies. Finalmente con una diferencia relativamente nula los tratamientos que obtuvieron la menor diversidad alfa fueron Pastos (T1) y Pastos + plantación (T2) con 111 individuos en 7 especies y 85 individuos en 8 especies respectivamente (Cuadro 15).

Cuadro 15. Diversidad alfa de los tratamientos silviculturales con especies de regeneración natural calculada con el índice de Shannon.

| <b>Código</b> | <b>Tratamiento</b>  | <b>Índice</b> | <b>Interpretación</b> |
|---------------|---------------------|---------------|-----------------------|
| T1            | Pastos              | 0,73          | Diversidad alta       |
| T2            | Pastos + Plantación | 0,73          | Diversidad alta       |
| T3            | Luzara              | 0,79          | Diversidad alta       |
| T4            | Luzara + Plantación | 0,78          | Diversidad alta       |
| T5            | Bosque              | 0,77          | Diversidad alta       |

- **Diversidad alfa de las especies plantadas por la restauración ecológica de los tratamientos T2 y T4**

La diversidad alfa calculada a través del índice de Shannon a los tratamientos que poseen especies de restauración ecológica reveló que los tratamientos T2 y T4 poseen una diversidad alta, destacándose el Tratamiento Pastos + Plantación (T2) en el cual se registraron 179 individuos representadas en 38 especies seguido del tratamiento Luzara + Plantación (T4) con 147 individuos en 27 especies (Cuadro 16).

Cuadro 16. Diversidad alfa de los tratamientos silviculturales con especies plantadas T2 y T4 calculada con el índice de Shannon-Wiener.

| <b>Código</b> | <b>Tratamiento</b>  | <b>Índice</b> | <b>Interpretación</b> |
|---------------|---------------------|---------------|-----------------------|
| T2            | Pastos + Plantación | 0,89          | Diversidad alta       |
| T3            | Luzara + Plantación | 0,86          | Diversidad alta       |

Los tratamientos que poseen especies plantadas reflejaron que existen mayores porcentajes de diversidad frente a los tratamientos donde se evaluó las especies de regeneración natural

#### **4.1.2.6 Diversidad beta de los tratamientos silviculturales**

- **Diversidad beta de las especies de regeneración natural de los tratamientos silviculturales**

La diversidad beta calculada a través del índice de Sorensen a los tratamientos silviculturales con especies de regeneración natural reveló que: comparando las especies de los tratamientos T2-T4 se obtuvo una diversidad beta muy similar debido a que comparten 8 especies de las 14 especies registradas entre los dos tratamientos, seguido de los T1-T2; T1-

T3 y T1-T4 con una diversidad beta medianamente similar al igual que los T2-T3; T3-T4 y T3-T5. Finalmente los tratamientos que obtuvieron menor diversidad beta fueron T1-T5; T2-T5 y T4-T5 los mismos que presentan una disimilitud debido a que comparten pocas especies en relación al total de especies registradas entre los tratamientos comparados. (Cuadro 17).

Cuadro 17. Diversidad beta de los tratamientos silviculturales con especies de regeneración calculada con el índice de Sorensen

| Tratamientos | T2   | T3   | T4   | T5   |
|--------------|------|------|------|------|
| T1           | 47,1 | 53,8 | 57,1 | 19,5 |
| T2           |      | 66,7 | 72,7 | 19,0 |
| T3           |      |      | 58,1 | 43,1 |
| T4           |      |      |      | 21,7 |

T1= Pastos, T2=Pastos + Plantación, T3=Luzara, T4= Luzara + Plantación, T5= Bosque

• **Diversidad beta de las especies plantadas por la restauración ecológica de los tratamientos T2 y T4**

La diversidad beta calculada a los tratamientos de restauración ecológica a través del índice de Sorensen demostró que T2-T4 poseen una diversidad beta medianamente similar debido a que comparte 22 especies de las 43 registradas entre los dos tratamientos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Diversidad beta de los tratamientos silviculturales con especies plantadas T2 y T4 calculada con el índice de Sorensen.

| Código | Índice | Interpretación         |
|--------|--------|------------------------|
| T2-T4  | 67,7   | Medianamente similares |

T2=Pastos + Plantación, T4= Luzara + Plantación

### 4.1.3 Incremento periódico promedio en altura y diámetro basal de las especies evaluadas en los Tratamiento Silviculturales.

Se comparó los datos arrojados de las dos mediciones efectuados a las especies de cada tratamiento silvicultural, obteniendo así, un Incremento periódico promedio en altura (IPH) y un Incremento periódico promedio en diámetro basal (IPD).

#### 4.1.3.1 Incremento periódico promedio de las especies de regeneración natural de los tratamientos silviculturales en un periodo de 6 meses.

- **Incremento periódico promedio en altura (IPH)**

Los tratamientos que poseen las especies con mayor crecimiento periódico promedio (IPH) son: Pastos + Plantación (T2) con 61,64 cm seguido de Luzara + Plantación (T4) con 55,38 cm. Esto se debe principalmente a que las especies de regeneración natural de dichos tratamientos han estado sometidas indirectamente a manejos silviculturales por estar cercas en las áreas de restauración ecológica. Los tratamientos que obtuvieron el menor IPH son Pastos (T1) con 45,25 cm. Luzara (T3) con 34,61 cm y Bosque (T5) con 8,32 cm (Figura 11).

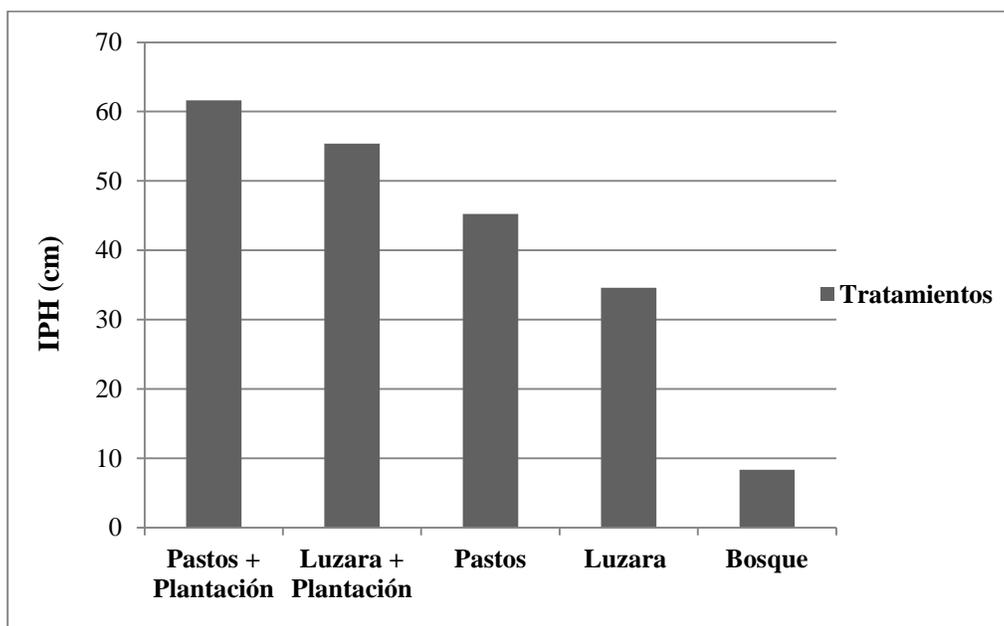


Figura 11. Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silviculturales. T1= Pastos, T2= Pastos + plantación, T3= Luzara, T4= Luzara + Plantación y T5 Bosque. IPH = Incremento periódico promedio en altura.

Entre las especies que obtuvieron mejor IPH en cada tratamiento se encuentra *Piptocoma discolor*, *Ocotea sp* y *Vismia sp*. especies que se caracterizan por ser maderables y pionera en estos tipos de ecosistemas, otras especies son *Miconia dodecandra* y *Miconia astroplocama* las mismas que se destacan principalmente por ser especies de importancia ecológica. (Cuadro 19). El IPH de las especies de regeneración natural de cada tratamiento se detalla en el anexo 12

Cuadro 19. Incremento periódico promedio en altura de 5 especies con mayor crecimiento de cada tratamiento silvicultural con especies de regeneración natural.

| Tratamientos                      | Especies                      | IPH (cm) |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------|
| Pastos<br>(T1)                    | <i>Piptocoma discolor</i>     | 78,6     |
|                                   | <i>Ocotea sp.</i>             | 70,0     |
|                                   | <i>Vismia sp.</i>             | 53,1     |
|                                   | <i>Psidium guajava</i>        | 49,6     |
|                                   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 48,7     |
| Pastos<br>+<br>Plantación<br>(T2) | <i>Psychotria sp.</i>         | 100,0    |
|                                   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 72,8     |
|                                   | <i>Piptocoma discolor</i>     | 70,0     |
|                                   | <i>Casearia sp.</i>           | 55,9     |
|                                   | <i>Siparuna sp.</i>           | 53,5     |
| Luzara<br>(T3)                    | <i>Piptocoma discolor</i>     | 52,5     |
|                                   | <i>Vismia sp.</i>             | 50,6     |
|                                   | <i>Pouroma sp.</i>            | 50,0     |
|                                   | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 48,0     |
|                                   | <i>Siparuna sp.</i>           | 47,5     |
| Luzara<br>+<br>Plantación<br>(T4) | <i>Piptocoma discolor</i>     | 170,0    |
|                                   | <i>Heliocarpus americanus</i> | 126,0    |
|                                   | <i>Alchornea glandulosa</i>   | 82,5     |
|                                   | <i>Miconia dodecandra</i>     | 69,8     |
|                                   | <i>Vismia sp.</i>             | 59,5     |
| Bosque<br>(T5)                    | <i>Miconia astroplocama</i>   | 50,0     |
|                                   | <i>Miconia dodecandra</i>     | 33,7     |
|                                   | <i>Casearia sp.</i>           | 23,2     |
|                                   | <i>Cupania sp.</i>            | 20,8     |
|                                   | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 18,7     |

- **Incremento periódico promedio en diámetro basal (IPD)**

El tratamiento que obtuvo las especies de con mayor incremento periódico promedio en diámetro basal en un periodo de 6 meses corresponde a Pastos (T1) con 0,73 cm de IPD, seguido del tratamiento Luzara + Plantación (T4) con 0,54 cm y Pastos + Plantación (T2)

con 0,42 cm. Los tratamientos que alcanzaron el menor IPD fue el tratamiento Luzara (T3) con 0,37cm y el Tratamiento Bosque (T5) con 0,11 cm (Figura 12).

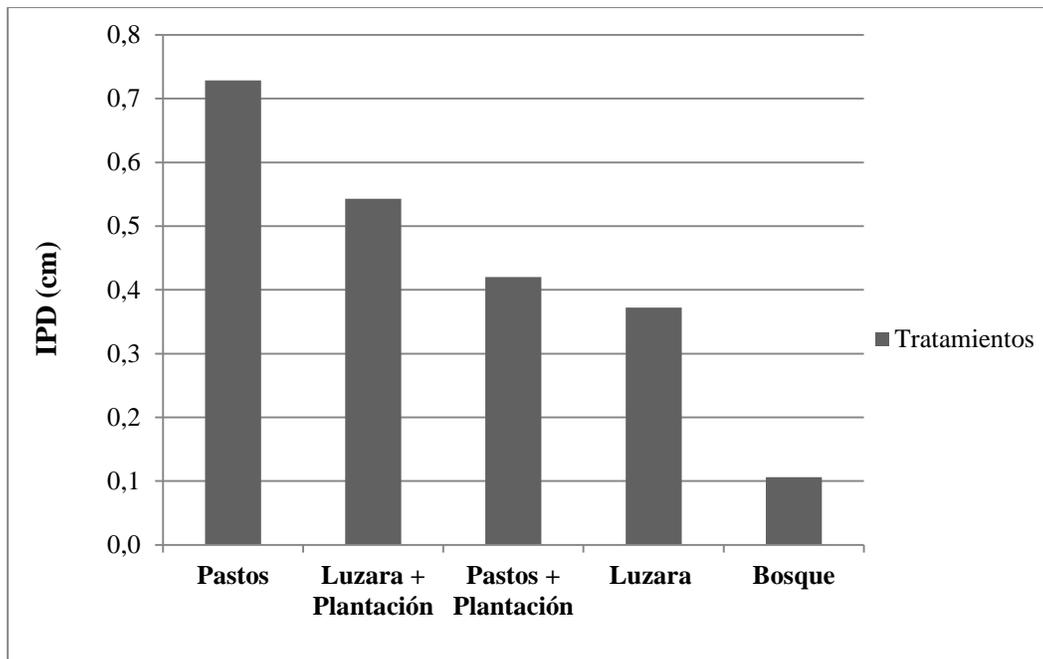


Figura 12. Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silvicultural. T1= Pastos, T2= Pastos + plantación, T3= Luzara, T4= Luzara + Plantación y T5 Bosque. IPD = Incremento periódico promedio en diámetro

Se observó que el IPD de las especies de regeneración natural no obtuvo un crecimiento en diámetro favorable en la mayoría de especies, se puede observar que al menos 1 especie de cada tratamiento posee un IPD bien definido en comparación a las demás especies del mismo tratamiento. Las especies maderables *Ocotea sp* correspondiente al T1 y *Piptocoma discolor* correspondiente al T4, así como también las especies de importancia ecológica *Miconia dodecandra* perteneciente al T2, *Pouroma sp.* del T3 y *Eugenia sp.* del T5 son especies que mejor desarrollo lograron durante en un periodo de 6 meses (Cuadro 20). Las especies que obtuvieron el menor IPD en cada tratamiento son *Psidium guajava*, *Siparuna sp.*, *Persea sp.*, y *Tapirira sp.* respectivamente. El IPD de las especies de regeneración natural de cada tratamiento se detalla en el anexo 12.

Cuadro 20. Incremento periódico promedio en diámetro de 5 especies más representativas de cada tratamiento silvicultural con especies de regeneración natural

| Tratamientos                                | Especies                      | IPD (cm) |
|---|-------------------------------|----------|
| <b>Pastos<br/>(T1)</b>                      | <i>Ocotea sp.</i>             | 2,40     |
|   | <i>Heliocarpus americanus</i> | 1,88     |
|   | <i>Piptocoma discolor</i>     | 1,34     |
|   | <i>Vismia sp.</i>             | 0,78     |
|   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 0,73     |
| <b>Pastos<br/>+<br/>Plantación<br/>(T2)</b> | <i>Miconia dodecandra</i>     | 0,76     |
|   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 0,49     |
|   | <i>Caseariasp.</i>            | 0,42     |
|   | <i>Psychotria sp.</i>         | 0,36     |
|   | <i>Vismia sp.</i>             | 0,30     |
| <b>Luzara<br/>(T3)</b>                      | <i>Pouroma sp.</i>            | 1,68     |
|   | <i>Psychotria sp.</i>         | 0,95     |
|   | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 0,68     |
|   | <i>Piptocoma discolor</i>     | 0,59     |
|   | <i>Caseariasp.</i>            | 0,50     |
| <b>Luzara<br/>+<br/>Plantación<br/>(T4)</b> | <i>Piptocoma discolor</i>     | 2,27     |
|   | <i>Psidium guajava</i>        | 1,16     |
|   | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 1,05     |
|   | <i>Heliocarpus americanus</i> | 0,96     |
|   | <i>Alchornea glandulosa</i>   | 0,72     |
| <b>Bosque<br/>(T5)</b>                      | <i>Eugenia sp.</i>            | 0,89     |
|   | <i>Guarea sp.</i>             | 0,24     |
|   | <i>Ocotea sp.</i>             | 0,21     |
|   | <i>Ladenbergia sp.</i>        | 0,20     |
|   | <i>Tovomita sp.</i>           | 0,19     |

#### 4.1.3.2 Incremento periódico promedio en altura y diámetro de las especies plantadas de los tratamientos silviculturales T2 y T4.

- **Incremento periódico promedio en altura (IPH)**

La Figura 13 indica que el tratamiento que posee las especies con mayor incremento periódico promedio es el T2 con 30,33 cm seguido del T4 con 20,38 cm, evidenciándose que en Pastos + plantación (T2) las especies han obtenido un mejor crecimiento frente a Luzara + Plantación (T4).

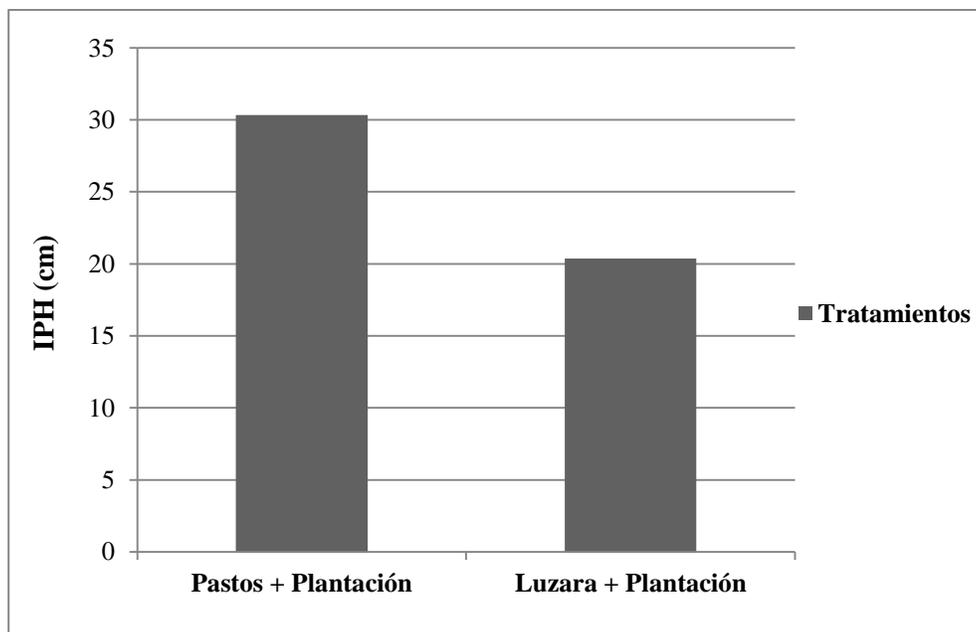


Figura 13. Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas en los tratamientos silviculturales T2 y T4. T2= Pastos + Plantación y T4= Luzara + Plantación. IPH = Incremento periódico promedio en altura.

Se observó que las especies de cada tratamiento silvicultural respondieron de manera positiva a los trabajos de restauración efectuados en cada una de las zonas evaluadas. Las especies que presentaron el mayor IPH y con una diferencia bien marcada fueron *Ochroma pyramidale* del T2 y *Piptocoma discolor* del T4, la mismas que obtuvieron el mejor desarrollo en comparación a la demás especies de los tratamientos a los que pertenecen (Cuadro 21). Las especies que registraron el menor IPH entre los dos tratamiento son *Schefflera sp.* y *Calophyllum sp.* las cuales no sobrepasaron de 1 cm IPH. El IPH de las especies plantadas del tratamiento T2 y T4 se detallan en el anexo 13.

Cuadro 21. Incremento periódico promedio en altura de 10 especies más representativas del los tratamiento silviculturales con especies plantadas T2 y T4

| Tratamiento                    | Especies                    | IPH(cm) |
|--------------------------------|-----------------------------|---------|
| Pastos +<br>Plantación<br>(T2) | <i>Ochroma pyramidale</i>   | 98,43   |
|                                | <i>Piptocoma discolor</i>   | 79,41   |
|                                | <i>Croton lechleri</i>      | 78,75   |
|                                | <i>Cecopria sp.</i>         | 76,90   |
|                                | <i>Alchornea glandulosa</i> | 53,03   |

|                                     |                              |        |
|-------------------------------------|------------------------------|--------|
|                                     | <i>Cedrela sp.</i>           | 52,81  |
|                                     | <i>Erythrina poeppigiana</i> | 43,56  |
|                                     | <i>Inga sp.</i>              | 41,78  |
|                                     | <i>Tabebuia sp.</i>          | 37,39  |
|                                     | <i>Pseudolmedia sp.</i>      | 32,00  |
| <b>Luzara + Plantación<br/>(T4)</b> | <i>Piptocoma discolor</i>    | 200,00 |
|                                     | <i>Sapium sp.</i>            | 71,00  |
|                                     | <i>Croton lechleri</i>       | 70,60  |
|                                     | <i>Cedrela sp.</i>           | 44,87  |
|                                     | <i>Erythrina poeppigiana</i> | 38,00  |
|                                     | <i>Alchornea glandulosa</i>  | 37,82  |
|                                     | <i>Hurtea glandulosa</i>     | 28,93  |
|                                     | <i>Matayba sp.</i>           | 27,45  |
|                                     | <i>Parkia sp.</i>            | 26,22  |
|                                     | <i>Persea sp.</i>            | 25,50  |

- **Incremento periódico promedio en diámetro basal (IPD)**

Comparando los especies plantadas de los tratamientos silviculturales que poseen trabajos de restauración se pudo evidenciar que el tratamiento con mayor incremento periódico promedio es el Pastos + plantación (T2) con 0,38 cm seguido de tratamiento Luzara + Plantación (T4) con 0,23 cm; constatándose que el tratamiento T2 posee mejor desarrollo en IPD frente al T4 (Figura 14).

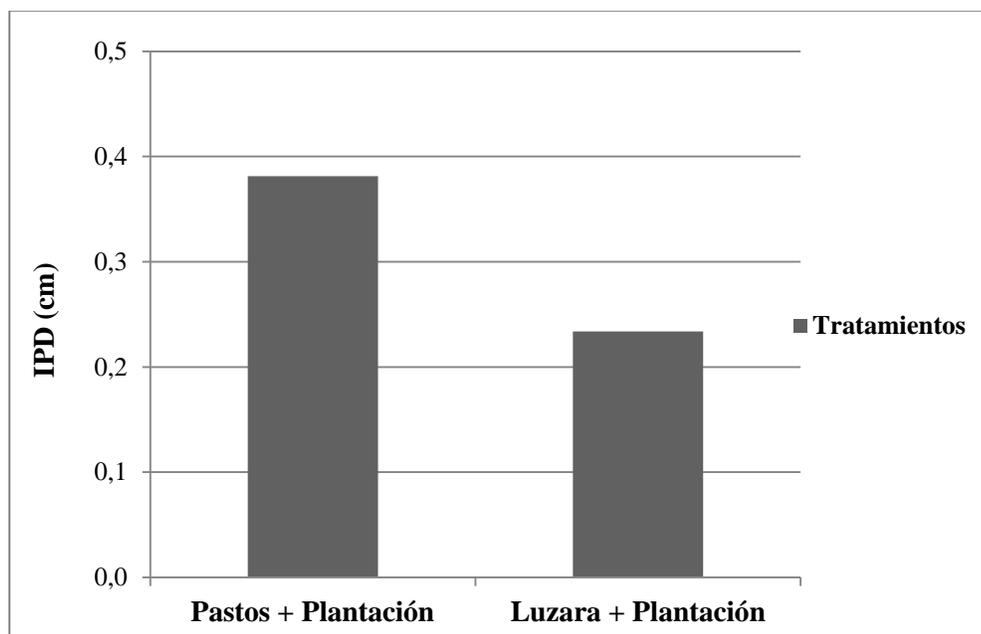


Figura 14. Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies plantadas en los tratamientos silviculturales T2 y T4. T2= Pastos + plantación y T4= Luzara + Plantación. IPD = Incremento periódico promedio en diámetro.

El IPD de las especies plantadas revelo que existe un patrón de crecimiento en diámetro basal relativamente bajo en los tratamientos con trabajos de restauración ecológica, a acepción de la especie pionera y de importancia maderable *Ochroma pyramidale* perteneciente al T2 la cual posee un desarrollo considerable frente a las demás especies del mismo tratamiento, de igual manera en el T4 la especies *Piptocoma discolor* obtuvo el mejor IPD a nivel de especies de dicho tratamiento (Cuadro 22). Las especies que menor valor de IPD entre el T2 y T4 fueron *Clarisia racemosa* y *Calophyllum sp.* las cuales no sobrepasando de 0,04cm de IPD. El IPD de las especies plantadas del tratamiento T2 y T4 se detallan en el anexo 13.

Cuadro 22. Incremento periódico promedio en diámetro basal de 10 especies más representativas del los tratamiento silviculturales con especies plantadas T2 y T4.

| Tratamiento                         | Especies                     | IPD(cm) |
|-------------------------------------|------------------------------|---------|
| <b>Pastos + Plantación<br/>(T2)</b> | <i>Ochroma pyramidale</i>    | 1,58    |
|                                     | <i>Piptocoma discolor</i>    | 0,97    |
|                                     | <i>Cecopria sp.</i>          | 0,91    |
|                                     | <i>Erythrina poeppigiana</i> | 0,78    |
|                                     | <i>Cedrela sp.</i>           | 0,67    |
|                                     | <i>Inga sp.</i>              | 0,66    |
|                                     | <i>Platymiscium sp.</i>      | 0,55    |
|                                     | <i>Croton lechleri</i>       | 0,47    |
|                                     | <i>Alchornea glandulosa</i>  | 0,47    |
|                                     | <i>Vitex sp.</i>             | 0,45    |
| <b>Luzara + Plantación<br/>(T4)</b> | <i>Piptocoma discolor</i>    | 1,76    |
|                                     | <i>Croton lechleri</i>       | 0,70    |
|                                     | <i>Wettiniasp.</i>           | 0,65    |
|                                     | <i>Cedrela sp.</i>           | 0,53    |
|                                     | <i>Alchornea glandulosa</i>  | 0,53    |
|                                     | <i>Ficus sp.</i>             | 0,45    |
|                                     | <i>Sapium sp.</i>            | 0,40    |
|                                     | <i>Huertia glandulosa</i>    | 0,34    |
|                                     | <i>Ceiba sp.</i>             | 0,30    |
|                                     | <i>Matayba sp.</i>           | 0,27    |

#### 4.1.4 Análisis estadístico sobre el incremento promedio en altura y diámetro de las especies evaluadas en cada tratamiento silviculturales

##### 4.1.4.1 Incremento periódico promedio en altura y diámetro de las especies de regeneración natural

- **Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural**

El ANOVA efectuado al IPH de las especies de regeneración natural demostró que existen diferencias significativas entre las especies evaluadas en cada tratamiento silvicultural, denotándose con mayor claridad un patrón desigualdad de crecimiento entre los tratamientos T2, T3 y T5. El T2 con un incremento periódico promedio en altura (IPH) de 61,64cm es el tratamiento que posee el mayor crecimiento en comparación a las demás especies evaluadas en los demás tratamientos silviculturales, seguido, y con una diferencia poco distante el T4 con 55,38cm de IPH, a continuación se encuentra el T1 y el T3 con 45,25cm y 34,61cm de IPH respectivamente. Se evidencio que el T5 es el tratamiento que obtuvo el menor IPH con 8,32cm (Figura 15).

