

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD

CRECIMIENTO DE LAS PLANTACIONES DE ESPECIES NATIVAS
Y SU RELACIÓN CON LA MOTIVACIÓN DE LOS FINQUEROS A
REFORESTAR EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE COSTA RICA.

Adrián Delgado Montero



CARTAGO, COSTA RICA

ENERO 2002.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL



INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD

CRECIMIENTO DE LAS PLANTACIONES DE ESPECIES NATIVAS
Y SU RELACIÓN CON LA MOTIVACIÓN DE LOS FINQUEROS A
REFORESTAR EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE COSTA RICA.

Adrián Delgado Montero



CARTAGO, COSTA RICA
ENERO 2002.

**CRECIMIENTO DE LAS PLANTACIONES DE ESPECIES NATIVAS
Y SU RELACIÓN CON LA MOTIVACIÓN DE LOS FINQUEROS A
REFORESTAR EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE COSTA RICA.**

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería Forestal
del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito
parcial para optar al grado de Bachiller en Ingeniería
Forestal.

Miembros del Tribunal

Ing. Olman Murillo Gamboa. Ph.D
Profesor Guía

Ing. Marvin Castillo Ugalde
Profesor Lector

Ing. Marcelino Montero Mata M.Sc.
Proyecto: Factibilidad de
Plantaciones Forestales y
de Árboles de América
Central, Universidad de
Helsinki /CATIE.

**CRECIMIENTO DE LAS PLANTACIONES DE ESPECIES NATIVAS Y SU RELACIÓN CON LA
MOTIVACIÓN DE LOS FINQUEROS A REFORESTAR EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE
COSTA RICA.**

*Adrián Delgado Montero**

Palabras clave: Plantaciones, promisorias, incremento, crecimiento, volumen, proyección, modelo.

RESUMEN.

El estudio se desarrolló en las parcelas permanentes del Proyecto de Especies Nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica del ITCR. El objetivo fue evaluar el crecimiento y la calidad de plantaciones forestales de *Dipteryx panamensis*, *Eucalyptus deglupta*, *Hyeronima alchorneoides*, *Stryphnodendrum microstachyum*, *Virola koschnyi*, *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis* y *Zanthoxylum mayanum*; e identificar factores socioeconómicos y preferencias de pequeños productores, que influyen en la reforestación.

Las variables evaluadas fueron: diámetro, altura total, forma, sanidad y calidad total del árbol. Los aspectos socioeconómicos y preferencias fueron registrados mediante encuestas y preguntas dirigidas a los propietarios de las plantaciones.

Se registraron los promedios de las variables por especie, los estimados de área basal, volumen y número de individuos por hectarea. Los porcentajes de las variables cualitativas, según el grado de severidad. Fueron tabulados los incrementos (ICA Dap-H e IMA Dap-H) con un análisis de varianza entre las zonas edafoclimáticas por especie. Se encontraron diferencias significativas a una misma edad, sin embargo, el crecimiento se compensa año tras año, entre zonas.

Con base en lo anterior se identificaron las especies *D. panamensis*, *H. alchorneoides*, *V. koschnyi*, *V. ferruginea* y *V. guatemalensis* como las más promisorias en reforestación. En las cuales, se confeccionó una tabla individual, con la distribución del número de individuos por hectárea y altura promedio por clase diamétrica según la calidad del árbol, proyectada a los 10 años de edad. Además se generaron modelos de predicción del crecimiento en diámetro y altura total por hectárea en función de la edad, subdivididos en Alto, Medio y Bajo rendimiento por especie.

*Informe de Práctica de Especialidad, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 2002.

DEDICATORIA.

Un joven, ya no daba más con sus problemas. Cayó de rodillas, rezando:

"Señor, no puedo seguir. Mi cruz es demasiado pesada".

El señor, como siempre, acudió y le contestó, *"Hijo mío, si no puedes llevar el peso de tu cruz, guárdala dentro de esa habitación. Después, abre esa otra puerta y escoge la cruz que tú quieras".*

El joven suspiró aliviado. *"Gracias, Señor"* dijo, e hizo lo que le había dicho.

Al entrar, vio muchas cruces, algunas tan grandes que no les podía ver la parte de arriba.

Después, vio una pequeña cruz apoyada en un extremo de la pared.