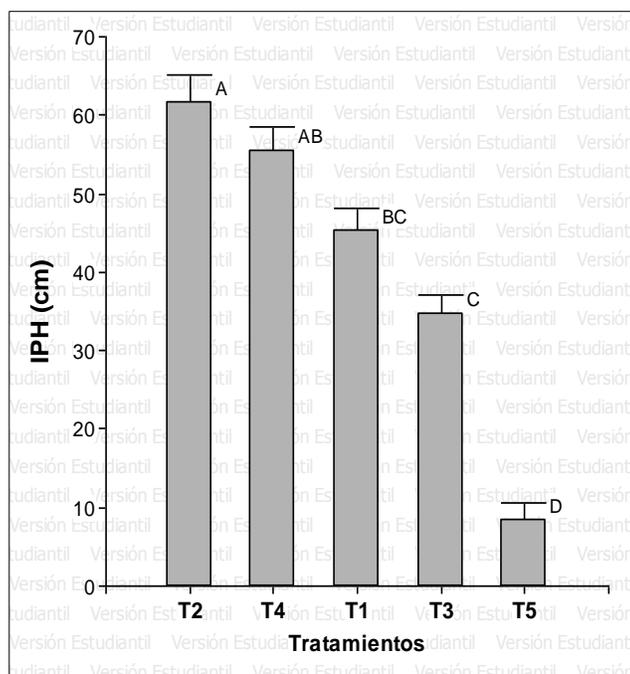


Figura 15. Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural evaluadas en cada tratamiento. IPH=Incremento periódico promedio en altura. T1=Pastos,

T2=Pastos + Plantación, T3=Luzara, T4=Luzara + Plantación y T5= Bosque. Letras diferentes indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p>0,05$ ).

Al realizar el ANOVA a las parcelas de regeneración natural de cada tratamiento silvicultural se obtiene que entre las parcelas del Tratamiento Pastos (T1) existe estadísticamente una diferencia entre P1 y P2, aunque no muy marcada con la parcela P3, la parcela P2 ocupa el mayor crecimiento con 63,03cm seguido de P3 con 54,91cm y P1 con 38,39cm. En Pastos + Plantación (T2) se denota que entre parcelas hay una homogeneidad de crecimiento, sobresaliendo la P3 con un IPH de 76,17 cm frente a 63,42 cm y 48,46cm de la P1 y P2 respectivamente. En lo que concierne al Tratamiento Luzara (T3) estadísticamente es el tratamiento con mayor homogeneidad de IPH entre parcelas, obteniendo 38,27 cm para P1, 33,75cm para P2 y para la parcela P3 un IPH de 32,44cm (Figura 16).

De igual manera en tratamiento Luzara + Plantación (T4) se encontró estadísticamente una similitud entre parcelas del mismo tratamiento, siendo P3 la parcela con mayor crecimiento con 69,84 cm seguido de P2 con 53,10cm y P1 con 46,40cm. El Tratamiento Bosque (T5) estadísticamente es otro de los tratamientos que no posee homogeneidad el incremento periódico en altura, siendo P2 la parcela que registró mayor crecimiento 12,58cm frente a P1 con 8,80cm y P3 con 5,94cm (Figura 16).

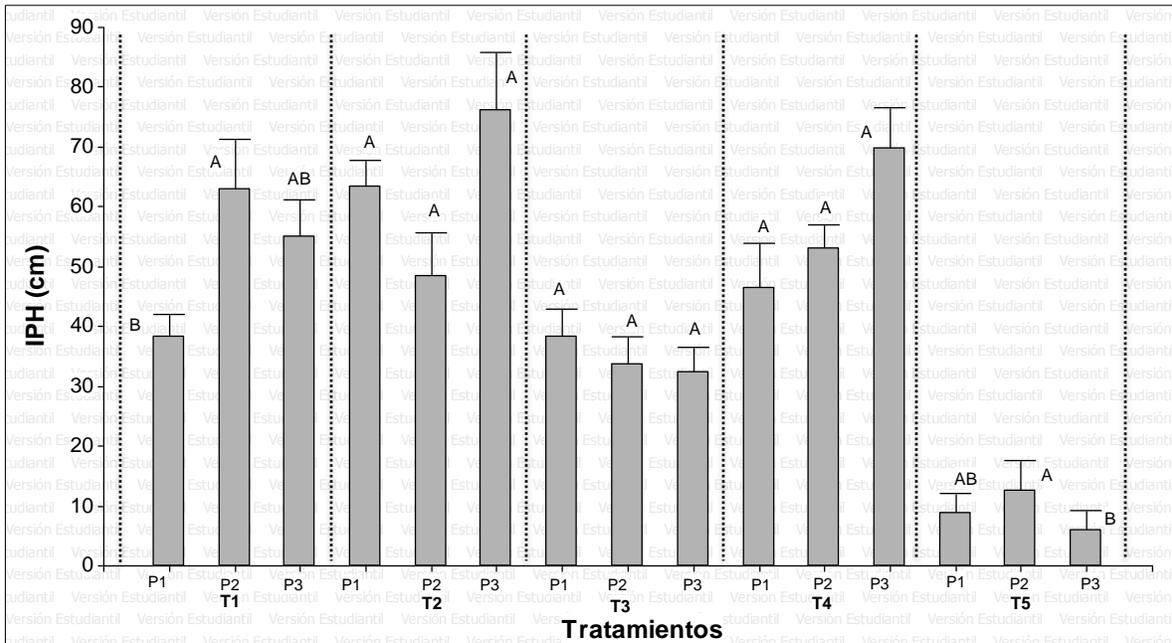


Figura 16: Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural evaluadas en las parcelas instaladas en cada tratamiento silvicultural. IPH=Incremento periódico promedio en altura. T1=Pastos, T2=Pastos + Plantación, T3=Luzara, T4=Luzara + Plantación y T5= Bosque. Letras diferente dentro de cada tratamiento indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p > 0,05$ )

- **Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies de regeneración natural.**

En lo que respecta al incremento periódico en diámetro basal (IPD) de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silvicultural, el análisis ANOVA indico que existen diferencia significativas entre todos los tratamientos silviculturales, aunque no muy marcada entre tratamientos T2-T4 y T2-T3 donde se constató una similitud de crecimiento en altura. El T1 posee el valor más alto en cuando IPD con 0,73cm, seguido del T4 con 0,54cm, T2 con 0,42cm y T3 con 0,37cm. El tratamiento con menor IHD y con un valor considerablemente bajo corresponde a T5 con 0,11cm, en donde se evidencio que la mayoría de especies no obtuvo ningún incremento en diámetro pasado los 6 meses (Figura 17).

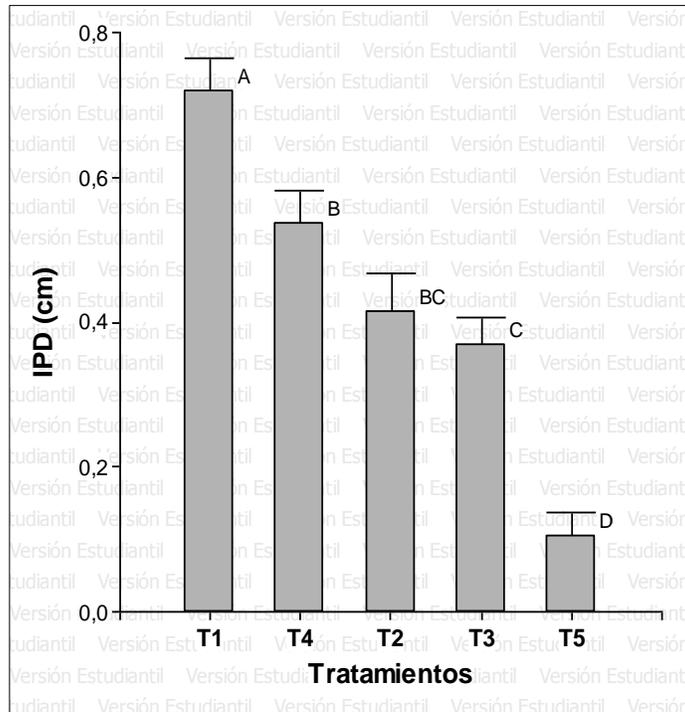


Figura 17: Incremento periódico promedio en diámetro de las especies de regeneración natural evaluadas de cada tratamiento silvicultural. IPD=Incremento periódico promedio en diámetro. T1=Pastos, T2=Pastos + Plantación, T3=Luzara, T4=Luzara + Plantación y T5= Bosque. Letras diferentes indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

En la figura 18 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) efectuado al incremento periódico promedio en diámetro basal (IPD) de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silvicultural, revelando que en Tratamiento Pastos (T1) existe estadísticamente una diferencia significativa de la parcela P2 frente a P1 y P3, la parcela P2 posee el mayor crecimiento frente a las demás parcelas del mismo tratamiento con 1,34cm seguido de P3 con 0,78cm y P1 con 0,59cm de IPD. En los tratamientos Pastos + Plantación (T2) y Luzara (T3) existe un patrón que indica una similitud crecimiento entre las parcelas de cada tratamiento silvicultural, constatándose que los valores en cuando IPD en las parcelas del T2 es de 0,42cm para las tres parcelas, en el T3 el IPD de las parcelas oscilan entre 0,33cm a 0,41cm.

En lo que respecta al Tratamiento Luzara + Plantación (T4), la parcela P1 mostró el mayor IPD con 0,88cm seguido de P3 con 0,53cm y finalmente P2 con 0,45cm, existiendo

estadísticamente diferencia significativas entre parcelas del mismo tratamiento. El Tratamiento Bosque (T5), siendo el tratamiento con las especies con menor IPD frente a los demás tratamientos silviculturales evaluados, posee una similitud de crecimiento entre las especies de cada parcela, el IPD va desde 0,06 para la parcela P1 y 0,14 para parcela P2 y P3 (Figura 18).

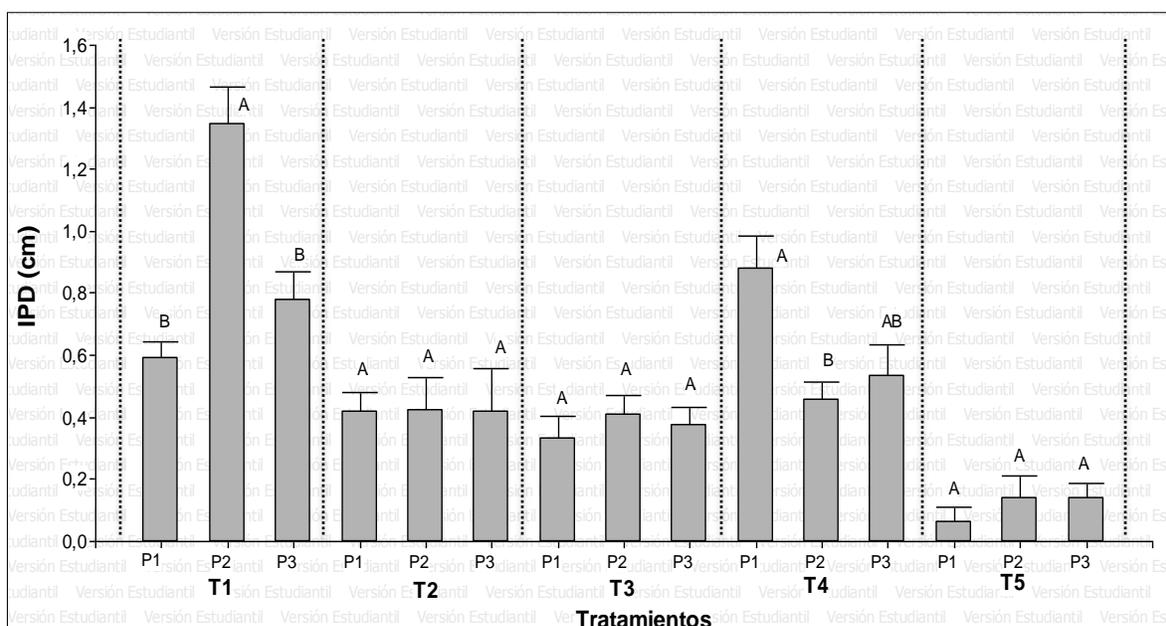


Figura 18: Incremento periódico promedio en diámetro de las especies de regeneración natural evaluadas en las parcelas instaladas en cada tratamiento silvicultural. IPD=Incremento periódico promedio en diámetro. T1=Pastos, T2=Pastos + Plantación, T3=Luzara, T4=Luzara + Plantación y T5= Bosque. Letras diferente dentro de cada tratamiento indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p > 0,05$ )

- **Incremento periódico promedio en altura y diámetro basal de las especies heliófitas, escaliófitas y hemieliófitas evaluadas en la regeneración natural.**

Las especies hemieliófitas evaluadas en los tratamientos con especies de regeneración natural, demostraron que son el grupo de especies con mayor IPH (43,52cm), en comparación al IPH de las especies heliófitas (32,80cm) y escaliófitas (7,91cm), observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de especies evaluados. Las especies hemieliófitas de regeneración natural que mayor representatividad

obtuvieron en cuanto a IPH corresponden a *Palicourea sp.* Y *Miconia astroplocama* las mismas que sobrepasaron de 50 cm de altura, en las especies heliófitas se encuentran *Heliocarpus americanus* y *Piptocoma discolor* con 86,25cm y 77,13cm respectivamente, mientras que en las especies escaliófitas *Pseudolmedia sp.* Y *Nectandra sp.* son las más representativas a pesar de que alcanzaron valores muy bajos en IPH con 14,28cm y 12,80cm respectivamente (Figura 19). El IPH de las especies de regeneración natural agrupadas en tres gremios se lo presenta en el Anexo 14

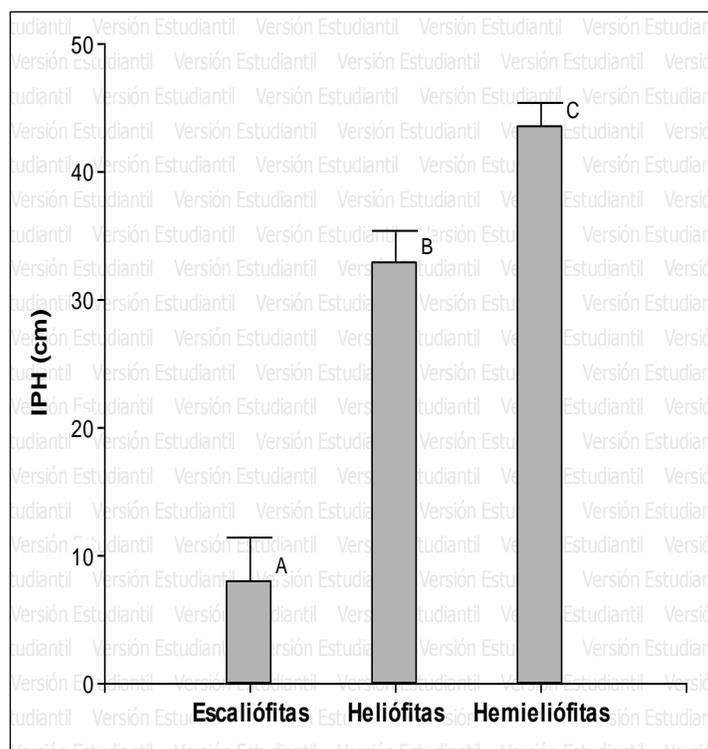


Figura 19. Incremento periódico promedio en altura de las especies de regeneración natural agrupadas en tres gremios. IPH= Incremento periódico promedio en altura. Letras diferentes dentro de cada categoría indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

En lo que respecta a IPD, de igual manera las especies hemieliófitas obtuvieron el mayor crecimiento en diámetro con 0,43cm, aunque no con una diferencia significativa frente al grupo de especies heliófitas que alcanzo 0,40cm de IPD. El grupo de especies escaliófitas mantuvieron valores considerablemente bajos de IPD con 0,18cm de IPD, evidenciándose que este grupo de especies posee estadísticamente diferencia significativas frente a los demás grupos evaluados. Las especies hemieliófitas que se destacaron con los mayores IPD

nuevamente corresponde a *Graffenrieda cucullata* y *Miconia astroplocama* con 0,50cm y 0,48cm respectivamente, mientras que en las especies heliófitas se encuentran *Heliocarpus americanus* y *Piptocoma discolor* sobrepasando el 1cm de IPD. En el grupo de especies escaliófitas *Eugenia* sp. y *Tetrorchidium* sp. son las especies que presentaron mayor IPD con 0,89cm y 0,37cm respectivamente (Figura 20). El IPD de las especies de regeneración natural agrupadas en tres gremios se lo presenta en el Anexo 14

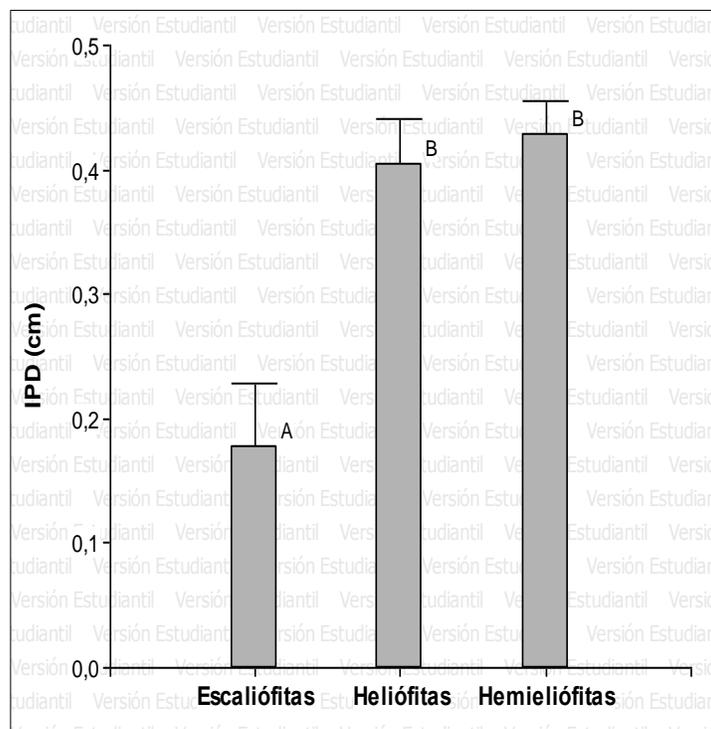


Figura 20. Incremento periódico promedio en diámetro de las especies de regeneración natural agrupadas en tres gremios. IPD= Incremento periódico promedio en diámetro. Letras diferentes dentro de cada categoría indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

#### 4.1.4.2 Incremento periódico promedio en altura y diámetro de las especies plantadas de los tratamientos silviculturales T2 y T4

- **Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas**

En el ANOVA realizado al IPH de las especies de restauración ecológica demostró que el Tratamiento Pastos + Plantación (T2) posee en mayor crecimiento en diámetro con 30,33cm

en comparación al Tratamiento Luzara + Plantación (T4) con 20,38cm, denotándose estadísticamente una diferencia significativa entre los dos tratamientos (Figura 21).

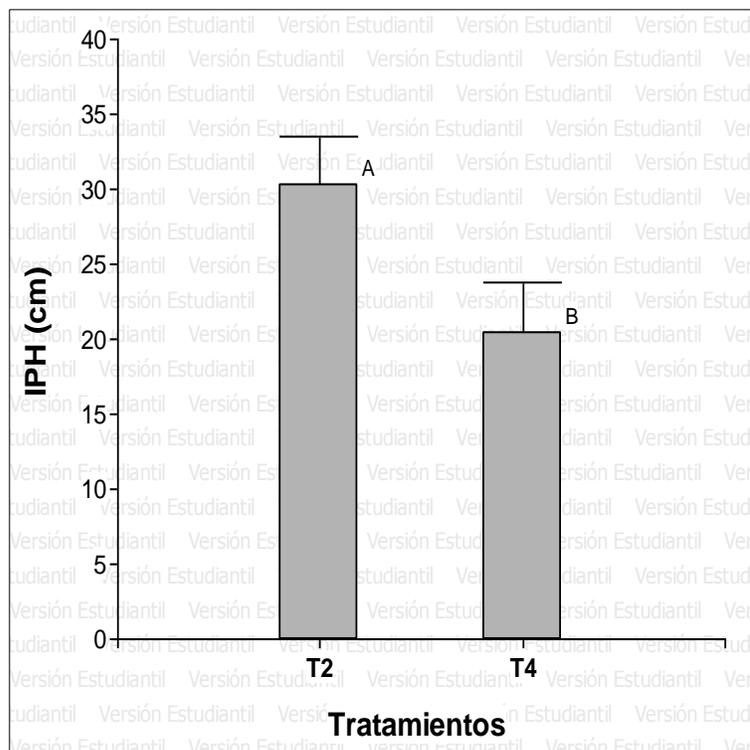


Figura 21: Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas, evaluadas en los tratamientos T2 y T4. IPH=Incremento periódico promedio en altura. T2=Pastos + Plantación y T4=Luzara + Plantación. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

El ANOVA realizado al IPH a las especies plantadas de las parcelas de cada tratamiento silvicultural muestra que entre las parcelas del Tratamiento Pastos + Plantación (T2) no existe uniformidad de crecimiento entre las especies de cada parcela, destacándose parcela P3 la cual mantiene un similitud con P1 y P2; la parcela que mayor IPH en el tratamiento T2 fue la parcela P1 con 38,38cm seguido de P3 con 32,49cm y P2 con 14,93cm. Tomando en cuenta los resultados del ANOVA frente al Tratamiento Luzara + Plantación (T4) se determinó que estadísticamente no existen diferencia significativas entre las parcelas del T4, a pesar de que las parcelas con mayor crecimiento P3 con 27,93cm y P1 con 20,71cm

mantiene un rango bastante marcado frente a la parcela que mantuvo el menor crecimiento P2 con 13,00 cm de IPH (Figura 22).

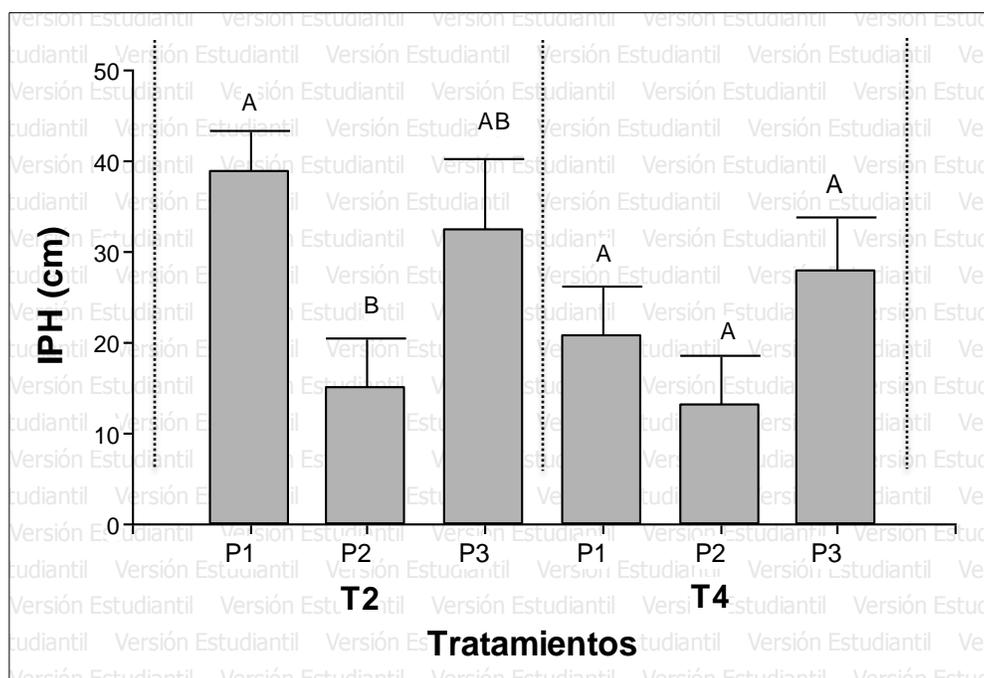


Figura 22: Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas, evaluadas en las parcelas instaladas en los tratamientos T2 y T4. IPH=Incremento periódico promedio en altura. T2=Pastos + Plantación y T4=Luzara + Plantación. Letras diferentes dentro de cada tratamiento indican diferencia significativa entre parcelas del mismo tratamiento. (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

- **Incremento periódico promedio en diámetro de las especies plantadas.**

De acuerdo al análisis de varianza efectuado a las especies de restauración ecológica de los tratamientos Pastos + Plantación (T2) y Luzara + Plantación (T4) se determinó que entre especies evaluadas en cada tratamiento silvicultural no existe uniformidad en cuanto incremento periódico promedio en diámetro (IPD), siendo T2 el tratamiento con mayor IPD con 0,38cm en comparación al T4 con un IPD de 0,23cm (Figura 23).

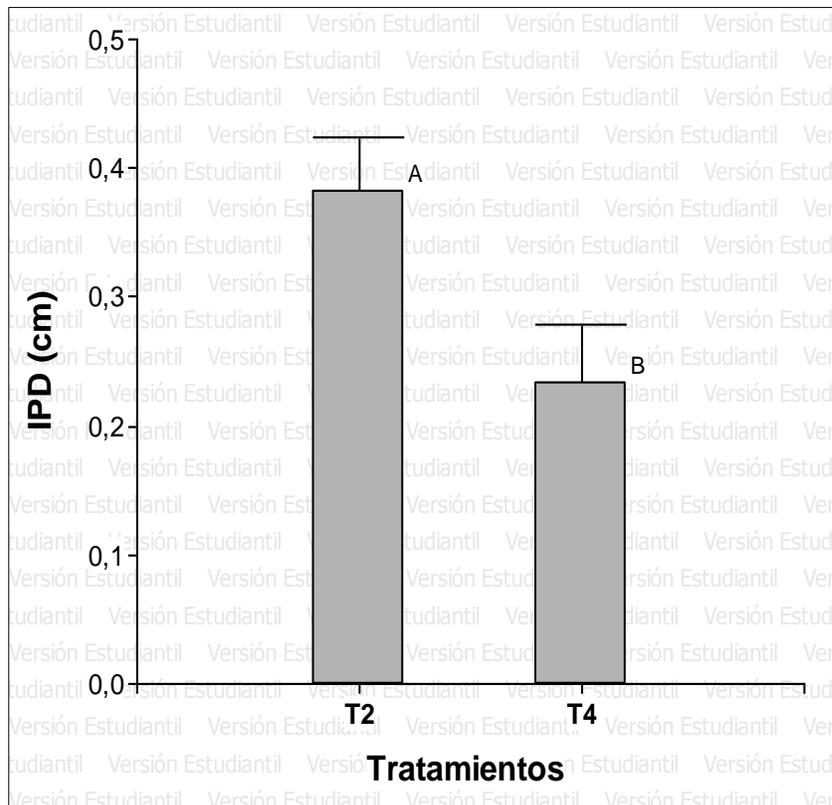


Figura 23: Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies plantadas, evaluadas en los Tratamiento T2 y T4. IPD=Incremento periódico promedio en diámetro. T2=Pastos + Plantación y T4=Luzara + Plantación. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

Comparando las especies plantadas de las parcelas evaluadas dentro de los tratamientos con restauración se encontró que el tratamiento Pastos + Plantación (T2) existe homogeneidad de crecimiento entre las parcelas del mismo tratamiento, obteniendo el mayor IPD la parcelas P1 con 0,46cm seguido de P3 con 0,45 y P2 con 0,21cm. El tratamiento Luzara + Plantación (T4) se evidenció que en las parcelas que conforman este tratamiento no existe estadísticamente diferencias significativas entre parcelas (Figura 24) .

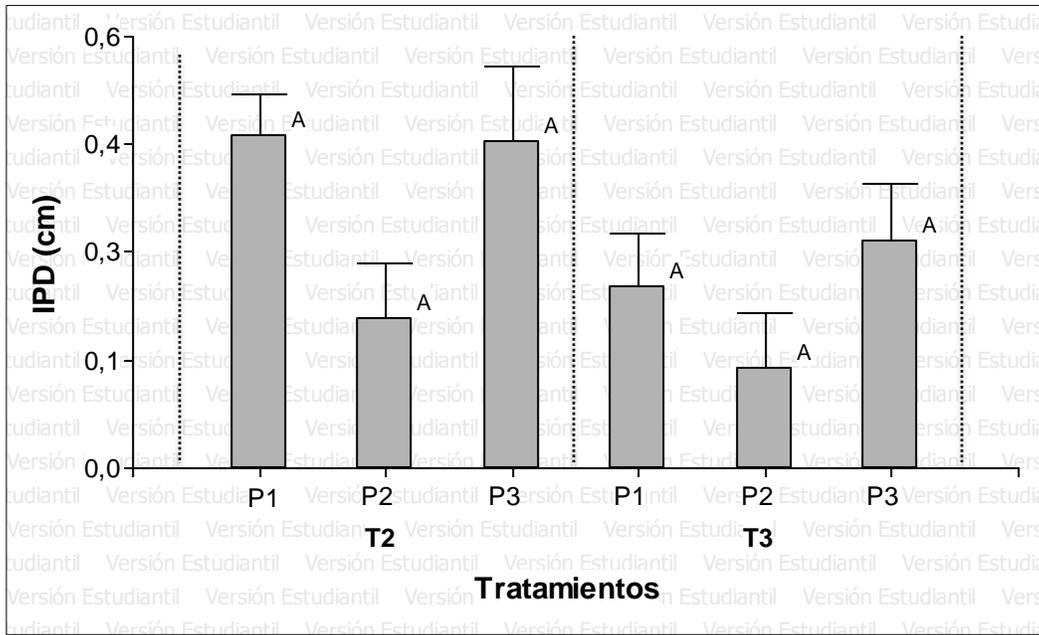


Figura 24: Incremento periódico promedio en diámetro de las especies plantadas evaluadas en las parcelas instaladas en los tratamiento T2 y T4. IPD=Incremento periódico promedio en diámetro. T2=Pastos + Plantación y T4=Luzara + Plantación. Letras diferentes dentro de cada tratamiento indican diferencia significativa entre parcelas del mismo tratamiento (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

- **Incremento periódico promedio en altura y diámetro basal de las especies heliófitas, escaliófitas y hemieliófitas evaluadas en los tratamientos con restauración ecológica T2 y T4.**

Tomando en cuenta los tratamientos con especies plantadas por la restauración ecológica (T2 y T4) se evidencio que el IPH de las especies escaliófitas y heliófitas poseen estadísticamente diferencias significativas, sin embargo el grupo de especies hemieliófitas posee un patrón de similitud frente a los dos grupos de especies antes mencionados. Se contrasto que las especies heliófitas obtuvieron el mayor IPH con 36,11cm en comparación al grupo de especies hemieliófitas y escaliófitas las cuales obtuvieron un IPH de 23,47cm y 20,83cm respectivamente. En el grupo de las especies heliófitas se destacaron especies como *Ochroma pyramidale* y *Piptocoma discolor* con IPH mayores a 90 cm, en el grupo de hemieliófitas las especies *Alchornea glandulosa* y *Erythrina poeppigiana* alcanzaron los

valores más representativos en IPH, y finalmente en lo que concierne a las especies escaliófitas las especies más relevantes de este grupo fueron *Cedrela sp.* y *Sapium sp.* con 49,83cm y 40,29 respectivamente (Figura 25). El IPH de las especies plantadas agrupadas en tres gremios se lo presenta en el Anexo 15.

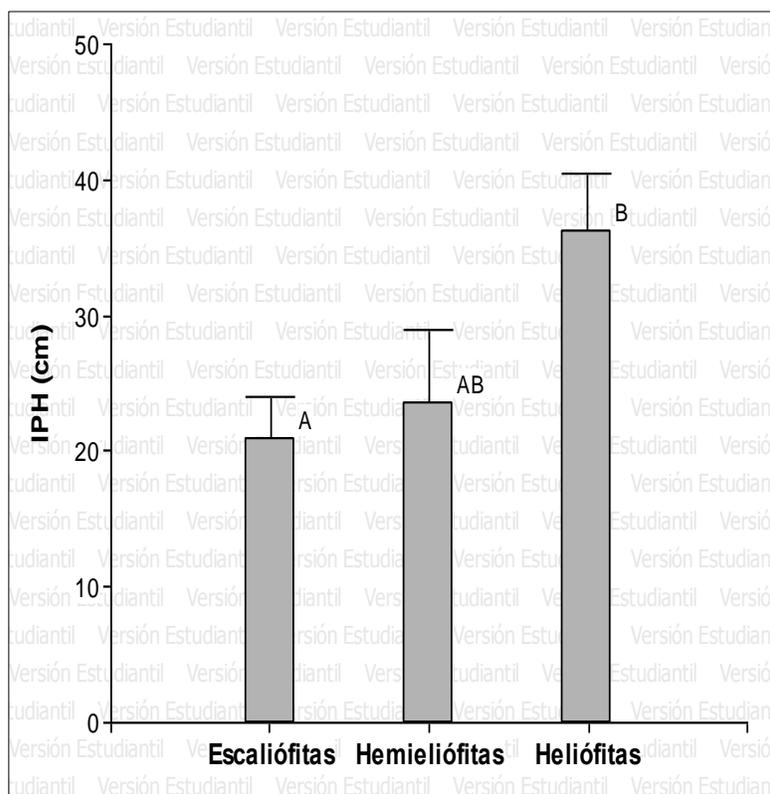


Figura 25. Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas agrupadas en tres gremios. IPH=Incremento periódico promedio en altura. Letras diferente dentro de cada categoría indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

Al analizar los grupos de especies en cada tratamiento silvicultural con especies plantadas, se pudo observar que en el T2 las especies heliófitas obtuvieron el mayor IPH con 50,02 cm seguido del grupo de las especies hemieliófitas con 34,44cm de IPH; las especies escaliófitas con 18,86cm de IPH no posee un patrón de homogeneidad de crecimiento frente a las especies heliófitas evidenciándose diferencias estadísticamente significativa entre ambos grupos, mientras que con las especies hemieliófitas no posee estadísticamente diferencias con los dos grupos de especies restantes. En lo que concierne a las especies del T4 el grupo de especies escaliófitas obtuvo los valores más representativos de IPH con

23,09cm seguido y con una diferencia poco significativa el grupo de las heliófitas con 20,27cm, y con los valores más bajos de IPH se encuentra las especies hemieliófitas con 13,34cm. No se observó diferencias significativas en los tres grupos de especies inmersas en el T4 (Figura 26).

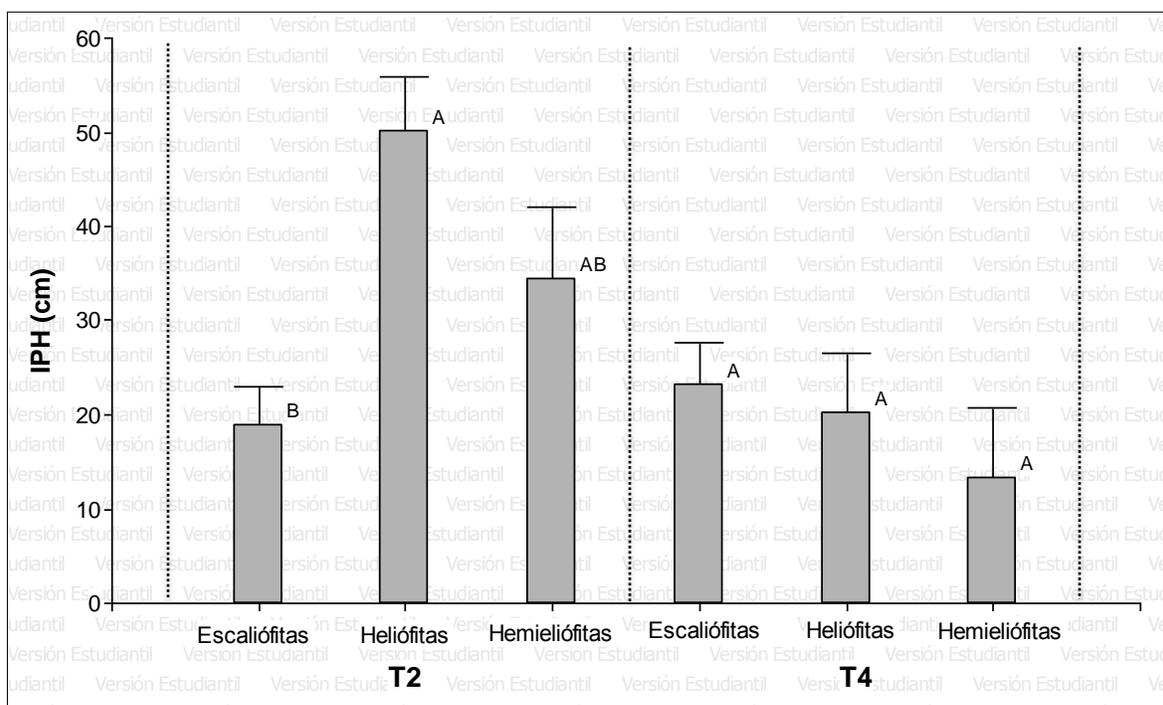


Figura 26. Incremento periódico promedio en altura de las especies plantadas en los tratamientos T2 y T4 agrupadas en tres gremios. IPH=Incremento periódico promedio en altura. T2=Pastos + Plantación y T4=Luzara + Plantación. Letras diferente dentro de cada categoría indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p>0,05$ ).

En lo que corresponde al IPD de las especies plantadas, se evidencio nuevamente que las especies heliófilas obtuvieron el valor más alto en IPD con 0,46cm, seguido de las especies hemieliófitas con 0,32cm y escaliófitas con 0,23 de IPD. Estadísticamente existe un grado de homogeneidad de crecimiento de las especies hemieliófitas con los dos grupos restantes, sin embargo el grupo de especies escaliófitas no poseen ningún patrón de uniformidad de crecimiento frente al grupo de especies heliófitas. Eexisten especies Heliofilas que se destacaron por obtener los mayores IPD como *Ochroma pyramidale* y *Piptocoma discolor* las mismas que alcanzaron un IPD de 1,58cm y 1,06 cm respectivamente, en las especies hemieliófitas corresponde los valores más altos de IPD a *Erythrina poeppigiana* y

*Alchornea glandulosa* sobrepasando los 0,50cm, mientras que en el grupo de escaliófitas se encuentran *Wettinia sp.* y *Cedrela sp.* con IPD de 0,65cm y 0,62cm (Figura 27). El IPD de las especies plantadas agrupadas en tres gremios se lo presenta en el Anexo 15.

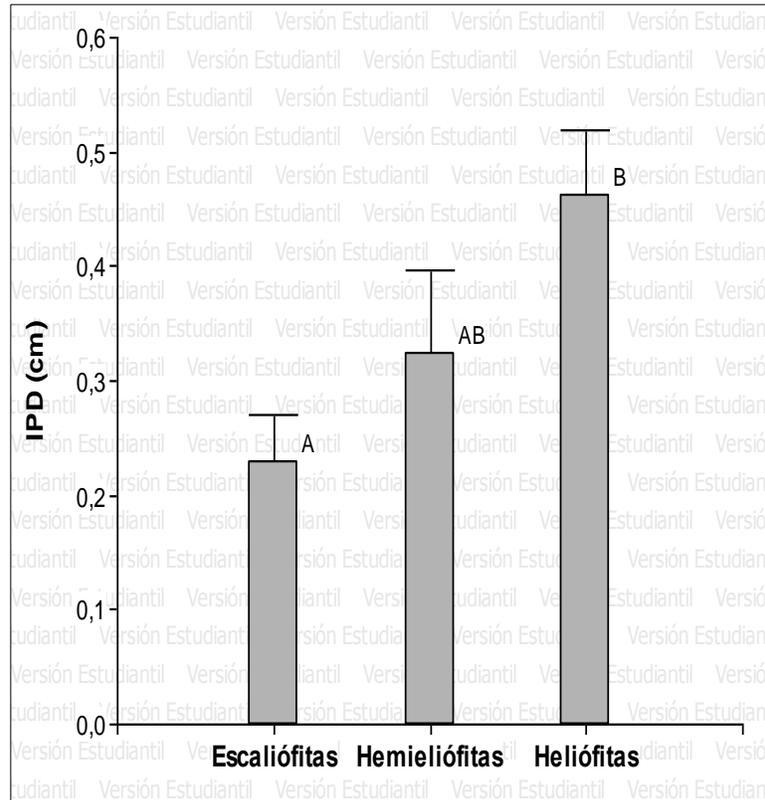


Figura 27. Incremento periódico promedio en diámetro basal de las especies plantadas agrupadas en y tres gremios. IPD=Incremento periódico promedio en diámetro. Letras diferentes dentro de cada categoría indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p>0,05$ ).

El ANOVA indicó que en el T2 existen diferencia significativa entre el grupo de las especies heliófitas y escaliófitas mientras que las especies hemieliófitas no poseen estadísticamente diferencia con dos grupo de especies antes mencionadas. En este tratamiento se observó que especies heliófitas obtuvieron el mayor IPD con 0,65cm seguido del grupo de las especies hemieliófitas con 0,45cm y de las especies escaliófitas con 0,22cm de IPD. En lo que concierne a las especies del T4 se evidencio que existe un patrón de crecimiento homogéneo verificando que no existe diferencia estadísticas significativas entre cada grupo de especies. El grupo de especies heliófitas obtuvo 0,24 cm de IPD, el grupo escaliófitas obtuvo 0,23cm y el grupo de especies escaliófitas alcanzó de 0,22cm de IPD (Figura 28).

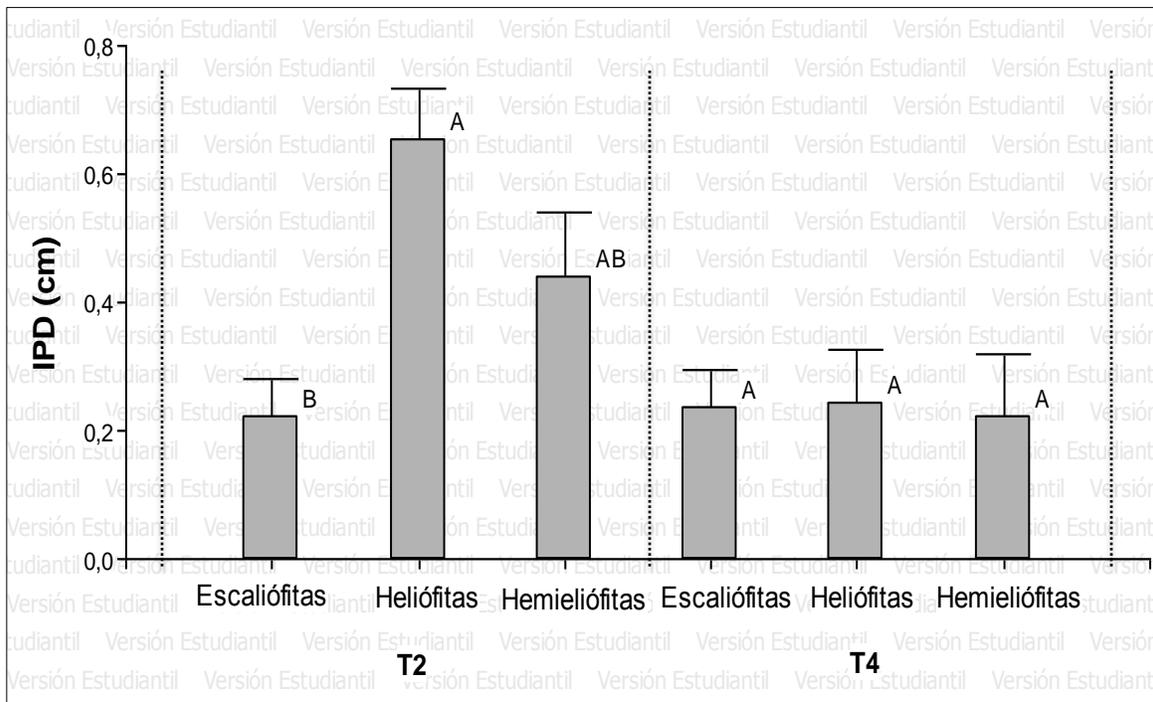


Figura 28. Incremento periódico promedio en diámetro de las especies plantadas en los tratamientos T2 y T4 agrupadas en y tres gremios. IPD=Incremento periódico promedio en diámetro. T2=Pastos + Plantación y T4=Luzara + Plantación. Letras diferente dentro de cada categoría indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p > 0,05$ ).

#### 4.1.5 Dinámica poblacional de las especies de los tratamientos silviculturales

##### 4.1.5.1 Mortalidad y reclutamiento de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silviculturales

En lo que concierne a la tasa de mortalidad ( $T_m$ ) de las especies de regeneración de cada tratamiento silvicultural se registraron un total de 581 individuos en la primera medición, pasado 6 meses se evaluaron los mismos individuos donde se registraron 19 individuos muertos entre todos los tratamientos. El tratamiento T3 con 11,62 % es el tratamiento con mayor tasa de mortalidad entre tratamientos, a continuación se encuentra el T2 con 6,85 % y el T4 con 3,64 %. (Cuadro 23).

Cuadro 23. Tasa de mortalidad de las especies de regeneración natural de cada tratamientos silviculturales.

| Tratamientos                    | # ind/inventariados<br>1 <sup>ra</sup> medición | # ind/muertos<br>2 <sup>da</sup> medición | Tasa de mortalidad<br>(Tm%) |
|---------------------------------|---|---|-----------------------------|
| <b>Luzara (T3)</b>              | 140   | 10  | 11,62                       |
| <b>Pastos + Plantación (T2)</b> | 72  | 3   | 6,85                        |
| <b>Luzara + Plantación (T4)</b> | 91  | 2   | 3,64                        |
| <b>Bosque (T5)</b>              | 181   | 3   | 2,75                        |
| <b>Pastos (T1)</b>              | 97  | 1   | 1,71                        |
| <b>Total</b>                    | 581   | 19  |                             |

En el cuadro 24 se presenta la tasa de mortalidad (Tm) de las especies que presentaron individuos muertos en las parcelas de cada uno de los tratamientos evaluados, relacionando el número de individuos inventariado en la primera medición con el número de individuos muertos registrados en la segunda medición. Se evidencia que la especie que obtuvo mayor tasa de mortalidad entre todos los tratamientos corresponde a *Vismia sp.* con 34,22% correspondiente al tratamiento T3, mientras que la especie *Miconia astroplocama* perteneciente al T2 posee la tasa de mortalidad más baja (4,24%) en comparación a las demás especies de los tratamientos evaluados.

Cuadro 24. Tasa de mortalidad de las especies de regeneración natural que registraron individuos muertos en un periodo de 6 meses en de cada tratamientos silvicultural.

| Tratamientos                    | Nombre científico             | # ind/sp<br>(1 <sup>ra</sup> medición) | # ind muertos/sp<br>(2 <sup>da</sup> medición) | Tasa de Mortalidad<br>(%) |
|---------------------------------|-------------------------------|--|--|---------------------------|
| <b>Pastos (T1)</b>              | <i>Vismia sp.</i>             | 20                                     | 1  | 8,19                      |
| <b>Pastos + Plantación (T2)</b> | <i>Psidium guajava</i>        | 11                                     | 1  | 14,69                     |
|                                 | <i>Miconia astroplocama</i>   | 39                                     | 1  | 4,24                      |
| <b>Luzara (T3)</b>              | <i>Miconia astroplocama</i>   | 34                                     | 3  | 14,27                     |
|                                 | <i>Vismia sp.</i>             | 9                                      | 2  | 34,22                     |
|                                 | <i>Miconia dodecandra</i>     | 31                                     | 2  | 10,52                     |
|                                 | <i>Siparuna sp.</i>           | 5                                      | 1  | 31,06                     |
|                                 | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 6                                      | 1  | 26,20                     |
|                                 | <i>Alchornea glandulosa</i>   | 10                                     | 1  | 16,10                     |
| <b>Luzara + Plantación (T4)</b> | <i>Vismia sp.</i>             | 15                                     | 2  | 21,22                     |
|                                 | <i>Miconia astroplocama</i>   | 33                                     | 1  | 5,00                      |
| <b>Bosque (T5)</b>              | <i>Pouroma sp.</i>            | 10                                     | 1  | 16,10                     |
|                                 | <i>Pseudolmediasp.</i>        | 11                                     | 1  | 14,69                     |
|                                 | <i>Ormosia sp.</i>            | 9                                      | 1  | 17,82                     |
| <b>Total</b>                    |                               |  | <b>19</b>                                      |                           |

En lo que respecta a la tasa de reclutamiento de los nuevos individuos ingresados en cada tratamiento silvicultural, se contabilizaron 66 individuos nuevos entre todos los tratamientos. El T4 con 25,98% es el tratamiento con mayor tasa de reclutamiento seguido del T2 con 24,17% y T1 con 20,12%. Los tratamientos T5 y T3 obtuvieron los menores porcentajes de tasa de mortalidad con 10,92% y 8,85% respectivamente (Cuadro 25).

Cuadro 25. Tasa de reclutamiento de las especies de regeneración natural de cada tratamientos silvicultural.

| Tratamientos                        | # ind/inventariados<br>1 <sup>ra</sup> medición | #ind/nuevos<br>2 <sup>da</sup> medición | Tasa de<br>Reclutamiento<br>(Tr%) |
|-------------------------------------|---|---|-----------------------------------|
| <b>Luzara + Plantación<br/>(T4)</b> | 109   | 18                                      | 25,98                             |
| <b>Pastos + Plantación<br/>(T2)</b> | 85  | 13                                      | 24,17                             |
| <b>Pastos<br/>(T1)</b>              | 111   | 14                                      | 20,12                             |
| <b>Bosque<br/>(T5)</b>              | 194   | 13                                      | 10,92                             |
| <b>Luzara<br/>(T3)</b>              | 148   | 8                                       | 8,85                              |
| <b>Total</b>                        | <b>581</b>                                      | <b>66</b>                               |                                   |

En el cuadro 26 se presenta la tasa de reclutamiento (Tr%) de las especies que presentaron individuos nuevos en las parcelas de cada uno de los tratamientos evaluados, tomando en cuenta el número de individuos inventariado en la primera medición con el número de individuos nuevos registrados en la segunda medición. Se evidencio que las especies *Vismia sp.* del T2 y *Casearia sp.* perteneciente al T4 son especies que obtuvieron el mayor número de individuos nuevos encontrándose también con una tasa de mortalidad alta en comparación a las demás especies evaluadas de cada tratamiento. *Graffenrieda cucullata* correspondiente al T1 es otra de las especies que presento el mayor número de individuos nuevos aunque la tasa de mortalidad no es la más relevante.

Cuadro 26. Tasa de reclutamiento de las especies de regeneración natural que registraron individuos nuevos en cada tratamiento silvicultural.

| Tratamientos                            | Nombre científico             | # ind/sp<br>(1 <sup>ra</sup> medición) | Ingresos<br>(2 <sup>da</sup> medición) | Tasa de reclutamiento<br>(Tr%) |
|---|-------------------------------|--|--|--------------------------------|
| <b>Pastos<br/>(T1)</b>                  | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 35                                     | 7                                      | 26,20                          |
|   | <i>Vismia sp.</i>             | 20                                     | 4                                      | 26,20                          |
|   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 26                                     | 2                                      | 11,62                          |
|   | <i>Psidium guajava</i>        | 4                                      | 1                                      | 31,06                          |
| <b>Pastos + Plantación<br/>(T2)</b>     | <i>Vismia sp.</i>             | 9                                      | 7                                      | 61,67                          |
|   | <i>Psychotria sp.</i>         | 1                                      | 2                                      | 83,98                          |
|   | <i>Siparuna sp.</i>           | 3                                      | 2                                      | 57,32                          |
|   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 39                                     | 1                                      | 4,13                           |
|   | <i>Alchornea glandulosa</i>   | 0                                      | 1                                      | 100,00                         |
| <b>Luzara<br/>(T3)</b>                  | <i>Miconia dodecandra</i>     | 31                                     | 3                                      | 14,27                          |
|   | <i>Inga sp.</i>               | 3                                      | 2                                      | 57,32                          |
|   | <i>Ladenbergia sp.</i>        | 20                                     | 1                                      | 7,81                           |
|   | <i>Ocotea sp.</i>             | 3                                      | 1                                      | 38,09                          |
|   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 34                                     | 1                                      | 4,72                           |
| <b>Luzara +<br/>Plantación<br/>(T4)</b> | <i>Caseariasp.</i>            | 9                                      | 7                                      | 61,67                          |
|   | <i>Miconia astroplocama</i>   | 33                                     | 6                                      | 24,30                          |
|   | <i>Clusia sp.</i>             | 3                                      | 3                                      | 68,50                          |
|   | <i>Graffenrieda cucullata</i> | 8                                      | 1                                      | 17,82                          |
|   | <i>Alchornea glandulosa</i>   | 1                                      | 1                                      | 68,50                          |
| <b>Bosque<br/>(T5)</b>                  | <i>Ormosia sp.</i>            | 9                                      | 3                                      | 38,09                          |
|   | <i>Pseudolmediasp.</i>        | 11                                     | 2                                      | 24,30                          |
|   | <i>Inga sp.</i>               | 51                                     | 2                                      | 6,21                           |
|   | <i>Pouroma sp.</i>            | 10                                     | 1                                      | 14,69                          |
|   | <i>Psychotria sp.</i>         | 5                                      | 1                                      | 26,20                          |
|   | <i>Garcinia sp.</i>           | 7                                      | 1                                      | 19,95                          |
|   | <i>Annona sp.</i>             | 1                                      | 1                                      | 68,50                          |
|   | <i>Chrysoclamis sp.</i>       | 3                                      | 1                                      | 38,09                          |
|   | <i>Matayba sp.</i>            | 0                                      | 1                                      | 100,00                         |
| <b>Total</b>                            |                               |  | <b>66</b>                              |                                |

#### 4.1.5.2 Mortalidad de las especies plantadas de los tratamientos silviculturales T2 y T4 en un periodo de 6 meses.

Tomando en cuenta todas las especies plantadas de los tratamientos silviculturales con trabajos de restauración se evidencio que existieron 51 individuos muertos entre T2 y T4. El tratamiento con mayor porcentaje de mortalidad es el T2 con 30,41% debido principalmente a que de los 179 individuos evaluados en la primera medición 35 han muerto en un periodo de 6 meses, seguido del T4 con un porcentaje de mortalidad de 17,47% resultado de los de 16 individuos muertos de un total de 147 evaluados en la primera medición (Figura 29).

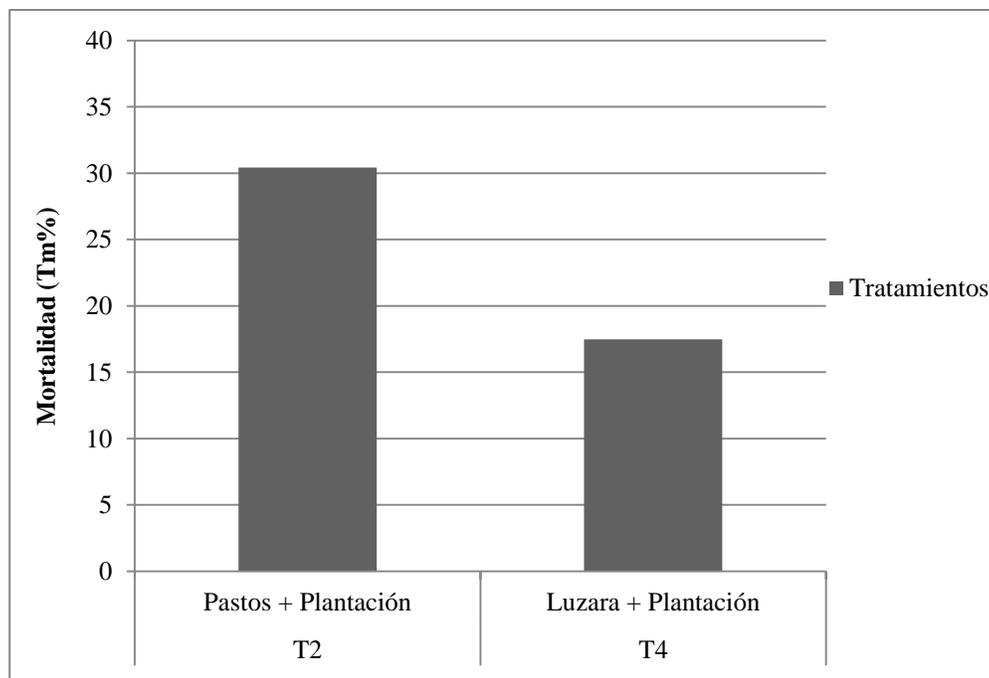


Figura 29. Tasa de mortalidad de las especies plantadas en los tratamientos silviculturales T2 y T4.

En el Cuadro 27 se describe la tasa de mortalidad de las especies plantadas en los tratamientos T2 y T4 muestra que la especie *Cordia alliodora* perteneciente al T2 posee el mayor número de individuos muertos frente a las demás especies evaluadas entre los dos tratamientos. Las especies *Cedrela sp* perteneciente al Tratamiento Pastos + Plantación (T2) he *Inga sp.* del tratamientos Luzara + Plantación (T4) son las especies que mejor respuesta han obtenido a los trabajos de restauración debido ya que no obtuvieron individuos muertos en los 15 individuos plantados en cada especie.

Cuadro 27. Tasa de mortalidad de las especies plantadas que obtuvieron individuos muertos en los tratamientos silviculturales con restauración ecológica.

| Tratamiento                     | Nombre científico          | # ind/sp (1 <sup>ra</sup> medición) | Muertos (2 <sup>da</sup> medición) | Tasa de mortalidad (Tm%) |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| <b>Pastos + Plantación (T2)</b> | <i>Cordia alliodora</i>    | 18                                  | 8                                  | 62,46                    |
|                                 | <i>Parkia sp.</i>          | 7                                   | 3                                  | 60,65                    |
|                                 | <i>Huerteia glandulosa</i> | 17                                  | 3                                  | 27,65                    |
|                                 | <i>Ochroma pyramidale</i>  | 6                                   | 2                                  | 49,12                    |
|                                 | <i>Piptocoma discolor</i>  | 10                                  | 2                                  | 31,06                    |
|                                 | <i>Tabebuia sp.</i>        | 10                                  | 2                                  | 31,06                    |
|                                 | <i>Matayba sp.</i>         | 5                                   | 2                                  | 57,32                    |

|                                     |                              |    |           |        |
|-------------------------------------|------------------------------|----|-----------|--------|
|                                     | <i>Ceiba sp.</i>             | 2  | 1         | 68,50  |
|                                     | <i>Siparuna sp.</i>          | 1  | 1         | 100,00 |
|                                     | <i>Sapium sp.</i>            | 2  | 1         | 68,50  |
|                                     | <i>Clarisia racemosa</i>     | 5  | 1         | 31,06  |
|                                     | <i>Inga sp.</i>              | 13 | 1         | 12,49  |
|                                     | <i>Clusia sp.</i>            | 1  | 1         | 100,00 |
|                                     | <i>Pouteria sp.</i>          | 3  | 1         | 49,12  |
|                                     | <i>Aspidosperma sp.</i>      | 3  | 1         | 49,12  |
|                                     | <i>Schefflera sp.</i>        | 2  | 1         | 68,50  |
|                                     | <i>Croton lechleri</i>       | 5  | 1         | 31,06  |
|                                     | <i>Terminalia amazonia</i>   | 3  | 1         | 49,12  |
|                                     | <i>Erythrina poeppigiana</i> | 6  | 1         | 26,20  |
|                                     | <i>Zigia sp.</i>             | 2  | 1         | 68,50  |
| <b>Luzara + Plantación<br/>(T4)</b> | <i>Tabebuia sp.</i>          | 15 | 3         | 31,06  |
|                                     | <i>Cordia alliodora</i>      | 17 | 3         | 27,65  |
|                                     | <i>Cecopria sp.</i>          | 4  | 2         | 68,50  |
|                                     | <i>Parkia sp.</i>            | 20 | 2         | 16,10  |
|                                     | <i>Ocotea sp.</i>            | 16 | 2         | 19,95  |
|                                     | <i>Huertea glandulosa</i>    | 9  | 2         | 34,22  |
|                                     | <i>Erythrina poeppigiana</i> | 2  | 1         | 68,50  |
|                                     | <i>Sapium sp.</i>            | 2  | 1         | 68,50  |
| <b>Total</b>                        |                              |    | <b>51</b> |        |

## 4.2 Identificación de la Influencia de la Restauración Ecológica Sobre las Propiedades Químicas del Suelo.

Para cumplir con este objetivo se analizó en cada muestra de suelo el pH, la cantidad de materia orgánica (Mg) y macronutrientes esenciales en el crecimiento de las plantas, como Nitrógeno (N) Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

Los niveles de interpretación de análisis de suelo se lo realizo en base al Dpto. de manejo de suelos y aguas de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP.

### 4.2.1 Análisis estadísticos del pH, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes encontrados en los suelos de cada tratamiento silvicultural.

#### 4.2.1.1 Acidez del suelo (pH) de cada tratamiento silvicultural.

Con los resultados obtenidos de los análisis químicos se evidencia que el tratamiento que alcanzó los valores más representativos en cuanto a pH corresponde al T2 con un promedio de 5,30 y con una diferencia relativamente baja respecto al pH 5,5, en el cual se optimiza el desarrollo de las plantas por la neutralización de la acidez y la reducción de la toxicidad del

aluminio  $Al^{3+}$ . Seguido se encuentra el tratamiento T1 con 5,17 y el T4 con 4,9. Los tratamientos con los pH más bajos corresponden al T5 y T3 los mismos que obtuvieron valores de 4,87 y 4,73, respectivamente (Figura 30).

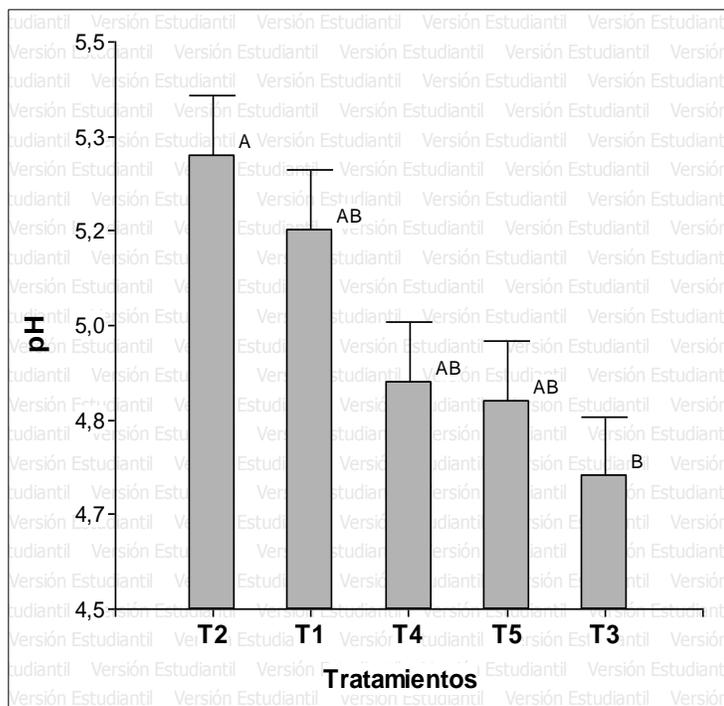


Figura 30. Acidez del suelo de cada tratamiento silvicultural. T1= Pasto, T2=Pastos + Plantación, T3= Luzara, T4=Luzara + Plantación y T5= Bosque. Letras diferente dentro de cada categoría indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p>0,05$ ).

El pH es principalmente un indicador, mediante el cual se determina el grado de acidez o alcalinidad de un suelo, es importante saber que un suelo de bajo pH, es decir ácido o con un pH alto o básico no presenta las condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas.

Tomando en cuenta estas observaciones y contrastando el pH del T2 con el crecimiento de las especies de regeneración natural, se evidencia que dicho tratamiento posee el mayor crecimiento en altura, corroborándose que existe una relación directa entre el pH del suelo del T2 con el crecimiento de las especies de regeneración natural evaluadas en el mismo tratamiento. De igual manera los tratamientos que poseen el pH más bajo (T3 y T5), se ubican en el rango de muy ácido y son los tratamientos que alcanzaron los valores más bajos de IPH en las especies de regeneración natural.

Comparando el pH del suelo de las especies plantadas en los tratamientos T2 y T4 con el IPH de dichas especies, se determinó nuevamente que la relación pH con el crecimiento de las plantas es directa. El tratamiento T2 el cual obtuvo el mejor IPH de especies plantadas posee también el pH del suelo más representativo (pH=5,30) a nivel de tratamiento con especies plantadas. El T4 es el tratamiento que posee el pH menos requerido (pH=4,19), siendo también el tratamiento que alcanzó los valores más bajos en cuanto a IPH entre los dos tratamientos con especies plantadas.

#### 4.2.1.2 Porcentaje de materia orgánica (MO) disponible en cada tratamiento silvicultural.

Los análisis químicos demostraron que la mayor parte de los suelos de cada tratamiento silvicultural poseen un nivel bajo de materia orgánica, a excepción del Tratamiento T1 el cual posee un nivel de interpretación de medio. Sin embargo, estadísticamente no poseen diferencias significativas entre tratamientos. El T1 posee 3,03% de MO, seguido del T3 y T2 con 2,53 y 2,27 de MO respectivamente. Los tratamientos que con menores porcentajes de materia orgánica resultaron ser los T4 y T5 con 2,03 y 1,77 respectivamente (Figura 31).

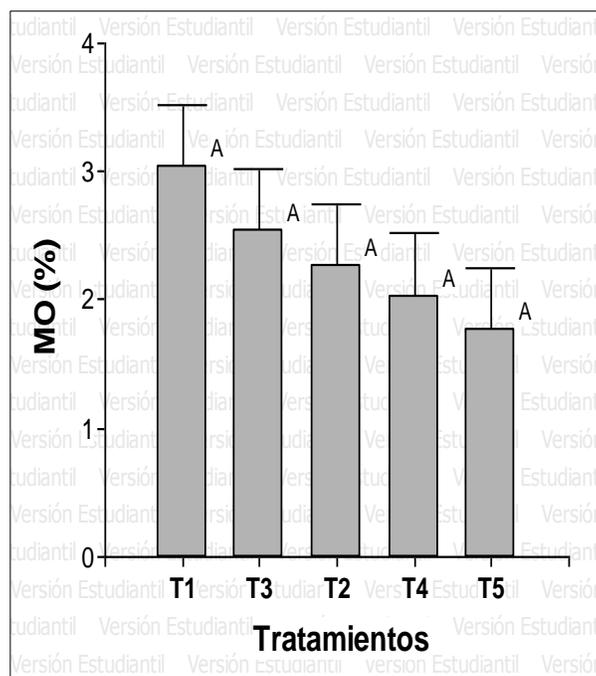


Figura 31. Contenido de materia orgánica encontrada en los suelos de cada tratamiento silvicultural. T1= Pasto, T2=Pastos + Plantación, T3= Luzara, T4=Luzara + Plantación y T5= Bosque. Letras diferentes indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p>0,05$ ).

#### 4.2.1.3 Disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas

Observando la disponibilidad de nutrientes en el suelo de cada tratamiento silvicultural se puede evidenciar que la mayor parte de los mismos se encuentra en nivel de interpretación bajo, a excepción del N que es el único nutriente que obtuvo valores altos de disponibilidad (Cuadro 28).

Cuadro 28. Disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas de cada tratamiento silvicultural. Letras diferentes indican diferencia significativa (Test Tukey,  $p>0,05$ ).

| Disponibilidad de nutriente             | Tratamiento | Promedios | Nivel de interpretación (INIAP) | 0,05>p |
|---|-------------|-----------|---------------------------------|--------|
| <b>N (ppm)</b>                          | T1          | 58,02     | Alto                            | a      |
|   | T2          | 59,98     | Alto                            | a      |
|   | T3          | 86,55     | Alto                            | a      |
|   | T4          | 69,10     | Alto                            | a      |
|   | T5          | 43,75     | Medio                           | a      |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ppm)</b> | T1          | 5,45      | Bajo                            | a      |
|   | T2          | 13,22     | Bajo                            | a      |
|   | T3          | 13,07     | Bajo                            | a      |
|   | T4          | 8,36      | Bajo                            | a      |
|   | T5          | 6,31      | Bajo                            | a      |
| <b>K<sub>2</sub>O (ppm)</b>             | T1          | 23,95     | Bajo                            | a      |
|   | T2          | 61,45     | Bajo                            | a      |
|   | T3          | 27,70     | Bajo                            | a      |
|   | T4          | 33,83     | Bajo                            | a      |
|   | T5          | 32,21     | Bajo                            | a      |
| <b>Ca disp. (meq/100 ml)</b>            | T1          | 0,08      | Bajo                            | a      |
|   | T2          | 0,30      | Bajo                            | a      |
|   | T3          | 0,04      | Bajo                            | a      |
|   | T4          | 0,14      | Bajo                            | a      |
|   | T5          | 0,01      | Bajo                            | a      |
| <b>Mg disp. (meq/100 ml)</b>            | T1          | 0,07      | Bajo                            | a      |
|   | T2          | 0,22      | Bajo                            | a      |
|   | T3          | 0,06      | Bajo                            | a      |
|   | T4          | 0,17      | Bajo                            | a      |
|   | T5          | 0,28      | Bajo                            | a      |

Los tres principales nutrientes para el crecimiento de las plantas (N, P, K) son los que permiten el crecimiento de las hojas, tallos y raíces, además de permitir que las plantas resistan a enfermedades comunes en la etapa de desarrollo. Dos de estos nutrientes esenciales (P y K) al igual que el Ca y Mg se encuentran, de acuerdo a la interpretación de los análisis químicos en cantidades bajas, evidenciándose que los nutrientes disponibles en el suelo de cada tratamiento silvicultural pueden estar afectando el crecimiento y desarrollo de las especies regeneradas y plantadas a causa de los distintos procesos antrópicos que afectaron a los suelos de las zonas investigadas.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Comportamiento de las especies de Regeneración Natural de los Tratamientos Silviculturales instalados en la Reserva de Jamboe.

Una de las bases fundamentales del manejo sostenible de los bosques tropicales, es el mantenimiento de la regeneración natural (Leigue, 2011). Esta forma de manejo requiere que las especies aprovechadas, regeneren de forma natural para mantener sus poblaciones y asegurar la futura productividad del bosque (Mostacedo y Fredericksen, 1999; Leigue, 2011). Sin embargo investigaciones científicas han corroborado los supuestos de que los bosque tropicales mantienen ecosistemas altamente diversos y extremadamente frágiles, que son fragmentados por el cambio de uso de suelo y por un sistema de manejo forestal inadecuado (Muñoz *et al.*, 2013).

En la zona de estudio se evidenció que los procesos de regeneración natural suelen encontrarse con una serie de barreras que alteran su dinámica. Concordando con López y Martínez (2011), y Bedoya *et al.* (2010), estos procesos se asocian con factores ecológicos y ambientales como carencia de nutrientes a causa de la compactación del suelo por intervenciones antrópicas, competencia con plantas invasoras (en especial con pastos), bajos niveles de dispersión y colonización de la vegetación natural.

Precisando en los resultados obtenidos en esta investigación se evidenció que el mayor porcentaje de regeneración natural y diversidad de especies se encontró en áreas donde no ha existido, por varias décadas, intervención antrópica o pastoreo de ganado. Estas áreas corresponden a los tratamientos T5 (Bosque) con 194 individuos representados en 33 especies, y T3 (Luzara) con 148 individuos representados en 18 especies. Estos resultados van en línea con Castillo y Cueva (2006) y Bedoya *et al.* (2010), los cuales indican que existe mayor regeneración natural de especies en terrenos donde el uso del suelo no ha sido muy intervenido ni ha existido aprovechamiento maderero, por lo que sobrevive la mayor parte de la regeneración natural.

Incluso Repetto y Taneb (2012) en un estudio realizado en regeneración natural en sistemas alterados en Chile, menciona en su investigación que los ecosistemas boscosos que han presentado un nivel de intervención antrópica en décadas anteriores contienen mayor

cobertura y riqueza de especies en comparación a otros ecosistemas que han sido destruido totalmente en años recientes, lo que podría deberse a la mayor complejidad de estratos que presenta el bosque, mayor lluvia de semillas, o las condiciones ambientales que pueda generar el ecosistema circundante.

Los tratamientos inmersos en áreas que presentaron en años recientes una gran perturbación antrópica y pastoreo de ganado (T1, T2 y T4), obtuvieron porcentajes menores de regeneración natural y de diversidad de especies frente a los tratamientos que se encontraban en zonas más recuperadas (T3 y T5). Comparando lo expuesto con los resultados de Bedoya *et al.* (2010) en un estudio realizado al Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales, menciona que esta baja diversidad de especies está asociada principalmente, a que tierras deforestadas y con uso intenso (agricultura industrial, pastoreo), están compuestas en su mayoría de especies de tipo herbáceo o pastos, las cuáles pueden llegar a privar el crecimiento y disminuir la supervivencia de las especies leñosas importantes.

La mayor parte de las especies de regeneración natural de todos los tratamientos T1, T2, T3 y T4 son especies pioneras características de un ecosistemas de transición. Concordando con López y Martínez (2011), esto se debe principalmente a que la mayor parte de regeneración natural en un sitio esta colonizada por especies pioneras que se adaptan a condiciones medio ambientales poco exigentes, además la acumulación de semillas de especies pioneras es muy dinámico, ya que semillas recién dispersas pueden reponer continuamente las semillas que se han perdido a través de la mortalidad o la germinación.

Las especies pioneras de regeneración natural que mayores individuos registraron fueron: *Miconia astroplocama*, *Graffenrieda cucullata*, *Vismia sp.*, *Inga sp.*, *Miconia dodecandra* y *Ocotea sp.* entre las cuales abarcan 419 individuos (65%) de los 647 registrados en todos los tratamientos silviculturales con especies de regeneración natural. Evidenciándose que las especies pioneras características de toda la zona de estudio son las especies que se desarrollan en terrenos perturbados, ya sea por la adaptabilidad de estas especies o por la gran cantidad de semillas regeneradas.

Al observar las especies de regeneración natural encontradas principalmente en los tratamientos con pastizales, se puede comprobar que son especies que no poseen un alto valor comercial o de importancia maderera. Estos resultados se relacionan con los resultados de Aguirre (2007) quien analizó un estudio en la selva tropical de montaña de la región del Sur Ecuador, donde encontró que en un ecosistema de pastos no existe suficiente regeneración natural de especies arbóreas de alto valor para lograr una masa forestal satisfactoria. Al igual que Wadsworth (2000) que menciona que los bosques procedentes de la regeneración natural de las tierras tropicales degradadas, contienen sólo unos pocos árboles con valores comerciales.

Hernández *et al.* (2012) en un estudio de dispersión de semillas en México menciona que, las zonas con poco tiempo de abandono luego de intensos procesos antrópicos, presentan una fase de reclutamiento principalmente de especies pioneras que pueden competir con el pasto exótico y los helechos invasores que dominan muchas de estas áreas, sin embargo, se espera que con el paso del tiempo se generen las condiciones para que se dé el reemplazo florístico de especies arbóreas de alto valor.

Según López y Martínez (2011) en un estudio realizado al banco de semillas en pastizales tropicales abandonados, hace referencia en su investigación que los pastos estudiados fueron a distancias desde 25 hasta 250 m (más allá de 10 a 25 m del borde del bosque la densidad de semillas tiende a ser marginal) de los fragmentos de bosque, concluyendo que la baja densidad del banco de semillas del suelo de las especies pioneras fue probablemente por la gran distancia de los pastos a los remanentes de bosque, influyendo a un bajo número de semillas dispersadas. Comparando estos resultados con los obtenidos en esta investigación, se puede decir que la distancia entre el bosque o luzara y los tratamientos con pastizales (T1, T2, T4) poseen una cercanía considerable (30 a 50m), por tal razón la dispersión de semillas en estos tratamientos fue considerable, denotándose la gran cantidad de regeneración natural principalmente de especies pioneras en cada tratamiento.

### **5.1.1 Crecimiento de las Especies de Regeneración Natural de cada Tratamiento Silvicultural**

Se confirmó que el crecimiento de las plantas se ve relacionado con la competencia de luz, disponibilidad de agua y minerales, capacidad de fotosintética y niveles de depredación (Mostacedo y Fredericksen, 2001). Además Según Muñoz y Jaramillo (2009) menciona que los efectos que puede ocasionar la aplicación de trabajos silviculturales en especies vegetales se evidencian en parámetros como la altura y el crecimiento en diámetro basal.

El IPH más representativo de los tratamientos con especies de regeneración natural corresponde al T2 y T4, esto se atribuye a que, alrededor de estos tratamientos existen especies plantadas por la restauración ecológica, que al realizarles los debidos trabajos silviculturales indirectamente se está abriendo claros y haciendo manejo de especies invasoras cerca o dentro de las subparcelas de regeneración natural. Estos resultados van de la mano con los resultados de Muñoz y Jaramillo (2009) en un estudio de regeneración natural en el bosque tropical de montaña de la ECSF donde obtuvieron mejores resultados de crecimiento en un bosque donde hubo una apertura del dosel para el mayor ingreso luz lo cual hizo que aumente la densidad de especies de regeneración natural así como también un mayor crecimiento de las mismas.

Macairo *et al.* (1995) por los resultados obtenido en un estudio de regeneración natural en zonas perturbadas, argumenta también que el crecimiento en altura se debe principalmente al ingreso de luz a las especies encontradas en la parte baja de un ecosistema. Contrastando con los resultados del IPH del T1 el cual es el tratamiento con un ecosistema de pasturas abandonadas, donde el ingreso de luz es del 100% no se cumple estos argumentos, esto se ve afectado porque en este tipo de ecosistemas de pasturas abandonados está compuesto en su mayoría de especies de tipo herbáceo, arbustos heliófitos y pastos foráneos, las cuáles pueden llegar a inhibir el crecimiento de las especies leñosas del lugar en estudio (Bedoya *et al.*, 2010).

Tomando en cuenta los estudios antes mencionados y de acuerdo a los resultados obtenidos del IPH de las especies de regeneración natural de los tratamientos T3 y T5, se evidencia que el factor más limitante para el desarrollo de las especies arbóreas es la cantidad de luz que estas reciben (Muñoz y Jaramillo, 2009) a más de la absorción de nutrientes esenciales del suelo.

Se puede evidenciar que los tratamientos T3 y T5 poseen el IPH más bajo a nivel de todos los tratamientos, estos resultados se deben a que la vegetación característica donde se encuentran estos tratamientos (T3 y T5) son ecosistemas en los cuales existe gran cantidad de vegetación arbórea y arbustiva con alturas que van de 5m a 20m lo que impide que el ingreso de luz llegue a las especies que se encuentran en los primeros estadios de desarrollo (regeneración natural).

Las especies que alcanzaron el mejor IPH a nivel de los tratamiento silvicultural de regeneración natural fueron: *Heliocarpus americanus* con 86,25 y *Piptocoma discolor* con 77,13cm de IPH, especies heliófitas que se desarrollan en claros o en lugares donde poseen un ingreso de luz considerable.

En los que corresponde al IPD, el ANOVA indico que existe una diferencia significativa entre los tratamientos silviculturales. En los tratamientos que alcanzaron los mayores IPD (T1, T2 y T4) se encontraron especies que sobrepasaban los 2 metros de altura, especialmente en el T1. Haciendo referencia lo mencionado con los resultados de Muñoz y Jaramillo (2009) quien manifiesta que las especies de regeneración natural presentaron mayor crecimiento periódico anual en las plantas superiores a los 200cm de altura y ratifica que las plantas en los primeros estadios se desarrollan primero en altura hasta alcanzar posiciones importante en el dosel del bosque. Por otro lado Lamprecht (1990) corrobora que cuando la regeneración ha alcanzado posiciones de dominancia o codominancia, detienen su crecimiento en altura para dar paso al desarrollo en otras variables como diámetro y ampliación de copas.

Cabe mencionar que los tratamientos con menores valores de IPD (P3 y P5) en gran parte, también obtuvieron especies que alcanzaron un crecimiento en altura considerable, a pesar de ello, como se lo menciono anteriormente, la competencia entra las mismas especies por

sobrevivir y por alcanzar los mejores niveles de luz y de absorción de nutrientes no permiten que las especies se desarrollen adecuadamente.

Las especies que alcanzaron el mejor IPD a nivel de los tratamientos silviculturales de regeneración natural nuevamente corresponde a las especies que obtuvieron los mejores IPH, estas especies son *Heliocarpus americanus* con 1,42cm y *Piptocoma discolor* 1,13 de IPD. Corroborándose que las especies que se ven expuestas a la luz poseen un mejor desarrollo en cuanto crecimiento en altura como en diámetro.

### **5.1.2 Mortalidad y reclutamiento de las especies de regeneración natural**

Después de un periodo de 6 meses se encontró que la tasa de mortalidad así como la tasa de reclutamiento, obtuvieron diferentes comportamientos en cada tratamiento silvicultural. En lo que concierne a la tasa de mortalidad (Tm) de las especies de regeneración de cada tratamiento silvicultural se registraron 647 individuos en la primera medición, pasado 6 meses se evaluaron los mismos individuos donde se registraron 19 individuos muertos entre todos los tratamientos. El T3 con 11,01 % (10 muertos) es el tratamiento con mayor tasa de mortalidad entre tratamientos, a continuación se encuentra el T4 con 4,54 % (3 muertos) y el T2 con 3,89 % (2 muertos). Los tratamientos con menor tasa de mortalidad son los tratamientos T5 (3 muertos) y T1 (1 muerto) con 2,56 % y 1,50% respectivamente.

Muñoz *et al.* (2012) menciona que la aparición de especie de pastos o arbustos afecta negativamente la sobrevivencia de la regeneración avanzada de especies arbóreas en los claros. Acorde a los resultados obtenidos en nuestra investigación se puede verificar que en casi todos los tratamientos silviculturales (a excepción del T5) no se registraron especies arbóreas importantes, ya que estas especies para poder germinar correctamente requieren de condiciones medioambientales propicias para su establecimiento permanentemente.

Parra *et al.* (2011), manifiesta que las posibles causas de la baja abundancia de plántulas es la alta mortalidad de semillas viables, debido a que probablemente muchas de ellas no encuentran un ambiente propicio para la germinación en el piso del bosque o porque en la etapa siguiente después de la germinación no logran adaptarse a las condiciones del medio ambiente. Tomando en cuenta el número total de individuos registrados en la primera medición con los individuos nuevos en contados en la segunda medición (6 meses después)

se puede evidenciar que la tasa de mortalidad es considerablemente baja. Estos resultados se generan debido a que la regeneración natural, en casi todos los tratamientos silviculturales, se vio dominada por especies pioneras que se adaptan a condiciones ambientales poco exigentes, por tal razón se deduce que el número de individuos muertos fue poco significativa a causa de que las especies pioneras se desarrollan favorablemente en los diferentes ecosistemas de cada tratamiento silvicultural.

Por otro lado Quinto *et al.* (2009) aclara que factores ambientales como la alta precipitación y fuertes vientos pueden influir en los patrones de mortalidad (volcamiento de raíz y rompimiento del tallo) de la zona en investigación. Sin embargo, no son elementos naturales que generen mortalidades masivas (catastrófica) en un área.

En lo que respecta a la tasa de reclutamiento de los nuevos individuos ingresados en cada tratamiento silvicultural, se contabilizaron 66 individuos nuevos entre todos los tratamientos. El T4 con 22,49% (18 ind. nuevos) es el tratamiento con mayor tasa de mortalidad seguido del T2 con 21,12% (13 ind. nuevos) y Pastos (T1) con 16,96% (14 ind. nuevos). Los tratamientos T5 (13 ind. nuevos) y T3 (8 ind. nuevos) obtuvieron los menores porcentajes de tasa de mortalidad con 10,25% y 8,40% respectivamente.

El reclutamiento de especies arbóreas y la dinámica regenerativa dentro del bosque, podría ser dependiente de una combinación más compleja de factores, como pueden ser características del claro (edad, origen, tamaño, forma), abundancia de fuentes de semilla y de legados biológicos (truncos, tocones, árboles muertos en pie) y el ensamble de especies arbóreas y sus habilidades competitivas en los bosques donde ocurre el evento (Muñoz *et al.* 2012).

En estudios recientes sobre la dinámica de los bosques tropicales, se ha mencionado que las tasas de reclutamiento y mortalidad de árboles están incrementando de forma considerable en las últimas décadas, debido en gran medida a fenómenos como el cambio climático global. El reclutamiento de árboles, muestra la capacidad que tiene el bosque de recuperarse rápidamente, y mantener la estabilidad ecológica del ecosistema. No obstante, debido a que en la mayoría de los casos se analizan los árboles > 10 cm de DAP, es probable que se esté

subestimando esta variable en los bosques tropicales, pues gran parte de los procesos se manifiestan en individuos de categorías diamétricas inferiores (Quinto *et al.* 2009)

Los procesos de mortalidad, crecimiento y reclutamiento son influidos por perturbaciones, las cuales pueden operar sobre una amplia variedad de escalas temporales y espaciales; los bosques muestran una estrecha adaptación a las mismas, que se refleja en su gran capacidad de resiliencia (Ramirez *et al.* 2002). Las tasas de mortalidad y reclutamiento de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silvicultural se encuentran en balance en términos de la densidad de individuos y de biomasa aérea, por lo tanto se puede decir que los diferentes tratamientos silviculturales se encuentra en equilibrio dinámico.

## **5.2 Evaluación de las especies Plantadas por la restauración ecológica en los tratamientos Silviculturales T2 y T4 instalados en la Reserva de Jamboe.**

Con el fin de demostrar la factibilidad de restablecimiento de bosques nativos y sistemas agroforestales funcionales en pastizales degradados del valle del río Jambué, se evaluó una restauración ecológica previamente establecida en diferentes áreas degradadas a causa del mal uso del suelo y de los ecosistemas circundantes.

La recuperación de la vegetación a través de la sucesión natural puede ser considerablemente larga, especialmente cuando se afecta la estructura del suelo (Dalmasio 2010). Dada las altas tasas de deforestación en la zona de investigación y sus efectos sobre la diversidad biológica, la recuperación de la cobertura vegetal es una labor que debe afrontarse en el tiempo presente. Por tanto, conocer los factores que determinan el surgimiento en forma natural de la vegetación, permite planear y dirigir mejor los esfuerzos de restauración (Bedoya *et al.*, 2010).

Acorde a los mencionado por Vargas (2011), al igual que en otros ecosistemas recuperados, la zonas que han sido restauradas dentro y fuera del área de investigación contienen a su alrededor especies propias de la sucesión secundaria de bosques, y la presencia de un sotobosque poco diferenciado con alta abundancia de hierbas y arbustos colonizadores y una cobertura vegetal discontinua con árboles aislados de mediano porte. Caso similar se presenta en la zona de investigación con trabajos de restauración ecológica, evidenciándose que el manejo y cuidado de las especies plantadas frente a especies invasoras o poco

deseables establecidas en ecosistemas perturbados es un factor preponderante para el correcto desarrollo y la baja mortalidad de las mismas.

En la zonas de restauración ecológica se registraron un bajo número de especies leñosas de rápido crecimiento o pioneras, principalmente se encontraron especies nativas de la zona donde fueron plantadas, que al igual que Yepes y Villa (2010) en un estudio de restauración ecológica en Colombia, fueron escogidas por su importancia ecológica y maderable se las implemento con el objetivo de obtener una producción balanceada entre los diversos bienes y servicios que proveen estas especies a ecosistemas degradado y en proceso de recuperación. Además, se encontraron algunas especies arbóreas establecidas por medio de mecanismos naturales y que son propias de los estadios tempranos del proceso de sucesión secundaria.

Concordando con Martínez (2012) menciona que para cambiar el escenario deforestado no se trata simplemente de establecer árboles sino más bien recuperar la estructura y servicios ecosistemáticos, pues siguiendo el paradigma tradicional forestal de siembras con especies forestales de rápido crecimiento se reduce drásticamente el desarrollo de ecosistemas en recuperación, sugiriendo que para la recuperación de la masa vegetal se debe considerar toda la vegetación nativa existente en la zona investigada.

Al evaluar las especies plantadas por la restauración ecológica se constató que el T2 posee mayor diversidad, registrándose 179 individuos representados 38 especies, en comparación con el T4 que obtuvo 149 individuos representados en 27 especies. Cabe mencionar que en las parcelas evaluadas en el T2 el sistema de siembra de las especies plantadas fue de 2,5 x 2,5m en una sola parcelas y en las dos restantes fue de 3 x 3m, mientras que el T4 todas la parcelas evaluadas presentaron un sistema de siembra de 3 x 3m. Por tal razón el tratamiento T2 posee mayor porcentaje de individuos frente al T4.

Se determinó que las especies con mayor número de individuos plantados en el T2 corresponde a *Cordia alliodora* con 18 individuos *Huertea glandulosa* con 17 y *Cedrela sp.* con 15 individuos, en el T4 las especies con mayor número de individuos fueron *Parkia sp.* con 20 *Cordia alliodora* con 17 y *Ocotea sp.* con 16 individuos. Constatando que las especies más representativas son especies que poseen importancia ecológica y maderable.

### **5.2.1 Crecimiento de las especies Plantadas en los tratamientos Silviculturales T2 y T4**

El crecimiento de las especies vegetales maderables es imprescindible y está en función de una serie de variables biofísicas, relacionadas con la calidad de material de plantación y técnicas de manejo silvicultural (Aguirre *et al.* 2013).

Ramírez *et al.* (2009) menciona que el crecimiento generalmente es menor en las primeras fases de establecimiento de las plántulas, debido principalmente al estrés que experimentan en el proceso de adaptación y prendimiento en el lugar de plantación. Por tal razón se evidencio que en los resultados obtenidos por los análisis estadísticos demostraron que en el IPH e IPD de los tratamientos con especies plantadas T2 y T4, mantuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los dos. Esto estar relacionado al tipo de crecimiento natural de las especies (rápido o lento) así como también a que las especies que habían sido plantadas (reposición) pocas semanas antes de efectuar la primera evaluación aún se encontraban en un proceso de adaptabilidad al medio donde se encontraban plantadas, obteniendo crecimientos relativamente bajos pasado los 6 meses (segunda medición); mientras que las especies con un año de ser plantadas ya habían pasado la etapa de prendimiento por tal razón se encontraban desarrollándose de forma favorable.

Álvarez y Lara (2008) concluyeron en su estudio de crecimiento de una plantación joven en Chile, que la posición espacial de cada una de las plantas con respecto a la incidencia de la luz sobre ellas, es importante para determinar el efecto en la calidad y crecimiento de las plantas. Comparando lo antes mencionado con los resultados de nuestra investigación, el tratamiento que obtuvo las especies con mayor incremento periódico promedio en altura (IPH) es el T2 con 30,33 cm. Esto puede estar ligado a que este tratamiento silvicultural se encuentra en un área de pastizal abandonado que posee especies de regeneración natural de alturas muy bajas, por ende el ingreso de luz a las especies plantadas del T2 es mayor. Adicionalmente los trabajos silviculturales como aclareos y eliminación de maleza permitieron que se desarrollen en condiciones más propicias.

El T4 con 20,38 cm es el tratamiento con el IPH más bajo frente al T2, esta acción puede estar influenciada porque la zona donde se encuentra este tratamiento es un ecosistema de luzara donde se localizan especies de regeneración natural que sobrepasan los dos metros de altura con copas de 1 m de diámetro, por tal razón el ingreso de luz se vio más restringido a

las especies plantadas a pesar de obtener los mismo trabajos silviculturales que el T2. Los resultados de Delgado *et al.* (2003) y Muñoz *et al.* (2013) van acorde con antes mencionado, ya que recalcan que el factor luz constituyo uno de los aspectos decisorios en el crecimiento de las plantas, afectando positivamente al crecimiento y sobrevivencia de las especies leñosas.

Se observó que las especies de cada tratamiento silvicultural respondieron de manera positiva a los trabajos de restauración efectuados en cada una de las zonas evaluadas. En el T2 las especies con mayor IPH son *Ochroma pyramidale* con 98,43cm y *Piptocoma discolor* 79,41cm; en el T4 se destacaron *Piptocoma discolor* con 200,00 cm y *Sapium sp* con 71,00 cm. Cabe mencionar que la especie *Piptocoma discolor* del T2 y con una diferencia bien marcada fue la especies que presento el mayor IPH en comparación a la demás especies de ambos tratamientos.

Al Comparar las especies plantadas se pudo evidenciar que el tratamiento con mayor incremento periódico promedio (IPD) es el T2 con 0,38 cm seguido de tratamiento T4 con 0,23 cm. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el IPH, concluyendo que el T2 es el tratamiento que mantuvo los mejores incrementos en altura y diámetro en comparación al T4. El IPD de las especies plantadas reveló que existe un patrón de crecimiento en diámetro basal relativamente bajo en los tratamientos con trabajos de restauración ecológica, a excepción de la especie de importancia maderable *Ochroma pyramidale* perteneciente al T2 la cual posee un desarrollo considerable (1,58cm) frente a las demás especies del mismo tratamiento, de igual manera en el T4 la especie *Piptocoma discolor* obtuvo el mejor IPD (1,78cm) a nivel de especies de dicho tratamiento.

En base a la clasificación de los tres grupos de especies de acuerdo a la luz realizada por Aguirre *et al.* (2013), en un estudio de dinámica de crecimiento de especies forestales en Zamora Chinchipe-Ecuador, se verifico que en los tratamientos con especies plantadas por la restauración ecológica (T2 y T4) las especies heliófitas obtuvieron el mayor IPH con 36,11cm en comparación al grupo de especies hemieliófitas y escaliófitas las cuales obtuvieron un IPH de 23,47cm y 20,83cm respectivamente. En lo que corresponde al IPD de las especies plantadas, se evidencio nuevamente que las especies heliófilas obtuvieron el

valor más alto en IPD con 0,46cm, seguido de las especies hemieliófitas con 0,32cm y escaliófitas con 0,23 de IPD.

Comparando los resultados obtenidos del IPH y IPD se puede evidencia que las especies heliófitas obtuvieron los el mayor incremento en altura y diámetro, lo que se contrasta con los resultados de Aguirre *et al.* (2013) quien menciona en su investigación que las especies que se encontraron en campo abierto siempre mantuvieron el mejor crecimiento en altura y diámetro. Además, Muñoz *et al.* (2013) en su investigación en la ECSF, menciona que la especie heliófitas con mayor crecimiento fue *Piptocoma discolor* corroborando que al igual que nuestros resultados es una de las especies que mayor HPH e HPD a nivel de todas las especies plantadas que se evaluaron en los tratamientos T2 y T4.

De acuerdo a Muñoz y Jaramillo (2009) la especie *Cedrela sp.* posee mejores resultados de crecimiento en lugares donde no hay mayor ingreso de luz, lo que se verifico en nuestros resultados ya que esta especie escaliófitas obtuvo los valores más representativos de IPH y IPD a nivel de este grupo de especies.

### **5.2.2 Supervivencia y Mortalidad de las especies Plantadas en los tratamientos Silviculturales T2 y T4**

La supervivencia demuestra la adaptabilidad de las especies a las condiciones de sitio, entorno, vigorosidad de las especies y calidad de las plantas (Dubon y Sánchez, 2006). Aguirre *et al.* (2013) manifiesta que supervivencias superiores a 70% pueden ser consideradas aceptables y significa que las especies han superado el estrés de la plantación. Relacionando con nuestros resultados se encontró que el tratamiento T2 mantuvo un sobrevivencia de 80,45% mientras que el T4 presento una sobrevivencia de 89, 12% verificándose que la mayoría de especies plantadas de los dos tratamientos se encuentran en una etapa de desarrollo favorable.

El tratamiento con mayor porcentaje de mortalidad es el T2 con 35,28% debido principalmente a que de los 179 individuos evaluados en la primera medición 35 han muerto en un periodo de 6 meses, seguido del T4 con un porcentaje de mortalidad de 20,58% resultado de los de 16 individuos muertos de un total de 147 evaluados en la primera medición. El porcentaje de mortalidad del T2 puede estar asociado a que una de las parcelas

de este tratamiento se encontraba una excesiva cantidad de agua a causa de permanecer a pocos metros del río, lo que pudo haber causado la muerte de las especies plantadas ya que según Gómez (2012) los nutrientes y la humedad del suelo juega un papel preponderante para el desarrollo de especie plantadas.

*Cordia alliodora* perteneciente al T2 obtuvo el mayor número de individuos muertos frente a las demás especies evaluadas entre los dos tratamientos. Las especies *Cedrela sp* perteneciente al Tratamiento T2 y *Inga sp.* del tratamientos T4 son las especies que mejor sobrevivencia han obtenido en los trabajos de restauración debido ya que no obtuvieron individuos muertos en los 15 individuos plantados en cada especie.

### **5.3 Influencia del suelo en el crecimiento de las especies leñosas**

De acuerdo a los resultados obtenidos por los análisis químicos, se determinó que el pH del suelo de todos los tratamientos silviculturales son fuertemente ácidos y ácidos, estos resultados van en sintonía con lo mencionado por Alves y Paz (2003) en un estudio de disponibilidad de nutrientes en la región amazónica del sur del Ecuador, en donde concluye que la gran mayoría de los suelos tropicales presentan pH ácidos determinados por fenómenos de lavado intenso de los suelo como consecuencia de las altas precipitaciones que se presentan en estas zonas.

Concordando con los resultados Jiménez *et al.* (2008) en un estudio en pastizales en Zamora Chinchipe, se constató que los tratamientos que se encontraban en áreas de pastizales (T1, T2 y T4) obtuvieron un pH menos ácido frente a los tratamientos que se encontraban en zonas boscosas (T5 y T3). Según Robles (2010) en un estudio de suelos en Zamora Chinchipe estos resultados se atribuye a que, 1) las zonas de bosque que se encuentran en las partes altas generalmente por las intensas lluvias sufren un lavado de las bases hacia a las zonas bajas (pastizales) dejando a las zonas altas desprovistas de nutrientes y aumentando la fertilidad de los suelos de las partes bajas; o, 2) a que los pastizales, en la mayoría de los casos, han presentado en años recientes quemadas constantes, y como resultado se integran en el suelo grandes cantidades de residuos de cenizas las mismas que tienden a aumentar el pH.

Se pudo determinar que el pH del suelo de los tratamientos con especies plantadas posee una estrecha relación con crecimiento de las especies. Los tratamientos con especies plantadas que obtuvieron los pH más altos también obtuvieron los valores más representativos en cuanto a crecimiento. Es el caso del T2 el cual posee el mejor IPH (61,64cm) y el pH promedio más alto (5,30) acercándose y con una deferencia relativamente baja al pH 5,5, en el cual se optimiza el desarrollo de las plantas por la neutralización de la acidez y la reducción de la toxicidad del aluminio  $Al^{3+}$ . Seguido al T2, se encuentra T4 el cual es el tratamiento que obtuvo el IPH más bajo (55,38cm) así como también el pH menos representativo (4,9) entre los tratamientos evaluadas con especies plantadas.

Es preciso mencionar que al tomar en cuenta los tratamientos con especies de regeneración natural, se evidencia que los tratamientos con el pH más ácido poseen también los valores menos representativos de crecimiento, evidentemente es el caso del tratamiento T5 (bosque) el cual obtuvo un IPH de 8,32cm y un IPD de 0,11cm, siendo los valores menos representativo a nivel de tratamientos con especies de regeneración natural, esto puede atribuirse a que el T5 se encuentra en la parte más alta con respecto a los de más tratamiento, por lo tanto a mayor altitud los suelos son más ácidos y menos fértil por la disminución de las concentraciones de nutriente, lo que afecta considerablemente al crecimiento de las plantas (IPNI, 2003; Wilcke *et al.*, 2007).

Sin embargo Calle *et al.* (2011) en un estudio de suelos en la Amazonia colombiana constato que en suelos con valores muy altos de pH (alcalinos) y bajos contenidos de arena, la estructura de los individuos del dosel es menos compleja, es decir, con menor área basal, menor número de individuos y menor número de especies.

Se encontró que la mayoría de los tratamientos silviculturales poseen un porcentaje de materia orgánica no muy representativo y que además, no poseen diferencias significativas entre tratamientos. El bajo contenido de MO en los tratamientos con pasturas puede deberse según Bernal (2006) a que contienen poca acumulación de hojarasca en los suelos a causa que no existe mucha vegetación arbórea o arbustiva que integre sus hojas viejas al suelo. Sin embargo los pastizales poseen grandes cantidades de orina y estiércol que ayudan a

aumentar los porcentajes de MO, a más de estar cubiertos por pastos invasores que cubren al suelo protegiéndolo de la erosión de la capa superior (Robles 2010).

Los procesos antrópicos que ha existido en años anteriores en los tratamientos con pasturas (T1 y T2), sumado las condiciones ambientales del sitio, han permitido que los suelos sean más vulnerables a la erosión (Apezteguía y Sereno, 2002); causando que los suelos se encuentre desprovistos de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las especies (P, K, Ca y Mg) ya que la mayor cantidad de éstos se encuentra en la capa orgánica (Jimenez *et al.* 2008), la cual fue dada en años anteriores por la deforestación, la quema y el establecimiento de nuevas zonas de pasturas para el excesivo pastoreo de ganado. Como resultado, la capacidad de aireación e intercambio de nutrientes entre los suelos ha sido perturbada.

Es preciso mencionar que la disponibilidad de nutrientes de los tratamientos ubicados en pasturas (T1 y T2) es mayor que los tratamientos ubicados en luzara (T3 y T4) y bosque (T5), a causa de que la orina y el estiércol de ganado aportan ciertos nutrientes al suelo como: nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros (Robles 2010)

Cabe mencionar que los tratamientos situados en Luzaras (T3 y T4) y bosque (T5), a pesar de poseer una alta acumulación de hojarasca, la misma que es la vía de entrada principal de los nutrientes hacia el suelo (Bernal, 2006), obtuvieron niveles bajos de disponibilidad de nutrientes en el suelo, esto puede atribuirse, a que en este tipo de ecosistemas se presenta una gran eficiencia en el ciclo biogeoquímico con un rápido reciclaje de material vegetal hacia las plantas vivas, la que es procesada eficientemente por las raíces en asociación con las micorrizas haciendo que los suelos sean infértiles (Alvarado, 2004; Robles, 2010; Budler, 2010; Arboleda y Gomez, 2011)

Sánchez *et al.* (2008) en un estudio de descomposición de la hojarasca en pastizales en Cuba menciona que el incremento del contenido de materia orgánica puede mejorar la estructura del suelo y a protegerlo del impacto de la lluvia y la radiación solar; además, favorece el desarrollo del sistema radical, la formación de nódulos y la fijación simbiótica del nitrógeno. Con alto porcentaje de contenido de MO los árboles son capaces de mantener

o aumentar la fertilidad de los suelos a través del reciclaje de nutrientes y el mantenimiento de la materia orgánica del suelo, por medio de la producción y la descomposición de la hojarasca y de los residuos de las podas.

## 6. CONCLUSIONES

- La regeneración natural en pastizales (T1 y T2), mantiene poca diversidad de especies de alto valor económico y cultural debido a que estas zonas se encuentran caracterizadas por especies de tipo herbáceo o pastos, las cuáles llega a privar el crecimiento y disminuir la supervivencia de las especies leñosas importantes.
- Los tratamientos con especies de regeneración natural situados en pastizales (T1, T2) y luzaras (T3 y T4) mantienen una gran abundancia de especies como *Miconia astroplocama*, *Graffenrieda cucullata*, *Miconia dodecandra*, *Vismia sp*, especies pioneras típicas de ecosistemas en procesos de recuperación; sin embargo en el T5 (Bosque) se registraron especies comerciales y de importancia ecológica como. *Pseudolmedia sp*, *Nectandra sp*, *Inga sp*, *Ocotea sp*, *Ormosia sp*, y *Pouroma sp*.
- Las especies pioneras compiten con el pasto exótico y los helechos invasores que dominan las áreas degradadas, ayudando indirectamente a que la tasa de reclutamiento vaya aumentando paulatinamente, para luego con el paso del tiempo, se generara las condiciones para que se dé el reemplazo florístico de especies arbóreas de alto valor.
- Las labores del proyecto “Restauración ecológica de bosques amazónicos en el sur de Ecuador” contribuyó a la presencia de especies de alto valor comercial, cultural y de importancia ecológica como: *Cordia alliodora*, *Inga sp.*, *Cedrela sp*, *Huerteia glandulosa*, *Tabebuia sp*, *Ocotea sp.*; y se redujo las especies pioneras.
- Las especies de regeneración natural obtuvieron mayor IPH e IPD frente a las especies plantadas.
- Las especies plantadas dentro de pastizales (T2) poseen mayor IPH e IPD, en contraste a las especies plantas en luzaras (T4).

- Las especies hemieliófitas denominadas *Graffenrieda cucullata*, *Miconia dodecandra*, *Miconia astroplocama* y *Alchornea glandulosa* deben ser consideradas para futuros trabajos de restauraciones ecológicas en pastizales o bajo dosel.
- Las especies heliófitas *Ochroma pyramidale*, *Piptocoma discolor* y *Heliocarpus americanus* poseen mayor IPH en pastizales que en Luzara.
- La tasa de mortalidad de los tratamientos con especies de regeneración natural fue menor a los tratamientos con especies plantadas.
- El pH bajo reduce el crecimiento en altura
- En los tratamientos con pastizales (T1 y T2) el porcentaje de materia orgánica (MO), K, P, Ca y Mg, mostraron niveles bajos.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Seguir con el monitoreo a largo plazo sobre el crecimiento de las especies plantadas por los trabajos de restauración, y, aumentar el intervalo de medición a un año con el fin obtener información precisa de los cambios en la composición florística, crecimiento de las especies evaluadas y, en la estructura del suelo en años posteriores.
- Los trabajos de restauración ecológica deben tomar en cuenta las especies que obtienen mayores porcentajes de crecimiento, ya sea en zonas con ingreso de luz (pastizales) o en zonas con dosel (luzara), con el fin de obtener mayor porcentaje de sobrevivencia de las especies plantadas.
- Motivar a organismos gubernamentales u otros actores interesados a que participen y propongan en sus planes de trabajo la recuperación de zonas que han sido alteradas ya sea con el apoyo del estado o con financiamiento de fundaciones extranjeras que ayudan a la conservación y recuperación ecosistemas degradados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre N. 2007. Silvicultural contributions to the reforestation with native species in the tropical mountain rainforest region of South Ecuador. Doctoral dissertation. Technical University of Munich, Germany.
- Aguirre N. 2011. Restauración Ecológica. Disponible en: <http://nikolayaguirre.wordpress.com/2012/01/27/restauracion-ecologica/> (consultado Septiembre 3, 2013).
- Aguirre Z., N. León. 2012. Conocimiento inicial de la fenología y germinación de diez especies forestales nativas en el Padmi, Zamora Chinchipe. *Revista CEDAMAZ.2 (2): 63-72.*
- Aguirre, N. 2007. Silvicultural contributions to the reforestation with native species in the tropical mountain rainforest region of South Ecuador. 148pp.
- Aguirre, Z., León, N., Palacios, B. y Aguirre, N. 2013. Dinamica de crecimiento de 29 especies forestales en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ. 3 (1): 18-36 pp.*
- Alvarado, A. 2004. Producción de madera con bajos insumos, reciclaje de nutrientes en plantaciones y bosques tropicales. IX Congreso Ecuatoriano y I Binacional de la Ciencia del Suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas, Escuela de Agronomía Universidad de Costa Rica. Loja-Ecuador. 8 – 12
- Alvarez G. 2012. Caracterización y potencial de uso de especies frutales de la región sur de la amazonia Ecuatoriana. *Revista CEDAMAZ.2 (2): 54-72.*
- Álvarez, C. y Lara, A. 2008. Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la provincia de Valdivia. *Sociedad Venezolana de Ecología. ECOTROPICOS 15(2):177-184 2002*
- Alves M. y Paz, J. 2003. Variabilidad en el pH de un suelo decapitado sometido a diferentes tratamientos de recuperación. En: IX Conferencia Española de Biometría: 3-4. La Coruña.
- Alvis, S. 2009. Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Rev.Bio.Agro [online]. 2009, vol.7, n.1, pp. 115-122. ISSN 1692-3561.*

- Añazco M., M. Morales, W. Palacios, E. Vega, A. Cuesta. 2010. Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible. Serie Investigación y Sistematización N° 8. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION. Quito, Ecuador.15. pp.
- ARA y MAE. 2010. Mapeo de Actores y experiencias en REDD+ en Ecuador
- Armijos D., C Mendoza. 2012. Vertebrados terrestres de un bosque húmedo tropical en el sur oriente del Ecuador. *Revista CEDAMAZ.2* (2): 40-53
- Apezteguía, H. y Sereno, R. 2002. Influencia de los sistemas de labranza sobre la cantidad y calidad del carbono orgánico del suelo
- Balvaneda L. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Científica y técnica de ecológica de medio ambiente.* 21 (1-2): 136-147.
- BASS, M. S. ET AL. 2010. Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuni National Park. Disponible: [www.plosone.org](http://www.plosone.org). (Consultado: Agosto 29,2013)
- Bedoya, J.; Estevez, J. y Castano, G. 2010. Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas* [online]., vol.14, n.2, pp. 77-91. ISSN 0123-3068.
- Bernal L., Celis S, Galíndez X., Moratto C., Sánchez J, y García D. 2006 Departamento de Biología, Facultad de Ciencias et al. Microflora cultivable y endomicorrizas obtenidas en hojarasca de bosque (páramo guerrero finca puente de tierra) ZIPAQUIRÁ, COLOMBIA. *Acta biol.Colomb.* [online]. vol.11, n.2, pp. 125-130. ISSN 0120-548X.
- Bradshaw C., X. Giam, y N. Sodhi.2010. Evaluating the relative environmental impact of countries. (revista en la Interne). *PlosOne*, 5(5): 1–16. Disponible DOI: 10.1371/journal.pone.0010440. (Consultado: Agosto 28, 2013).
- Butler. 2010. Bosque lluviosos tropicales. Disponibles en: <http://es.mongabay.com/rainforests/> (Consultado: 3 de septiembre, 2013).
- Calle R., F. Moreno y D. Cárdenas. 2011. Relación entre suelos y estructura del bosque en la Amazonía colombiana. *Revista Biológica Tropical* (revista en la Interne). 59(3): 1307-1322. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442011000300031&lng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000300031&lng=es) (Consultado: Agosto 21, 2013).

- Campanello P., M. Gatti., L. Montti., M. Villagra., G. Goldstein.2011. Ser o no ser tolerante a la sombra: economía de agua y carbono en especies arbóreas del Bosque Atlántico. *Revista Ecología austral.* 285-300. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2011000300005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2011000300005&lng=es&nrm=iso) (Consultado: Agosto 30, 2013).
- Castillo U, A D. 1997. Factores asociados con el crecimiento de dos bosques húmedos tropicales intervenidos silviculturalmente en Río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 95p.
- Castillo U, A D. 1997. Factores asociados con el crecimiento de dos bosques húmedos tropicales intervenidos silviculturalmente en Río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 95p.
- Castillo, S. y Cueva, D. 2006. Propagación a nivel de invernadero y estudio de regeneración natural de dos especies de podocarpaceas en su habitat natural. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero forestal. 145pp.
- Cayuela L., L. Granzow.2012. Biodiversidad y conservación de bosques neotropicales. *Revista Científica y técnica de ecológica de medio ambiente.* 21 (1-2): 1-5.
- Celentano D., R. Zahawi, B. Finegan, F. Casanoves, R. Ostertag, R. Cole y K. Holl.2011. Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista Biológica Tropical* (revista en la *Interne*). 59(3): 1323-1336. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442011000300032&lng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000300032&lng=es). (Consultado: Agosto 22, 2013).
- Chave J, H Muller-Laudau, T Baker, T Easdale, H Steege, C Webb. 2006. Variación regional y filogenéticos de la densidad de la madera a través de 2.456 especies neotropicales. *Ecological Applications* 16: 2356-2367.
- Dalmasio, A. 2010. Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. ISSN 0373-580 X. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 45 (1-2): 149-171pp.
- Delgado, A., Montero, M., Murillo, O. y Castillo, M. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27(1): 63-78.

- Delgado, D. 2007. Monitoreo ecológico en los bosques tropicales de costa rica. 102pp
- Díaz H, A. 1996. Efecto de un raleo sobre el crecimiento de un bosque secundario de altura, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 82pp.
- Díaz H, A. 1996. Efecto de un raleo sobre el crecimiento de un bosque secundario de altura, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 82, 57p.
- Dirección Nacional Forestal. 2011. Información General del Subsector Forestal. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito, Ecuador. 12 p.
- Dubon, A. y Sanchez, J. 2006. Evaluacion de especies forestales tropicales en asocio o como remplazo de la sombre para cacao. Honduras. 25pp.
- Elias M., C. Potvin. 2003. La evaluación de la variación inter e intraespecífica en la concentración de carbono tronco de 32 especies de árboles neotropicales. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 1039-1045.
- Escobar F., A. Torres. Morphology, ecophysiology and germination of seeds of the Neotropical tree *Alibertia patinoides* (Rubiaceae). 2013, Revista de biología tropical. vol.61, n.2 pp. 547-556. Disponible: [en:http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442013000300006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000300006&lng=es&nrm=iso) (Consultado: Agosto 17, 2013).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); BM (Banco Mundial). 2012. Estudios Sectoriales: Evaluación del impacto del corbo por derechos de aprovechamiento de madera en pie y otras tasas sobre el manejo forestal en Ecuador. Volumen I.
- FAO. 2009. Situación de los bosques del mundo 2001. FAO, Roma, Italia. (revista en la Internet) Disponible en: [www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s05.htm#PO\\_0](http://www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s05.htm#PO_0). (Consultado: Agosto 25, 2013).
- FAO. 2010a. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Volumen 163. 346p.
- Finegan, B; Camacho, M. 1999. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. *Forest Ecology and Management* 121(3):177-189

- Gómez M., Soto, J., Blanco, J., Sáenz C., Villegas J. y Lindig R. Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. *Agrociencia* [online]. 2012, vol.46, n.8, pp. 795-807. ISSN 1405-3195.
- González M. 2010. El CEDAMAZ en el desarrollo de la región Amazónica Ecuatoriana. *Revista CEDAMAZ*. 1 (1): 4-10.
- Grijalva, J., Checa, X. Ramos, R. Barrera P. y Limongi, R. 2012. Situación de los Recursos Genéticos Forestales – Informe País Ecuador. Preparado por el Programa Nacional de Forestería del INIAP con aval del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-Ecuador); Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración; MAE (Ministerio del Ambiente); MAGAP (Ministerio de Agricultura, Gradería, acuacultura y Pesca. Documento sometido a la Comisión Forestal de la FAO-Roma, para preparación del Primer Informe sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo. 95 p.
- Hernandez-ladron de guevara, ivette et al. 2012. Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de veracruz, méxico: su papel en la restauración pasiva. *rev. chil. hist. nat.* [online]. vol.85, n.1, pp. 89-100. issn 0716-078.
- [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071792002013000100005&lng=es&tlng=e](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071792002013000100005&lng=es&tlng=e) n. 10.4067/S0717-92002013000100005. (consultado: en Agosto 16, 2013)
- Hutchinson, I D. 1987. Improvement thinning in natural tropical forests: aspects and institutionalization. In Mergen, F; Vincent, J R. 1987. Natural management of tropical moist forests: silvicultural and management prospects of sustained utilization. New Haven, US, Yale University. 133p
- Hutchinson, L. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Trad R. Lujan. CATIE. Serie técnica No 204. Colección de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales No 7. 32 p.
- IPNI. International Plants Nutrition Institute. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. 100 pp.
- Jiménez, L., Mezquida, E., Benito, M. y Rubio, A. 2008. Fertilidad del suelo de bosques Tropicales y pastizales de uso ganadero en el sur del Ecuador. 5p.

- Kiss, K. y A. Bräuning (2008): El bosque húmedo de montaña. Investigaciones sobre la diversidad de un ecosistema de montaña en el Sur del Ecuador. Proyecto de la Fundación Alemana para la Investigación Científica. Unidad de investigación FOR 402. DFG, TMF y Naturaleza y Cultura Internacional. Loja - Ecuador. 64p.
- Kohyama, T; Hara, T. 1989. Frequency distribution of tree growth rate in natural forest stands. *Annals of Botany* 64(1):47-57pp.
- Lamprecht, H.1990. *Silvicultura en los trópicos*. Traducción del Alemán por Antonio carrillo. Alemania, GTZ.335pp.
- Leigue J. 2011. Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. *Acta amazónica*. VOL. 41(1) 2011: 135 - 142
- López, L. y Martínez, M. 2011. El banco de semillas en pastizales tropicales abandonados: fuente de regeneración o de invasión?. Disponible en: [http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/revista\\_82\\_2/25\\_649.pdf](http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/revista_82_2/25_649.pdf). (Consultado: febrero 5,2014).
- Luzuriaga, L. y Apolo, W. 2010. Uso y manejo de la biodiversidad alimentaria en el sur del Ecuador y perspectivas para investigación y conservación. *Revista CEDAMAZ*.2 (1): 11-15.
- Macairo, P., García, E., Aguirre J., y Hernández, E. 1995 Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. Instituto de Ecología, A.C. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. *Acta Botánica Mexicana*, núm. 32, 11 – 23pp.
- MAE. 2010. Cuarto Informe Nacional Para el Convenio Sobre la Diversidad Biológica. Disponible: [www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr-04-es.pdf](http://www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr-04-es.pdf). (Consultado: Agosto 29,2013).
- MAE. 2011a. Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: explorando los beneficios múltiples. 21p.
- MAE. 2011b. Segunda comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. Ecuador. 263pp.
- MAE. 2011c. Descripción de las cadenas productivas de la madera en el Ecuador. Informe técnico. 53pp.
- MAE. 2012. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental. Quito, Ecuador. 30 p.

- MAE. 2013. Ministerio del Ambiente promueve conservación y recuperación de bosques tropicales. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/mae-promueve-conservacion-y-recuperacion-de-bosques-tropicales/> (Consultado: agosto 2, 2013)
- Martin AR, Carolina del Sur Thomas. 2011. Una reevaluación del contenido de carbono en los árboles tropicales. *PLoS ONE* 6 (8), 1-9.
- Martin AR, Carolina del Sur Thomas. 2011. Una reevaluación del contenido de carbono en los árboles tropicales *PLoS ONE* 6 (8), 1-9.
- Martinez C., H. Howe. 2010. Características foliares y tasas vitales de árboles sucesionales tardíos de un bosque tropical perennifolio. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. (86) 1-10  
Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-21282010000100001&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282010000100001&lng=es&nrm=iso). (Consultado: Agosto 15, 2013).
- Martínez, V. 2012. Sucesión y restauración ecológica en las partes altas de cuencas y la provisión de agua. *Revista Científica Técnica Agropecuaria*. Vol.21 no.4
- Miller, T B. 1981. Growth and yield of logged-over mixed dipterocarp forest in east Kalimantan. *Malaysian Forester* 44(2-3):419-424.
- Mostacedo B., T. Fredericksen. 1999. Regeneration status of important tropical forest tree species in Bolivia: assessment and recommendations.
- Mostacedo, B.y Fredericksen T.S. (Eds). 2001. Regeneración y silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz. 221pp
- Muñoz, A., a; González, M., Celedon, C. y Veblen, T. 2012. Respuesta inicial de la regeneración arbórea luego de la floración y muerte de chusquea culeou (poaceae) en bosques andinos del centro-sur de Chile. *bosque (valdivia)* [online]. vol.33, n.2, pp. 153-162. issn 0717-9200.
- Muñoz, J.; Hildebrandt, P.; Mosandl, R. y Weber, M. 2013. Efectos en la regeneración natural en claros por tratamientos silviculturales en un bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Revista CEDAMAZ*. 3 (1): 66-79.
- Muñoz, L., y Jaramillo, P. 2009. Evaluación de la regeneración natural de especies forestales del bosque tropical de montaña en la estación científica San Francisco bajo diferentes intensidades de raleo selectivo. 127pp

- N. Luzuriaga., W. Mendoza.2010. Uso y manejo de la Biodiversidad alimentaria en el sur Oriente del Ecuador y perspectivas para investigación. *Revista CEDAMAZ*.1 (1): 11-25.
- Naranjo E., T. Ramírez, Z. Aguirre. 2010. Flora y endemismo del bosque húmedo tropical de la Quinta El Padmi, Zamora Chinchipe. *Ecología Forestal* 1 (1): 61-72
- Navarro M., R. Moya, R. Chazdon, E. Ortiz, B. Vilchez. 2013. Successional variation in carbon content and wood specific gravity of four tropical tree species. *Revista Bosque*, 34(1), 33-43.Disponible en:
- Navarro M., R. Moya, R. Chazdon, E. Ortiz, B. Vilchez.2013. Variación sucesional en el contenido de carbono y madera gravedad específica de cuatro especies de árboles tropicales. *Revista Bosque* 34 (1): 33-43.
- NCI (Naturaleza y Cultura). 2011. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE BOSQUES AMAZÓNICOS EN EL SUR DE ECUADOR. Tríptico
- Nogueira EM, PM Fearnside, BN Nelson, R Barbosa, EW Hermanus. 2008. Las estimaciones de la biomasa forestal en la Amazonia brasileña: New ecuaciones alométricas y ajustes en la biomasa de las existencias de madera de volumen. *Ecología y Gestión Forestal* 256: 1853-1867.
- ONU-RED y MAE. 2011. Documento del Programa Nacional – Ecuador. Sexta reunión de la junta normativa del programa ONU-REDD. 109 pp.
- Parra, C., Diez M. y Moreno, F. 2011Regeneración natural del roble negro (*colombobalanus excelsa*, fagaceae) en dos poblaciones de la cordillera oriental de los andes, colombia. *Rev.fac.nal.agr.medellín* [online]. vol.64, n.2, pp. 6175-6189. Issn 0304-2847.
- Quinto H; Rengifo , R. y Ramos Y. 2009. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque pluvial tropical de chocó (colombia). *rev.fac.nal.agr.medellín* [online]. vol.62, n.1, pp. 4855-4868. issn 0304-2847.
- Ramírez, H., Acevedo, M., Ataroff, M., y Torres, A. 2009 Crecimiento dimétrico de las especies arbóreas en bosque estacional de los llanos occidentales de Venezuela. *Sociedad Venezolana de Ecología. ECOTROPICOS* 22(2):46-63
- Ramírez, H., Torre, A., Serrano, J., 2002. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la cordillera de los andes, Venezuela. *ECOTROPICOS. Sociedad Venezolana de Ecología* 15(2):177-184 pp..

- REDD 2012. Ecuador. Un resumen de REDD countries database. 7p.
- Repetto, F. y Teneb, E. 2012. Análisis de la regeneración natural de la vegetación en taludes de caminos de la Ruta Y-85, Parque Karukinka, Tierra del Fuego, Chile. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 2012. 40(2):55-65.
- Robles, T. 2010. Estudio de la materia orgánica en una cronosecuencia de pastizales en los cantones Centinela del Condor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe. 6p.
- Sabogal, C; Castillo, A; Mejía, A; Castañeda, A.2001. Aplicación de un tratamiento silvicultural experimental en un bosque de La Lupe, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 37p. (Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no.22)
- Sánchez, S., Crespo, Hernández, M. y García, Y. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Cuba. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. Vol. 31. 99-118 pp.
- Sanchez, S., Hernandez, M., Ruz, F. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes* [online]. 2011, vol.34, n.4, pp. 375-392. ISSN 0864-0394.
- Silva, J N M; Carvalho, J O P de; Lopes, J; Almeida, B F de; Costa, D H M; Oliveira, L C de; Vanclay, J K; Skovsgaard, J P. 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the brazilian amazon 13 years after logging. *Forest Ecology and Management* 71(3):267-274.
- Vaccaro S, M Arturi, J Goya, J Frangi, G Piccolo. 2003. Almacenaje de Carbono en Estadios de la Sucesión Secundaria en la Provincia de Misiones, Argentina. *Interciencia* 28: 521-527.
- Valarezo C., H. Maza., C. Chamba., L. Valarezo., B. merino., M. Villamagua., M. Mora., R. Gonzales. 2010. Criterios en la explotación de los experimentos y caracterización de los sitios del proyecto "Gestión de la fertilidad del suelo en con enmiendas de carbón vegetal en plantaciones de árboles maderables en el sur de la Amazonia ecuatoriana". *Revista CEDAMAZ*. 1: (1) 65-80.
- Wadsworth, F H. 2000. Producción forestal para América tropical. Washington, US, USDA. 603p. (Manual de Agricultura 710-S).
- Wadsworth, F. 1997. Aspectos críticos para la práctica silvicultural en los bosques naturales de América tropical. In *Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de*

bosques naturales en América tropical. (1996, Pucallpa, Perú). Actas. Sabogal, C; Camacho, M; Guariguata, M. Turrialba, CR, CIFOR, CATIE, INIA. p.75-82

Wilcke. W, Yasin. S., Schmitt A, C. Valarezo, and W. Zech. 2008. Introduction Soils Along the Altitudinal Transect and in Catchments. Ecological Studies, Vol. 198. Analysis and Synthesis.

Williamson B, M Wiemann. 2010. Aumentos dependientes de la edad radiales en madera gravedad específica de los pioneros tropicales en Costa Rica. *Biotropica* 42: 590-597.

Wright, S.J. 2010. The future of tropical forests. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1195:1-27.

Yepes, A. y Villa, J. 2010. Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia). *Rev. Lasallista Investig.* [online]., vol.7, n.2, pp. 24-34. ISSN 1794-4449.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Diversidad relativa por familia de los tratamientos silviculturales con especies de regeneración natural.

| # Familia    | Familia         | #esp/Familia | DiR (%)       |
|--------------|-----------------|--------------|---------------|
| 1            | Clusiaceae      | 6            | 13,95         |
| 2            | Rubiaceae       | 4            | 9,30          |
| 3            | Melastomataceae | 3            | 6,98          |
| 4            | Moraceae        | 3            | 6,98          |
| 5            | Euphorbiaceae   | 3            | 6,98          |
| 6            | Lauraceae       | 3            | 6,98          |
| 7            | Myrtaceae       | 2            | 4,65          |
| 8            | Meliaceae       | 2            | 4,65          |
| 9            | Sapindaceae     | 2            | 4,65          |
| 10           | Araliaceae      | 2            | 4,65          |
| 11           | Mimosaceae      | 2            | 4,65          |
| 12           | Cecropiaceae    | 1            | 2,33          |
| 13           | Arecaceae       | 1            | 2,33          |
| 14           | Sapotaceae      | 1            | 2,33          |
| 15           | Annonaceae      | 1            | 2,33          |
| 16           | Flacourtiaceae  | 1            | 2,33          |
| 17           | Chloranthaceae  | 1            | 2,33          |
| 18           | Anacardiaceae   | 1            | 2,33          |
| 19           | Monimiaceae     | 1            | 2,33          |
| 20           | Tiliaceae       | 1            | 2,33          |
| 21           | Asteraceae      | 1            | 2,33          |
| 22           | Myristicaceae   | 1            | 2,33          |
| <b>Total</b> |                 | <b>43</b>    | <b>100,00</b> |

**Anexo 2. Diversidad relativa por especie de los tratamientos silviculturales con especies de regeneración natural.**

| # Especies   | Especies   | #ind/especies | DiR (%)       |
|--------------|--|---------------|---------------|
| 1            | <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 143           | 22,10         |
| 2            | <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 69            | 10,66         |
| 3            | <i>Vismia</i> sp.                                  | 64            | 9,89          |
| 4            | <i>Inga</i> sp.                                    | 58            | 8,96          |
| 5            | <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 54            | 8,35          |
| 6            | <i>Ocotea</i> sp.                                  | 31            | 4,79          |
| 7            | <i>Casearia</i> sp.                                | 26            | 4,02          |
| 8            | <i>Ladenbergia</i> sp.                             | 23            | 3,55          |
| 9            | <i>Psidium guajava</i> L.                          | 20            | 3,09          |
| 10           | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 15            | 2,32          |
| 11           | <i>Siparuna</i> sp.                                | 13            | 2,01          |
| 12           | <i>Pseudolmedia</i> sp.                            | 13            | 2,01          |
| 13           | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.         | 13            | 2,01          |
| 14           | <i>Pouroma</i> sp.                                 | 12            | 1,85          |
| 15           | <i>Ormosia</i> sp.                                 | 12            | 1,85          |
| 16           | <i>Psychotria</i> sp.                              | 11            | 1,70          |
| 17           | <i>Nectandra</i> sp.                               | 10            | 1,55          |
| 18           | <i>Garcinia</i> sp.                                | 8             | 1,24          |
| 19           | <i>Persea</i> sp.                                  | 7             | 1,08          |
| 20           | <i>Clusia</i> sp.                                  | 6             | 0,93          |
| 21           | <i>Chrysoclamis</i> sp.                            | 4             | 0,62          |
| 22           | <i>Wettinia</i> sp.                                | 3             | 0,46          |
| 23           | <i>Guarea</i> sp.                                  | 3             | 0,46          |
| 24           | <i>Palicourea</i> sp.                              | 3             | 0,46          |
| 25           | <i>Cupania</i> sp.                                 | 2             | 0,31          |
| 26           | <i>Annona</i> sp.                                  | 2             | 0,31          |
| 27           | <i>Matayba</i> sp.                                 | 2             | 0,31          |
| 28           | <i>Otoba</i> sp.                                   | 2             | 0,31          |
| 29           | <i>Tetrorchidium</i> sp.                           | 2             | 0,31          |
| 30           | <i>Pouteria</i> sp.                                | 2             | 0,31          |
| 31           | <i>Heliocarpus americanus</i> L.                   | 2             | 0,31          |
| 32           | <i>Marila</i> sp.                                  | 1             | 0,15          |
| 33           | <i>Elaeagia</i> sp.                                | 1             | 0,15          |
| 34           | <i>Trichillia</i> sp.                              | 1             | 0,15          |
| 35           | <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.               | 1             | 0,15          |
| 36           | <i>Tapirira</i> sp.                                | 1             | 0,15          |
| 37           | <i>Dendropanax</i> sp.                             | 1             | 0,15          |
| 38           | <i>Tovomita</i> sp.                                | 1             | 0,15          |
| 39           | <i>Hedyosmum</i> sp.                               | 1             | 0,15          |
| 40           | <i>Hyeronima</i> sp.                               | 1             | 0,15          |
| 41           | <i>Schefflera</i> sp.                              | 1             | 0,15          |
| 42           | <i>Eugenia</i> sp.                                 | 1             | 0,15          |
| 43           | <i>Ficus</i> sp.                                   | 1             | 0,15          |
| <b>Total</b> |  | <b>647</b>    | <b>100,00</b> |

**Anexo 3. Diversidad relativa por familia de los tratamientos silviculturales con especies plantadas.**

| <b># Familia</b> | <b>Familia</b> | <b>#esp/Familia</b> | <b>DiR (%)</b> |
|------------------|----------------|---------------------|----------------|
| 1                | Mimosaceae     | 5                   | 11,63          |
| 2                | Euphorbiaceae  | 5                   | 11,63          |
| 3                | Moraceae       | 3                   | 6,98           |
| 4                | Lauraceae      | 3                   | 6,98           |
| 5                | Fabaceae       | 3                   | 6,98           |
| 6                | Bombacaceae    | 2                   | 4,65           |
| 7                | Meliaceae      | 2                   | 4,65           |
| 8                | Cecropiaceae   | 2                   | 4,65           |
| 9                | Sapindaceae    | 2                   | 4,65           |
| 10               | Clusiaceae     | 2                   | 4,65           |
| 11               | Monimiaceae    | 1                   | 2,33           |
| 12               | Burseraceae    | 1                   | 2,33           |
| 13               | Myrtaceae      | 1                   | 2,33           |
| 14               | Verbenaceae    | 1                   | 2,33           |
| 15               | Arecaceae      | 1                   | 2,33           |
| 16               | Bignoniaceae   | 1                   | 2,33           |
| 17               | Asteraceae     | 1                   | 2,33           |
| 18               | Araliaceae     | 1                   | 2,33           |
| 19               | Sapotaceae     | 1                   | 2,33           |
| 20               | Boraginaceaea  | 1                   | 2,33           |
| 21               | Staphyleaceae  | 1                   | 2,33           |
| 22               | Combretaceae   | 1                   | 2,33           |
| 23               | Apocynaceae    | 1                   | 2,33           |
| 24               | Cunoniaceae    | 1                   | 2,33           |
| Total            |                | 43                  | 100,00         |

**Anexo 4. Diversidad relativa por especies de los tratamientos silviculturales con especies plantadas.**

| # Especies    | Especies   | #ind/especies | DiR (%) |
|---------------|--|---------------|---------|
| 1             | <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken       | 35            | 10,74   |
| 2             | <i>Inga sp.</i>                                  | 28            | 8,59    |
| 3             | <i>Parkia sp.</i>                                | 27            | 8,28    |
| 4             | <i>Huerteia glandulosa</i> Ruiz & Pav.           | 26            | 7,98    |
| 5             | <i>Tabebuia sp.</i>                              | 25            | 7,67    |
| 6             | <i>Cedrela sp.</i>                               | 24            | 7,36    |
| 7             | <i>Ocotea sp.</i>                                | 19            | 5,83    |
| 8             | <i>Guarea sp.</i>                                | 13            | 3,99    |
| 9             | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski         | 11            | 3,37    |
| 10            | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.       | 9             | 2,76    |
| 11            | <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook. | 8             | 2,45    |
| 12            | <i>Persea sp.</i>                                | 7             | 2,15    |
| 13            | <i>Matayba sp.</i>                               | 7             | 2,15    |
| 14            | <i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.                | 6             | 1,84    |
| 15            | <i>Cecopria sp.</i>                              | 6             | 1,84    |
| 16            | <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.    | 6             | 1,84    |
| 17            | <i>Eugenia sp.</i>                               | 5             | 1,53    |
| 18            | <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.             | 5             | 1,53    |
| 19            | <i>Nectandra sp.</i>                             | 5             | 1,53    |
| 20            | <i>Caryodendron orinocense</i> Karsten           | 5             | 1,53    |
| 21            | <i>Dacryodes sp.</i>                             | 4             | 1,23    |
| 22            | <i>Sapium sp.</i>                                | 4             | 1,23    |
| 23            | <i>Pouroma sp.</i>                               | 4             | 1,23    |
| 24            | <i>Ceiba sp.</i>                                 | 3             | 0,92    |
| 25            | <i>Zigia sp.</i>                                 | 3             | 0,92    |
| 26            | <i>Schefflera sp.</i>                            | 3             | 0,92    |
| 27            | <i>Aspidosperma sp.</i>                          | 3             | 0,92    |
| 28            | <i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell   | 3             | 0,92    |
| 29            | <i>Cupania sp.</i>                               | 3             | 0,92    |
| 30            | <i>Pouteria sp.</i>                              | 3             | 0,92    |
| 31            | <i>Vitex sp.</i>                                 | 2             | 0,61    |
| 32            | <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke     | 2             | 0,61    |
| 33            | <i>Lonchocarpus sp.</i>                          | 2             | 0,61    |
| 34            | <i>Weinmannia sp.</i>                            | 1             | 0,31    |
| 35            | <i>Tetrorchidium sp.</i>                         | 1             | 0,31    |
| 36            | <i>Pseudolmediasp.</i>                           | 1             | 0,31    |
| 37            | <i>Clusia sp.</i>                                | 1             | 0,31    |
| 38            | <i>Calliandra trinervia</i> Benth.               | 1             | 0,31    |
| 39            | <i>Siparuna sp.</i>                              | 1             | 0,31    |
| 40            | <i>Wettiniasp.</i>                               | 1             | 0,31    |
| 41            | <i>Platymiscium sp.</i>                          | 1             | 0,31    |
| 42            | <i>Calophyllum sp.</i>                           | 1             | 0,31    |
| 43            | <i>Ficus sp.</i>                                 | 1             | 0,31    |
| Total general |  | 326           | 100,00  |

**Anexo 5. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Pastos (T1).**

| #            | Especies   | # Ind.     | D (150m2) | D ind/ha    | DR (%)        | #P/sp | FR (%) | G2 (m)      | DmR (%) | IVI   | Pi (n/N) | lnPi          | (Pi)(lnPi)   |
|--------------|--|------------|-----------|-------------|---------------|-------|--------|-------------|---------|-------|----------|---------------|--------------|
| 1            | <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 42         | 0,28      | 2800        | 37,84         | 2     | 66,67  | 0,0077      | 19,20   | 41,23 | 0,38     | -0,97         | -0,37        |
| 2            | <i>Heliocharpus americanus</i> L.                  | 1          | 0,01      | 67          | 0,90          | 1     | 33,33  | 0,0005      | 1,33    | 11,85 | 0,01     | -4,71         | -0,04        |
| 3            | <i>Ladenbergia sp.</i>                             | 1          | 0,01      | 67          | 0,90          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,20    | 11,48 | 0,01     | -4,71         | -0,04        |
| 4            | <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 28         | 0,19      | 1867        | 25,23         | 3     | 100,00 | 0,0141      | 35,32   | 53,51 | 0,25     | -1,38         | -0,35        |
| 5            | <i>Ocotea sp.</i>                                  | 1          | 0,01      | 67          | 0,90          | 1     | 33,33  | 0,0024      | 5,94    | 13,39 | 0,01     | -4,71         | -0,04        |
| 6            | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 9          | 0,06      | 600         | 8,11          | 2     | 66,67  | 0,0047      | 11,64   | 28,81 | 0,08     | -2,51         | -0,20        |
| 7            | <i>Psidium guajava</i> L.                          | 5          | 0,03      | 333         | 4,50          | 3     | 100,00 | 0,0011      | 2,83    | 35,78 | 0,05     | -3,10         | -0,14        |
| 8            | <i>Vismia sp.</i>                                  | 24         | 0,16      | 1600        | 21,62         | 3     | 100,00 | 0,0139      | 34,68   | 52,10 | 0,22     | -1,53         | -0,33        |
| <b>Total</b> |  | <b>111</b> |           | <b>7400</b> | <b>100,00</b> |       |        | <b>0,04</b> |         |       |          | <b>-23,62</b> | <b>-1,52</b> |

**Anexo 6. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Pastos + Plantación (T2).**

| #            | Especies                                   | # Ind.    | D (150m2) | D ind/ha    | DR (%)        | #P/sp | FR (%) | G2 (m)      | DmR (%) | IVI   | Pi (n/N) | lnPi          | (Pi)(lnPi)   |
|--------------|--|-----------|-----------|-------------|---------------|-------|--------|-------------|---------|-------|----------|---------------|--------------|
| 1            | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl. | 1         | 0,01      | 67          | 1,18          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,00    | 11,50 | 0,01     | -4,44         | -0,05        |
| 2            | <i>Caseariasp.</i>                         | 3         | 0,02      | 200         | 3,53          | 2     | 66,67  | 0,0021      | 0,66    | 23,62 | 0,04     | -3,34         | -0,12        |
| 3            | <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.      | 40        | 0,27      | 2667        | 47,06         | 3     | 100,00 | 0,2624      | 84,93   | 77,33 | 0,47     | -0,75         | -0,35        |
| 4            | <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.   | 5         | 0,03      | 333         | 5,88          | 2     | 66,67  | 0,0136      | 4,41    | 25,65 | 0,06     | -2,83         | -0,17        |
| 5            | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski   | 1         | 0,01      | 67          | 1,18          | 1     | 33,33  | 0,0010      | 0,33    | 11,61 | 0,01     | -4,44         | -0,05        |
| 6            | <i>Psidium guajava</i> L.                  | 11        | 0,07      | 733         | 12,94         | 2     | 66,67  | 0,0209      | 6,75    | 28,79 | 0,13     | -2,04         | -0,26        |
| 7            | <i>Psychotria sp.</i>                      | 3         | 0,02      | 200         | 3,53          | 1     | 33,33  | 0,0008      | 0,25    | 12,37 | 0,04     | -3,34         | -0,12        |
| 8            | <i>Siparuna sp.</i>                        | 5         | 0,03      | 333         | 5,88          | 1     | 33,33  | 0,0004      | 0,12    | 13,11 | 0,06     | -2,83         | -0,17        |
| 9            | <i>Vismia sp.</i>                          | 16        | 0,11      | 1067        | 18,82         | 2     | 66,67  | 0,0079      | 2,56    | 29,35 | 0,19     | -1,67         | -0,31        |
| <b>Total</b> |  | <b>85</b> |           | <b>5667</b> | <b>100,00</b> |       |        | <b>0,31</b> |         |       |          | <b>-25,71</b> | <b>-1,61</b> |

**Anexo 7. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Luzara (T3).**

| #            | Especies   | # Ind.     | D (150m2) | D ind/ha    | DR (%)        | #P/sp | FR (%) | G2 (m)      | DmR (%) | IVI    | Pi (n/N) | lnPi          | (Pi)(lnPi)   |
|--------------|--|------------|-----------|-------------|---------------|-------|--------|-------------|---------|--------|----------|---------------|--------------|
| 1            | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.         | 10         | 0,07      | 667         | 6,76          | 1     | 33,33  | 0,0331      | 4,29    | 14,794 | 0,07     | -2,69         | -0,18        |
| 2            | <i>Casearia sp.</i>                                | 5          | 0,03      | 333         | 3,38          | 1     | 33,33  | 0,0028      | 0,37    | 12,36  | 0,03     | -3,39         | -0,11        |
| 3            | <i>Dendropanax sp.</i>                             | 1          | 0,01      | 67          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,02    | 11,343 | 0,01     | -5,00         | -0,03        |
| 4            | <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 6          | 0,04      | 400         | 4,05          | 3     | 100,00 | 0,0134      | 1,74    | 35,265 | 0,04     | -3,21         | -0,13        |
| 5            | <i>Inga sp.</i>                                    | 5          | 0,03      | 333         | 3,38          | 2     | 66,67  | 0,0014      | 0,18    | 23,408 | 0,03     | -3,39         | -0,11        |
| 6            | <i>Ladenbergia sp.</i>                             | 21         | 0,14      | 1400        | 14,19         | 2     | 66,67  | 0,0051      | 0,66    | 27,172 | 0,14     | -1,95         | -0,28        |
| 7            | <i>Matayba sp.</i>                                 | 1          | 0,01      | 67          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,01    | 11,341 | 0,01     | -5,00         | -0,03        |
| 8            | <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 35         | 0,23      | 2333        | 23,65         | 2     | 66,67  | 0,0229      | 2,97    | 31,095 | 0,24     | -1,44         | -0,34        |
| 9            | <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 34         | 0,23      | 2267        | 22,97         | 3     | 100,00 | 0,0569      | 7,39    | 43,453 | 0,23     | -1,47         | -0,34        |
| 10           | <i>Nectandra sp.</i>                               | 2          | 0,01      | 133         | 1,35          | 1     | 33,33  | 0,0004      | 0,05    | 11,577 | 0,01     | -4,30         | -0,06        |
| 11           | <i>Ocotea sp.</i>                                  | 4          | 0,03      | 267         | 2,70          | 2     | 66,67  | 0,0020      | 0,26    | 23,211 | 0,03     | -3,61         | -0,10        |
| 12           | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 4          | 0,03      | 267         | 2,70          | 3     | 100,00 | 0,5863      | 76,14   | 59,614 | 0,03     | -3,61         | -0,10        |
| 13           | <i>Pouroma sp.</i>                                 | 1          | 0,01      | 67          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0147      | 1,91    | 11,974 | 0,01     | -5,00         | -0,03        |
| 14           | <i>Psidium guajava</i> L.                          | 1          | 0,01      | 67          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0007      | 0,09    | 11,366 | 0,01     | -5,00         | -0,03        |
| 15           | <i>Psychotria sp.</i>                              | 2          | 0,01      | 133         | 1,35          | 1     | 33,33  | 0,0049      | 0,64    | 11,774 | 0,01     | -4,30         | -0,06        |
| 16           | <i>Siparuna sp.</i>                                | 5          | 0,03      | 333         | 3,38          | 1     | 33,33  | 0,0025      | 0,33    | 12,347 | 0,03     | -3,39         | -0,11        |
| 17           | <i>Tetrorchidium sp.</i>                           | 2          | 0,01      | 133         | 1,35          | 1     | 33,33  | 0,0007      | 0,09    | 11,591 | 0,01     | -4,30         | -0,06        |
| 18           | <i>Vismia sp.</i>                                  | 9          | 0,06      | 600         | 6,08          | 2     | 66,67  | 0,0195      | 2,53    | 25,094 | 0,06     | -2,80         | -0,17        |
| <b>Total</b> |  | <b>148</b> |           | <b>9867</b> | <b>100,00</b> |       |        | <b>0,77</b> |         |        |          | <b>-63,85</b> | <b>-2,29</b> |

**Anexo 8. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silvicultural Luzara + Plantacion (T4).**

| #            | Especies   | # Ind.     | D (150m2) | D ind/ha    | DR (%)        | #P/sp | FR (%) | G2 (m)      | DmR (%) | IVI   | Pi (n/N) | lnPi          | (Pi)(lnPi)   |
|--------------|--|------------|-----------|-------------|---------------|-------|--------|-------------|---------|-------|----------|---------------|--------------|
| 1            | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.         | 2          | 0,01      | 133         | 1,83          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,16    | 11,78 | 0,02     | -4,00         | -0,07        |
| 2            | <i>Caseariasp.</i>                                 | 16         | 0,11      | 1067        | 14,68         | 1     | 33,33  | 0,0034      | 2,39    | 16,80 | 0,15     | -1,92         | -0,28        |
| 3            | <i>Clusia sp.</i>                                  | 6          | 0,04      | 400         | 5,50          | 2     | 66,67  | 0,0009      | 0,62    | 24,26 | 0,06     | -2,90         | -0,16        |
| 4            | <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 9          | 0,06      | 600         | 8,26          | 1     | 33,33  | 0,0121      | 8,62    | 16,74 | 0,08     | -2,49         | -0,21        |
| 5            | <i>Heliocarpus americanus</i> L.                   | 1          | 0,01      | 67          | 0,92          | 1     | 33,33  | 0,0005      | 0,35    | 11,53 | 0,01     | -4,69         | -0,04        |
| 6            | <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 39         | 0,26      | 2600        | 35,78         | 2     | 66,67  | 0,0344      | 24,59   | 42,34 | 0,36     | -1,03         | -0,37        |
| 7            | <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 10         | 0,07      | 667         | 9,17          | 1     | 33,33  | 0,0443      | 31,66   | 24,72 | 0,09     | -2,39         | -0,22        |
| 8            | <i>Palicourea sp.</i>                              | 3          | 0,02      | 200         | 2,75          | 2     | 66,67  | 0,0004      | 0,31    | 23,24 | 0,03     | -3,59         | -0,10        |
| 9            | <i>Persea sp.</i>                                  | 1          | 0,01      | 67          | 0,92          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,03    | 11,43 | 0,01     | -4,69         | -0,04        |
| 10           | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 1          | 0,01      | 67          | 0,92          | 1     | 33,33  | 0,0104      | 7,42    | 13,89 | 0,01     | -4,69         | -0,04        |
| 11           | <i>Psidium guajava</i> L.                          | 3          | 0,02      | 200         | 2,75          | 2     | 66,67  | 0,0149      | 10,62   | 26,68 | 0,03     | -3,59         | -0,10        |
| 12           | <i>Siparuna sp.</i>                                | 3          | 0,02      | 200         | 2,75          | 1     | 33,33  | 0,0008      | 0,55    | 12,21 | 0,03     | -3,59         | -0,10        |
| 13           | <i>Vismia sp.</i>                                  | 15         | 0,10      | 1000        | 13,76         | 3     | 100,00 | 0,0169      | 12,09   | 41,95 | 0,14     | -1,98         | -0,27        |
| <b>Total</b> |  | <b>109</b> |           | <b>7267</b> | <b>100,00</b> |       |        | <b>0,14</b> |         |       |          | <b>-41,56</b> | <b>-2,01</b> |

**Anexo 9. Parámetros ecológicos de las especies de regeneración natural del tratamiento silviculturales Bosque (T5).**

| #            | Especies   | # Ind.     | D (150 m2) | D ind/ha     | DR (%)        | #P/sp | FR (%) | G2          | Dm.R         | Ivi   | Pi (n/N) | Lnpi           | (Pi)(lnPi)   |
|--------------|--|------------|------------|--------------|---------------|-------|--------|-------------|--------------|-------|----------|----------------|--------------|
| 1            | <i>Annona sp.</i>                                  | 2          | 0,01       | 133          | 1,03          | 1     | 33,33  | 0,0049      | 0,37         | 11,58 | 0,01     | -4,57          | -0,05        |
| 2            | <i>Caseariasp.</i>                                 | 2          | 0,01       | 133          | 1,03          | 1     | 33,33  | 0,0033      | 0,25         | 11,54 | 0,01     | -4,57          | -0,05        |
| 3            | <i>Chrysoclamis sp.</i>                            | 4          | 0,03       | 267          | 2,06          | 1     | 33,33  | 0,0136      | 1,02         | 12,14 | 0,02     | -3,88          | -0,08        |
| 4            | <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.               | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,02         | 11,29 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 5            | <i>Cupania sp.</i>                                 | 2          | 0,01       | 133          | 1,03          | 1     | 33,33  | 0,0005      | 0,04         | 11,47 | 0,01     | -4,57          | -0,05        |
| 6            | <i>Elaeagia sp.</i>                                | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,01         | 11,29 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 7            | <i>Eugenia sp.</i>                                 | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0016      | 0,12         | 11,32 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 8            | <i>Ficus sp.</i>                                   | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,02         | 11,29 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 9            | <i>Garcinia sp.</i>                                | 8          | 0,05       | 533          | 4,12          | 3     | 100,00 | 0,0071      | 0,53         | 34,89 | 0,04     | -3,19          | -0,13        |
| 10           | <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 12         | 0,08       | 800          | 6,19          | 1     | 33,33  | 0,0402      | 3,02         | 14,18 | 0,06     | -2,78          | -0,17        |
| 11           | <i>Guarea sp.</i>                                  | 3          | 0,02       | 200          | 1,55          | 1     | 33,33  | 0,0026      | 0,20         | 11,69 | 0,02     | -4,17          | -0,06        |
| 12           | <i>Hedyosmum sp.</i>                               | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0104      | 0,78         | 11,54 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 13           | <i>Hyeronima sp.</i>                               | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0007      | 0,05         | 11,30 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 14           | <i>Inga sp.</i>                                    | 53         | 0,35       | 3533         | 27,32         | 3     | 100,00 | 0,2492      | 18,74        | 48,69 | 0,27     | -1,30          | -0,35        |
| 15           | <i>Ladenbergia sp.</i>                             | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,01         | 11,29 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 16           | <i>Marila sp.</i>                                  | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0021      | 0,16         | 11,34 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 17           | <i>Matayba sp.</i>                                 | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,00         | 11,28 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 18           | <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0005      | 0,04         | 11,30 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 19           | <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 5          | 0,03       | 333          | 2,58          | 1     | 33,33  | 0,0007      | 0,06         | 11,99 | 0,03     | -3,66          | -0,09        |
| 20           | <i>Nectandra sp.</i>                               | 8          | 0,05       | 533          | 4,12          | 3     | 100,00 | 0,1056      | 7,94         | 37,35 | 0,04     | -3,19          | -0,13        |
| 21           | <i>Ocotea sp.</i>                                  | 26         | 0,17       | 1733         | 13,40         | 3     | 100,00 | 0,0407      | 3,06         | 38,82 | 0,13     | -2,01          | -0,27        |
| 22           | <i>Ormosia sp.</i>                                 | 12         | 0,08       | 800          | 6,19          | 1     | 33,33  | 0,0004      | 0,03         | 13,18 | 0,06     | -2,78          | -0,17        |
| 23           | <i>Otoba sp.</i>                                   | 2          | 0,01       | 133          | 1,03          | 1     | 33,33  | 0,1899      | 14,28        | 16,22 | 0,01     | -4,57          | -0,05        |
| 24           | <i>Persea sp.</i>                                  | 6          | 0,04       | 400          | 3,09          | 2     | 66,67  | 0,0009      | 0,07         | 23,28 | 0,03     | -3,48          | -0,11        |
| 25           | <i>Pouroma sp.</i>                                 | 11         | 0,07       | 733          | 5,67          | 2     | 66,67  | 0,2045      | 15,37        | 29,24 | 0,06     | -2,87          | -0,16        |
| 26           | <i>Pouteria sp.</i>                                | 2          | 0,01       | 133          | 1,03          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,01         | 11,46 | 0,01     | -4,57          | -0,05        |
| 27           | <i>Pseudolmedia sp.</i>                            | 13         | 0,09       | 867          | 6,70          | 3     | 100,00 | 0,0946      | 7,12         | 37,94 | 0,07     | -2,70          | -0,18        |
| 28           | <i>Psychotria sp.</i>                              | 6          | 0,04       | 400          | 3,09          | 3     | 100,00 | 0,0021      | 0,16         | 34,42 | 0,03     | -3,48          | -0,11        |
| 29           | <i>Schefflera sp.</i>                              | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,01         | 11,29 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 30           | <i>Tapirira sp.</i>                                | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,1762      | 13,25        | 15,70 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 31           | <i>Tovomita sp.</i>                                | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0028      | 0,21         | 11,35 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 32           | <i>Trichillia sp.</i>                              | 1          | 0,01       | 67           | 0,52          | 1     | 33,33  | 0,0007      | 0,05         | 11,30 | 0,01     | -5,27          | -0,03        |
| 33           | <i>Wettiniasp.</i>                                 | 3          | 0,02       | 200          | 1,55          | 2     | 66,67  | 0,1707      | 12,84        | 27,02 | 0,02     | -4,17          | -0,06        |
| <b>TOTAL</b> |  | <b>194</b> |            | <b>12933</b> | <b>100,00</b> |       |        | <b>1,33</b> | <b>99,82</b> |       |          | <b>-140,28</b> | <b>-2,71</b> |

**Anexo 10. Parámetros ecológicos de las especies plantadas del tratamiento silviculturales Pastos + Plantación (T2).**

| #            | Especies   | # Ind.     | D (150m2) | D ind/ha    | DR (%)        | #P/sp | FR (%) | G2 (m)      | DmR (%) | IVI   | Pi (n/N) | lnPi           | (Pi)(lnPi)   |
|--------------|--|------------|-----------|-------------|---------------|-------|--------|-------------|---------|-------|----------|----------------|--------------|
| 1            | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.       | 4          | 0,01      | 100         | 2,23          | 2     | 66,67  | 0,0011      | 2,51    | 23,81 | 0,02     | -3,80          | -0,08        |
| 2            | <i>Aspidosperma</i> sp.                          | 3          | 0,01      | 75          | 1,68          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,50    | 11,84 | 0,02     | -4,09          | -0,07        |
| 3            | <i>Calliandra trinervia</i> Benth.               | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,03    | 11,31 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 4            | <i>Caryodendron orinocense</i> Karsten           | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 2     | 66,67  | 0,0001      | 0,33    | 22,70 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 5            | <i>Cecopria</i> sp.                              | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 1     | 33,33  | 0,0010      | 2,21    | 12,22 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 6            | <i>Cedrela</i> sp.                               | 15         | 0,04      | 375         | 8,38          | 3     | 100,00 | 0,0091      | 20,57   | 42,98 | 0,08     | -2,48          | -0,21        |
| 7            | <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke     | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,07    | 11,51 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 8            | <i>Ceiba</i> sp.                                 | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 2     | 66,67  | 0,0000      | 0,03    | 22,61 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 9            | <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.             | 5          | 0,01      | 125         | 2,79          | 2     | 66,67  | 0,0001      | 0,14    | 23,20 | 0,03     | -3,58          | -0,10        |
| 10           | <i>Clusia</i> sp.                                | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,00    | 11,30 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 11           | <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken       | 18         | 0,05      | 450         | 10,06         | 3     | 100,00 | 0,0010      | 2,29    | 37,45 | 0,10     | -2,30          | -0,23        |
| 12           | <i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.                | 5          | 0,01      | 125         | 2,79          | 3     | 100,00 | 0,0006      | 1,44    | 34,74 | 0,03     | -3,58          | -0,10        |
| 13           | <i>Dacryodes</i> sp.                             | 4          | 0,01      | 100         | 2,23          | 1     | 33,33  | 0,0002      | 0,47    | 12,01 | 0,02     | -3,80          | -0,08        |
| 14           | <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook. | 6          | 0,02      | 150         | 3,35          | 3     | 100,00 | 0,0043      | 9,81    | 37,72 | 0,03     | -3,40          | -0,11        |
| 15           | <i>Guarea</i> sp.                                | 10         | 0,03      | 250         | 5,59          | 3     | 100,00 | 0,0006      | 1,33    | 35,64 | 0,06     | -2,88          | -0,16        |
| 16           | <i>Huertia glandulosa</i> Ruiz & Pav.            | 17         | 0,04      | 425         | 9,50          | 3     | 100,00 | 0,0020      | 4,65    | 38,05 | 0,09     | -2,35          | -0,22        |
| 17           | <i>Inga</i> sp.                                  | 13         | 0,03      | 325         | 7,26          | 3     | 100,00 | 0,0051      | 11,55   | 39,60 | 0,07     | -2,62          | -0,19        |
| 18           | <i>Lonchocarpus</i> sp.                          | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,34    | 11,60 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 19           | <i>Matayba</i> sp.                               | 5          | 0,01      | 125         | 2,79          | 3     | 100,00 | 0,0002      | 0,44    | 34,41 | 0,03     | -3,58          | -0,10        |
| 20           | <i>Nectandra</i> sp.                             | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,08    | 11,51 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 21           | <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.    | 6          | 0,02      | 150         | 3,35          | 3     | 100,00 | 0,0062      | 14,03   | 39,13 | 0,03     | -3,40          | -0,11        |
| 22           | <i>Ocotea</i> sp.                                | 3          | 0,01      | 75          | 1,68          | 3     | 100,00 | 0,0001      | 0,22    | 33,96 | 0,02     | -4,09          | -0,07        |
| 23           | <i>Parkia</i> sp.                                | 7          | 0,02      | 175         | 3,91          | 3     | 100,00 | 0,0004      | 0,96    | 34,96 | 0,04     | -3,24          | -0,13        |
| 24           | <i>Persea</i> sp.                                | 4          | 0,01      | 100         | 2,23          | 1     | 33,33  | 0,0003      | 0,71    | 12,09 | 0,02     | -3,80          | -0,08        |
| 25           | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski         | 10         | 0,03      | 250         | 5,59          | 3     | 100,00 | 0,0068      | 15,56   | 40,38 | 0,06     | -2,88          | -0,16        |
| 26           | <i>Platymiscium</i> sp.                          | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,16    | 11,35 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 27           | <i>Pouroma</i> sp.                               | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,12    | 11,34 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 28           | <i>Pouteria</i> sp.                              | 3          | 0,01      | 75          | 1,68          | 3     | 100,00 | 0,0001      | 0,20    | 33,96 | 0,02     | -4,09          | -0,07        |
| 29           | <i>Pseudolmedia</i> sp.                          | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,11    | 11,34 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 30           | <i>Sapium</i> sp.                                | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,08    | 11,51 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 31           | <i>Schefflera</i> sp.                            | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 2     | 66,67  | 0,0000      | 0,10    | 22,63 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 32           | <i>Siparuna</i> sp.                              | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,00    | 11,30 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 33           | <i>Tabebuia</i> sp.                              | 10         | 0,03      | 250         | 5,59          | 3     | 100,00 | 0,0026      | 5,99    | 37,19 | 0,06     | -2,88          | -0,16        |
| 34           | <i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell   | 3          | 0,01      | 75          | 1,68          | 2     | 66,67  | 0,0006      | 1,39    | 23,24 | 0,02     | -4,09          | -0,07        |
| 35           | <i>Tetrochidium</i> sp.                          | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,11    | 11,34 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 36           | <i>Vitex</i> sp.                                 | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,22    | 11,56 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| 37           | <i>Weinmannia</i> sp.                            | 1          | 0,00      | 25          | 0,56          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,03    | 11,31 | 0,01     | -5,19          | -0,03        |
| 38           | <i>Zigia</i> sp.                                 | 2          | 0,01      | 50          | 1,12          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,22    | 11,56 | 0,01     | -4,49          | -0,05        |
| <b>Total</b> |  | <b>179</b> |           | <b>4475</b> | <b>100,00</b> |       |        | <b>0,04</b> |         |       |          | <b>-153,37</b> | <b>-3,25</b> |

**Anexo 11. Parámetros ecológicos de las especies plantadas del tratamiento silviculturales Luzara + Plantación (T2).**

| #            | Especies   | # Ind.     | D (150m2) | D ind/ha    | DR (%)        | #P/sp | FR (%) | G2 (m)      | DmR (%) | IVI   | Pi (n/N) | lnPi           | (Pi)(lnPi)   |
|--------------|--|------------|-----------|-------------|---------------|-------|--------|-------------|---------|-------|----------|----------------|--------------|
| 1            | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.       | 5          | 0,01      | 125         | 3,40          | 2     | 66,67  | 0,0028      | 16,62   | 28,90 | 0,034    | -3,38          | -0,11        |
| 2            | <i>Calophyllum sp.</i>                           | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,04    | 11,35 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| 3            | <i>Caryodendron orinocense</i> Karsten           | 3          | 0,01      | 75          | 2,04          | 2     | 66,67  | 0,0002      | 1,38    | 23,36 | 0,020    | -3,89          | -0,08        |
| 4            | <i>Cecopria sp.</i>                              | 4          | 0,01      | 100         | 2,72          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,40    | 12,15 | 0,027    | -3,60          | -0,10        |
| 5            | <i>Cedrela sp.</i>                               | 9          | 0,02      | 225         | 6,12          | 3     | 100,00 | 0,0032      | 19,11   | 41,75 | 0,061    | -2,79          | -0,17        |
| 6            | <i>Ceiba sp.</i>                                 | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,29    | 11,43 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| 7            | <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken       | 17         | 0,04      | 425         | 11,56         | 3     | 100,00 | 0,0012      | 7,29    | 39,62 | 0,116    | -2,16          | -0,25        |
| 8            | <i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.                | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,56    | 11,52 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| 9            | <i>Cupania sp.</i>                               | 3          | 0,01      | 75          | 2,04          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,28    | 11,89 | 0,020    | -3,89          | -0,08        |
| 10           | <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook. | 2          | 0,01      | 50          | 1,36          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,72    | 11,81 | 0,014    | -4,30          | -0,06        |
| 11           | <i>Eugenia sp.</i>                               | 5          | 0,01      | 125         | 3,40          | 2     | 66,67  | 0,0003      | 1,70    | 23,92 | 0,034    | -3,38          | -0,11        |
| 12           | <i>Ficus sp.</i>                                 | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,62    | 11,55 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| 13           | <i>Guarea sp.</i>                                | 3          | 0,01      | 75          | 2,04          | 2     | 66,67  | 0,0001      | 0,46    | 23,06 | 0,020    | -3,89          | -0,08        |
| 14           | <i>Huetea glandulosa</i> Ruiz & Pav.             | 9          | 0,02      | 225         | 6,12          | 1     | 33,33  | 0,0015      | 8,94    | 16,13 | 0,061    | -2,79          | -0,17        |
| 15           | <i>Inga sp.</i>                                  | 15         | 0,04      | 375         | 10,20         | 2     | 66,67  | 0,0010      | 6,12    | 27,66 | 0,102    | -2,28          | -0,23        |
| 16           | <i>Matayba sp.</i>                               | 2          | 0,01      | 50          | 1,36          | 2     | 66,67  | 0,0001      | 0,79    | 22,94 | 0,014    | -4,30          | -0,06        |
| 17           | <i>Nectandra sp.</i>                             | 3          | 0,01      | 75          | 2,04          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,55    | 11,97 | 0,020    | -3,89          | -0,08        |
| 18           | <i>Ocotea sp.</i>                                | 16         | 0,04      | 400         | 10,88         | 3     | 100,00 | 0,0004      | 2,51    | 37,80 | 0,109    | -2,22          | -0,24        |
| 19           | <i>Parkia sp.</i>                                | 20         | 0,05      | 500         | 13,61         | 3     | 100,00 | 0,0015      | 8,64    | 40,75 | 0,136    | -1,99          | -0,27        |
| 20           | <i>Persea sp.</i>                                | 3          | 0,01      | 75          | 2,04          | 2     | 66,67  | 0,0002      | 0,95    | 23,22 | 0,020    | -3,89          | -0,08        |
| 21           | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski         | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0014      | 8,34    | 14,12 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| 22           | <i>Pouroma sp.</i>                               | 3          | 0,01      | 75          | 2,04          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,50    | 11,96 | 0,020    | -3,89          | -0,08        |
| 23           | <i>Sapium sp.</i>                                | 2          | 0,01      | 50          | 1,36          | 2     | 66,67  | 0,0001      | 0,30    | 22,78 | 0,014    | -4,30          | -0,06        |
| 24           | <i>Schefflera sp.</i>                            | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,12    | 11,38 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| 25           | <i>Tabebuia sp.</i>                              | 15         | 0,04      | 375         | 10,20         | 3     | 100,00 | 0,0017      | 10,19   | 40,13 | 0,102    | -2,28          | -0,23        |
| 26           | <i>Wettiniasp.</i>                               | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0001      | 0,85    | 11,62 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| 27           | <i>Zigia sp.</i>                                 | 1          | 0,00      | 25          | 0,68          | 1     | 33,33  | 0,0000      | 0,05    | 11,35 | 0,007    | -4,99          | -0,03        |
| <b>Total</b> |  | <b>147</b> |           | <b>3675</b> | <b>100,00</b> |       |        | <b>0,02</b> |         |       |          | <b>-103,05</b> | <b>-2,82</b> |

**Anexo 12. Incremento periódico promedio en altura (IPH) y diámetro (IPD) de las especies de regeneración natural de cada tratamiento silvicultural.**

| Tratamientos                                       | IPH (cm) | IPD (cm) |
|--|----------|----------|
| <b>Pastos (T1)</b>                                 |          |          |
| <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 78,56    | 1,34     |
| <i>Ocotea sp.</i>                                  | 70,00    | 2,40     |
| <i>Vismia sp.</i>                                  | 53,13    | 0,78     |
| <i>Psidium guajava</i> L.                          | 49,58    | 0,44     |
| <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 48,71    | 0,73     |
| <i>Heliocarpus americanus</i> L.                   | 46,50    | 1,88     |
| <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 29,37    | 0,50     |
| <i>Ladenbergia sp.</i>                             | 18,80    | 0,49     |
| <b>Pastos + Plantación (T2)</b>                    |          |          |
| <i>Psychotria sp.</i>                              | 100,00   | 0,36     |
| <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 72,82    | 0,49     |
| <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 70,00    | 0,27     |
| <i>Caseariasp.</i>                                 | 55,93    | 0,42     |
| <i>Siparuna sp.</i>                                | 53,50    | 0,15     |
| <i>Psidium guajava</i> L.                          | 49,50    | 0,20     |
| <i>Vismia sp.</i>                                  | 40,13    | 0,30     |
| <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 38,60    | 0,76     |
| <b>Luzara (T3)</b>                                 |          |          |
| <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 52,50    | 0,59     |
| <i>Vismia sp.</i>                                  | 50,57    | 0,43     |
| <i>Pouroma sp.</i>                                 | 50,00    | 1,68     |
| <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 47,98    | 0,68     |
| <i>Siparuna sp.</i>                                | 47,50    | 0,14     |
| <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 46,54    | 0,37     |
| <i>Psychotria sp.</i>                              | 42,50    | 0,95     |
| <i>Nectandra sp.</i>                               | 38,50    | 0,07     |
| <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 34,32    | 0,32     |
| <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.         | 33,83    | 0,44     |
| <i>Ocotea sp.</i>                                  | 32,60    | 0,21     |
| <i>Inga sp.</i>                                    | 23,33    | 0,09     |
| <i>Psidium guajava</i> L.                          | 20,00    | 0,05     |
| <i>Ladenbergia sp.</i>                             | 16,35    | 0,31     |
| <i>Casearia sp.</i>                                | 8,18     | 0,50     |
| <i>Dendropanax sp.</i>                             | 7,00     | 0,25     |
| <i>Tetrorchidium sp.</i>                           | 5,00     | 0,37     |
| <i>Matayba sp.</i>                                 | 3,00     | 0,18     |
| <b>Luzara + Plantación (T4)</b>                    |          |          |
| <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski           | 170,00   | 2,27     |
| <i>Heliocarpus americanus</i> L.                   | 126,00   | 0,96     |
| <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.         | 82,50    | 0,72     |
| <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 69,80    | 0,67     |
| <i>Vismia sp.</i>                                  | 59,51    | 0,52     |
| <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 55,64    | 0,44     |
| <i>Palicourea sp.</i>                              | 54,53    | 0,20     |
| <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 48,06    | 1,05     |
| <i>Psidium guajava</i> L.                          | 45,00    | 1,16     |
| <i>Clusia sp.</i>                                  | 39,27    | 0,19     |
| <i>Caseariasp.</i>                                 | 37,69    | 0,31     |
| <i>Siparuna sp.</i>                                | 31,33    | 0,14     |
| <i>Persea sp.</i>                                  | 9,00     | 0,01     |
| <b>Bosque (T5)</b>                                 |          |          |
| <i>Miconia astroplocama</i> Donn. Sm.              | 50,00    | 0,05     |
| <i>Miconia dodecandra</i> ( Desr.) Cogn.           | 33,72    | 0,06     |
| <i>Caseariasp.</i>                                 | 23,15    | 0,05     |
| <i>Cupania sp.</i>                                 | 20,75    | 0,07     |
| <i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana)Ll. Williams | 18,73    | 0,09     |

Continuación del Anexo 12.....

| <b>Tratamientos</b>                  | <b>IPH (cm)</b> | <b>IPD (cm)</b> |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <i>Pouroma sp.</i>                   | 14,67           | 0,17            |
| <i>Pseudolmedia sp.</i>              | 14,28           | 0,15            |
| <i>Tovomita sp.</i>                  | 10,00           | 0,19            |
| <i>Hedyosmum sp.</i>                 | 10,00           | 0,01            |
| <i>Garcinia sp.</i>                  | 9,59            | 0,05            |
| <i>Ficus sp.</i>                     | 9,50            | 0,10            |
| <i>Ormosia sp.</i>                   | 8,04            | 0,04            |
| <i>Chrysoclamis sp.</i>              | 7,27            | 0,14            |
| <i>Psychotria sp.</i>                | 7,24            | 0,07            |
| <i>Nectandra sp.</i>                 | 6,38            | 0,17            |
| <i>Inga sp.</i>                      | 5,26            | 0,07            |
| <i>Persea sp.</i>                    | 4,90            | 0,04            |
| <i>Ocotea sp.</i>                    | 3,55            | 0,21            |
| <i>Trichillia sp.</i>                | 2,00            | 0,08            |
| <i>Hyeronima sp.</i>                 | 2,00            | 0,06            |
| <i>Elaeagia sp.</i>                  | 2,00            | 0,01            |
| <i>Otoba sp.</i>                     | 1,40            | 0,00            |
| <i>Schefflera sp.</i>                | 1,00            | 0,00            |
| <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav. | 1,00            | 0,01            |
| <i>Ladenbergia sp.</i>               | 1,00            | 0,20            |
| <i>Guarea sp.</i>                    | 0,83            | 0,24            |
| <i>Pouteria sp.</i>                  | 0,50            | 0,02            |
| <i>Tapirira sp.</i>                  | 0,00            | 0,00            |
| <i>Eugenia sp.</i>                   | 0,00            | 0,89            |
| <i>Wettiniasp.</i>                   | 0,00            | 0,02            |
| <i>Annona sp.</i>                    | 0,00            | 0,02            |
| <i>Marila sp.</i>                    | 0,00            | 0,10            |

**Anexo 13. Incremento periódico promedio en altura (IPH) y diámetro (IPD) de las especies plantadas de los tiramientos T2 y T4.**

| Tratamientos                                     | IPH (cm) | IPD (cm) |
|--|----------|----------|
| <b>Pastos + Plantación (T2)</b>                  |          |          |
| <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.    | 98,43    | 1,58     |
| <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski         | 79,41    | 0,97     |
| <i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.                | 78,75    | 0,47     |
| <i>Cecopria</i> sp.                              | 76,90    | 0,91     |
| <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.       | 53,03    | 0,47     |
| <i>Cedrela</i> sp.                               | 52,81    | 0,67     |
| <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook. | 43,56    | 0,78     |
| <i>Inga</i> sp.                                  | 41,78    | 0,66     |
| <i>Tabebuia</i> sp.                              | 37,39    | 0,41     |
| <i>Pseudolmedia</i> sp.                          | 32,00    | 0,20     |
| <i>Vitex</i> sp.                                 | 31,85    | 0,45     |
| <i>Weinmannia</i> sp.                            | 21,50    | 0,20     |
| <i>Persea</i> sp.                                | 20,27    | 0,04     |
| <i>Nectandra</i> sp.                             | 19,50    | 0,10     |
| <i>Huertia glandulosa</i> Ruiz & Pav.            | 19,31    | 0,13     |
| <i>Pouteria</i> sp.                              | 18,75    | 0,09     |
| <i>Lonchocarpus</i> sp.                          | 14,80    | 0,10     |
| <i>Calliandra trinervia</i> Benth.               | 14,10    | 0,11     |
| <i>Pouroma</i> sp.                               | 13,90    | 0,16     |
| <i>Matayba</i> sp.                               | 11,80    | 0,17     |
| <i>Platymiscium</i> sp.                          | 9,70     | 0,55     |
| <i>Sapium</i> sp.                                | 9,50     | 0,09     |
| <i>Ceiba</i> sp.                                 | 8,50     | 0,05     |
| <i>Tetrorchidium</i> sp.                         | 7,50     | 0,09     |
| <i>Caryodendron orinocense</i> Karsten           | 6,75     | 0,14     |
| <i>Dacryodes</i> sp.                             | 5,85     | 0,14     |
| <i>Parkia</i> sp.                                | 5,20     | 0,10     |
| <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke     | 3,90     | 0,06     |
| <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken       | 3,79     | 0,10     |
| <i>Guarea</i> sp.                                | 3,68     | 0,12     |
| <i>Aspidosperma</i> sp.                          | 3,05     | 0,06     |
| <i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell   | 2,95     | 0,15     |
| <i>Ocotea</i> sp.                                | 2,93     | 0,08     |
| <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.             | 2,68     | 0,04     |
| <i>Zigia</i> sp.                                 | 1,00     | 0,04     |
| <i>Schefflera</i> sp.                            | 0,90     | 0,24     |
| <b>Luzara + Plantación (T4)</b>                  |          |          |
| <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski         | 200,00   | 1,76     |
| <i>Sapium</i> sp.                                | 71,00    | 0,40     |
| <i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.                | 70,60    | 0,70     |
| <i>Cedrela</i> sp.                               | 44,87    | 0,53     |
| <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook. | 38,00    | 0,25     |
| <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.       | 37,82    | 0,53     |
| <i>Huertia glandulosa</i> Ruiz & Pav.            | 28,93    | 0,34     |
| <i>Matayba</i> sp.                               | 27,45    | 0,27     |
| <i>Parkia</i> sp.                                | 26,22    | 0,21     |
| <i>Persea</i> sp.                                | 25,50    | 0,19     |
| <i>Wettiniasp.</i>                               | 24,86    | 0,65     |
| <i>Zigia</i> sp.                                 | 16,70    | 0,03     |
| <i>Nectandra</i> sp.                             | 15,17    | 0,12     |
| <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken       | 14,64    | 0,20     |
| <i>Inga</i> sp.                                  | 14,07    | 0,19     |
| <i>Caryodendron orinocense</i> Karsten           | 12,80    | 0,15     |
| <i>Cecopria</i> sp.                              | 11,55    | 0,18     |
| <i>Ficus</i> sp.                                 | 11,50    | 0,45     |
| <i>Eugenia</i> sp.                               | 10,78    | 0,13     |

Continuación del Anexo 13....

| <b>Tratamientos</b>    | <b>IPH (cm)</b> | <b>IPD (cm)</b> |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| <i>Guarea sp.</i>      | 9,93            | 0,12            |
| <i>Ocotea sp.</i>      | 9,07            | 0,09            |
| <i>Ceiba sp.</i>       | 9,00            | 0,30            |
| <i>Pouroma sp.</i>     | 6,70            | 0,06            |
| <i>Schefflera sp.</i>  | 5,80            | 0,11            |
| <i>Tabebuia sp.</i>    | 4,93            | 0,15            |
| <i>Cupania sp.</i>     | 3,23            | 0,04            |
| <i>Calophyllum sp.</i> | 1,00            | 0,00            |

**Anexo 14. Incremento periódico promedio en altura (IPH) y diámetro (IPD) de las especies de regeneración natural agrupadas en tres gremios de acuerdo a la tolerancia a la luz.**

| <b>Etiquetas de fila</b>      | <b>IPHT (cm)</b> | <b>IP D(cm)</b> | <b># ind/esp</b> |
|-------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| <b>Hemieliófitas</b>          |                  |                 |                  |
| <i>Palicourea sp.</i>         | 54,53            | 0,20            | 3                |
| <i>Miconia astroplocama</i>   | 54,12            | 0,48            | 128              |
| <i>Miconia dodecandra</i>     | 49,17            | 0,44            | 49               |
| <i>Siparuna sp.</i>           | 44,45            | 0,14            | 10               |
| <i>Clusia sp.</i>             | 39,27            | 0,19            | 3                |
| <i>Alchornea glandulosa</i>   | 38,70            | 0,47            | 10               |
| <i>Graffenrieda cucullata</i> | 31,29            | 0,50            | 60               |
| <i>Casearia sp.</i>           | 31,27            | 0,35            | 19               |
| <i>Psychotria sp.</i>         | 27,65            | 0,32            | 8                |
| <i>Cupania sp.</i>            | 20,75            | 0,07            | 2                |
| <i>Hedyosmum sp.</i>          | 10,00            | 0,01            | 1                |
| <i>Garcinia sp.</i>           | 9,59             | 0,05            | 7                |
| <i>Ficus sp.</i>              | 9,50             | 0,10            | 1                |
| <i>Hyeronima sp.</i>          | 2,00             | 0,06            | 1                |
| <i>Elaeagia sp.</i>           | 2,00             | 0,01            | 1                |
| <i>Tapirira sp.</i>           | 0,00             | 0,00            | 1                |
| <i>Annona sp.</i>             | 0,00             | 0,02            | 1                |
| <b>Total</b>                  | <b>43,52</b>     | <b>0,43</b>     | <b>305</b>       |
| <b>Heliófitas</b>             |                  |                 |                  |
| <i>Heliocarpus americanus</i> | 86,25            | 1,42            | 2                |
| <i>Piptocoma discolor</i>     | 77,13            | 1,13            | 15               |
| <i>Vismia sp.</i>             | 52,05            | 0,57            | 48               |
| <i>Psidium guajava</i>        | 47,13            | 0,41            | 18               |
| <i>Pouroma sp.</i>            | 18,20            | 0,32            | 10               |
| <i>Ladenbergia sp.</i>        | 15,76            | 0,31            | 22               |
| <i>Inga sp.</i>               | 6,26             | 0,07            | 54               |
| <b>Total</b>                  | <b>32,80</b>     | <b>0,40</b>     | <b>169</b>       |
| <b>Escaliófitas</b>           |                  |                 |                  |
| <i>Pseudolmediasp.</i>        | 14,28            | 0,15            | 10               |
| <i>Nectandra sp.</i>          | 12,80            | 0,15            | 10               |
| <i>Tovomita sp.</i>           | 10,00            | 0,19            | 1                |
| <i>Ocotea sp.</i>             | 8,67             | 0,28            | 30               |
| <i>Ormosia sp.</i>            | 8,04             | 0,04            | 8                |
| <i>Chrysoclamis sp.</i>       | 7,27             | 0,14            | 3                |
| <i>Dendropanax sp.</i>        | 7,00             | 0,25            | 1                |
| <i>Persea sp.</i>             | 5,49             | 0,03            | 7                |
| <i>Tetrorchidium sp.</i>      | 5,00             | 0,37            | 2                |
| <i>Matayba sp.</i>            | 3,00             | 0,18            | 1                |
| <i>Trichillia sp.</i>         | 2,00             | 0,08            | 1                |
| <i>Otoba sp.</i>              | 1,40             | 0,00            | 2                |
| <i>Clarisia racemosa</i>      | 1,00             | 0,01            | 1                |
| <i>Schefflera sp.</i>         | 1,00             | 0,00            | 1                |
| <i>Guarea sp.</i>             | 0,83             | 0,24            | 3                |
| <i>Pouteria sp.</i>           | 0,50             | 0,02            | 2                |
| <i>Marila sp.</i>             | 0,00             | 0,10            | 1                |
| <i>Wettinia sp.</i>           | 0,00             | 0,02            | 3                |
| <i>Eugenia sp.</i>            | 0,00             | 0,89            | 1                |
| <b>Total</b>                  | <b>7,91</b>      | <b>0,18</b>     | <b>88</b>        |

**Anexo 15. Incremento periódico promedio en altura (IPH) y diámetro (IPD) de las especies plantadas agrupadas en tres gremios de acuerdo a la tolerancia a la luz.**

| <b>Etiquetas de fila</b>       | <b>IPH (cm)</b> | <b>IPD(cm)</b> | <b># ind/esp</b> |
|--------------------------------|-----------------|----------------|------------------|
| <b>Heliófitas</b>              | <b>36,11</b>    | <b>0,46</b>    | <b>77</b>        |
| <i>Ochroma pyramidale</i>      | 98,43           | 1,58           | 4                |
| <i>Piptocoma discolor</i>      | 92,81           | 1,06           | 9                |
| <i>Croton lechleri</i>         | 77,12           | 0,52           | 5                |
| <i>Cecopria sp.</i>            | 44,23           | 0,55           | 4                |
| <i>Inga sp.</i>                | 26,38           | 0,40           | 27               |
| <i>Cordia alliodora</i>        | 10,12           | 0,16           | 24               |
| <i>Pouroma sp.</i>             | 8,50            | 0,09           | 4                |
| <b>Total</b>                   | <b>36,11</b>    | <b>0,46</b>    | <b>77</b>        |
| <b>Hemieliófitas</b>           |                 |                |                  |
| <i>Alchornea glandulosa</i>    | 44,58           | 0,51           | 9                |
| <i>Erythrina poeppigiana</i>   | 42,63           | 0,69           | 6                |
| <i>Vitex sp.</i>               | 31,85           | 0,45           | 2                |
| <i>Tabebuia sp.</i>            | 17,91           | 0,26           | 20               |
| <i>Calliandra trinervia</i>    | 14,10           | 0,11           | 1                |
| <i>Ficus sp.</i>               | 11,50           | 0,45           | 1                |
| <i>Caryodendron orinocense</i> | 10,38           | 0,15           | 5                |
| <i>Cupania sp.</i>             | 3,23            | 0,04           | 3                |
| <i>Aspidosperma sp.</i>        | 3,05            | 0,06           | 2                |
| <i>Calophyllum sp.</i>         | 1,00            | 0,00           | 1                |
| <b>Total</b>                   | <b>23,47</b>    | <b>0,32</b>    | <b>50</b>        |
| <b>Escaliófitas</b>            |                 |                |                  |
| <i>Cedrela sp.</i>             | 49,83           | 0,62           | 24               |
| <i>Sapium sp.</i>              | 40,25           | 0,25           | 2                |
| <i>Pseudolmediasp.</i>         | 32,00           | 0,20           | 1                |
| <i>Wettiniasp.</i>             | 24,86           | 0,65           | 1                |
| <i>Huertea glandulosa</i>      | 22,52           | 0,20           | 21               |
| <i>Persea sp.</i>              | 22,51           | 0,10           | 7                |
| <i>Parkia sp.</i>              | 22,40           | 0,19           | 22               |
| <i>Weinmannia sp.</i>          | 21,50           | 0,20           | 1                |
| <i>Pouteria sp.</i>            | 18,75           | 0,09           | 2                |
| <i>Matayba sp.</i>             | 18,06           | 0,21           | 5                |
| <i>Nectandra sp.</i>           | 16,90           | 0,11           | 5                |
| <i>Lonchocarpus sp.</i>        | 14,80           | 0,10           | 2                |
| <i>Eugenia sp.</i>             | 10,78           | 0,13           | 5                |
| <i>Platymiscium sp.</i>        | 9,70            | 0,55           | 1                |
| <i>Zigia sp.</i>               | 8,85            | 0,04           | 2                |
| <i>Ceiba sp.</i>               | 8,75            | 0,18           | 2                |
| <i>Ocotea sp.</i>              | 7,99            | 0,09           | 17               |
| <i>Tetrorchidium sp.</i>       | 7,50            | 0,09           | 1                |
| <i>Dacryodes sp.</i>           | 5,85            | 0,14           | 4                |
| <i>Guarea sp.</i>              | 5,12            | 0,12           | 13               |
| <i>Cedrelinga cateniformis</i> | 3,90            | 0,06           | 2                |
| <i>Schefflera sp.</i>          | 3,35            | 0,18           | 2                |
| <i>Terminalia amazonia</i>     | 2,95            | 0,15           | 2                |
| <i>Clarisia racemosa</i>       | 2,68            | 0,04           | 4                |
| <b>Total</b>                   | <b>20,83</b>    | <b>0,23</b>    | <b>148</b>       |

## Anexo 16. Instalación de parcelas permanentes



Determinación de la parcela permanente



Instalación de las parcelas permanentes



Instalación de las parcelas de regeneración natural.

## Anexo 17. Recolección de datos de las especies evaluadas



Medición de la altura total de las especies leñosas



Medición de DAB de las especies leñosas



Recolección de datos en la hoja de campo

## Anexo 18. Recolección de suelos en las parcelas de los tratamientos silviculturales



Limpeza y cavado del suelo



Medición de la profundidad (30cm) y recolección suelo



Enfundado y etiquetado de las muestras de suelo