"Señor", susurró, *"quisiera esa que está allá".*

Y el Señor contestó,

*"Hijo mío, esa es la cruz que acabas de dejar".
Qué el Señor bendiga mis pasos por esta tierra...*

AGRADECIMIENTOS.

El autor desea expresar su sincero agradecimiento:

A, mi tío Marcelino Montero Mata, por su ayuda y colaboración para que este trabajo fuera posible.

A, mi profesor guía Olman Murillo Gamboa, por todo el aporte brindado durante la realización de este trabajo.

A, mi profesor lector Marvin Castillo Ugalde, por su amistad, paciencia y significativa ayuda en el trabajo de campo, que de no ser por él, no hubiera sido posible.

Al Proyecto: Factibilidad de Plantaciones Forestales y de Árboles de América Central, de la Universidad de Helsinki /CATIE y a la Academia de Finlandia por el financiamiento para el trabajo de campo.

A, los señores propietarios de cada una de las fincas, donde me atendieron de la forma más atenta y servicial.

Y, a todos los profesores, funcionarios y estudiantes del Instituto Tecnológico de Costa Rica, que de una u otra forma me enseñaron y ayudaron a tener lo que hoy poseo.

ÍNDICE GENERAL.

| | |
|--|------|
| RESUMEN. ----- | i |
| DEDICATORIA. ----- | ii |
| AGRADECIMIENTOS. ----- | iii |
| ÍNDICE GENERAL. ----- | iv |
| LISTA DE CUADROS. ----- | viii |
| LISTA DE FIGURAS. ----- | xi |
| INTRODUCCIÓN. ----- | 1 |
| OBJETIVOS. ----- | 3 |
| Objetivos Generales: ----- | 3 |
| Objetivos Específicos: ----- | 3 |
| REVISIÓN DE LITERATURA ----- | 4 |
| Descripción de las Especies. ----- | 7 |
| METODOLOGÍA. ----- | 11 |
| 1.Recolección de datos. ----- | 11 |
| 2.Información general del área de estudio. ----- | 11 |
| 3.Diseño Experimental. ----- | 11 |
| 4.Clima. ----- | 12 |
| 5.Suelos. ----- | 12 |
| 6.Localización y Descripción de los Sitios de Estudio. ----- | 14 |
| 7.Componente silvicultural. ----- | 20 |
| 7.1.Variables Cuantitativas. ----- | 20 |
| 7.1.1.Diámetro (Dap): ----- | 20 |
| 7.1.2.Altura total (H): ----- | 20 |
| 7.2.Variables Cualitativas. ----- | 20 |
| 7.2.1.Bifurcación: ----- | 20 |

CONTINUA PAGINA
SIGUIENTE

| | |
|--|----|
| 7.2.2.Reiteración: ----- | 20 |
| 7.2.3.Inclinación: ----- | 21 |
| 7.2.4.Rectitud: ----- | 21 |
| 7.2.5.Angulo de ramas: ----- | 21 |
| 7.2.6.Estado Fitosanitario: ----- | 21 |
| 7.3.Otras Variables. ----- | 22 |
| 7.3.1.Calidad total del árbol. ----- | 22 |
| 7.4.Procesamiento y análisis de la información. ----- | 23 |
| 7.4.1.Análisis cuantitativo de la Información. ----- | 23 |
| 7.4.2.Análisis de los Incrementos Corrientes e Incrementos Medios Anuales: ----- | 24 |
| 7.4.3.Tendencias de crecimiento. ----- | 24 |
| 7.4.4.Proyecciones de crecimiento. ----- | 24 |
| 7.4.5.Modelos para la predicción del crecimiento en diámetro y altura. ----- | 25 |
| 7.4.6.Análisis Cualitativo de la Información ----- | 26 |
| 8.Componente socioeconómico. ----- | 26 |
| 8.1.Procesamiento y análisis de la información. ----- | 26 |
| 9.Hipótesis. ----- | 27 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ----- | 28 |
| 1.Análisis cuantitativo de la Información ----- | 28 |
| 1.1.Número de individuos por hectárea. ----- | 29 |
| 1.2.Productividad en área basal. ----- | 30 |
| 1.3.Crecimiento en diámetro. ----- | 31 |
| 1.4.Crecimiento en altura. ----- | 33 |
| 2.Análisis de los Incrementos Corrientes Anuales e Incrementos Medios Anuales en: ----- | 35 |

cONTINUA PAGINA PAGINA SIGUIENTE

| | | |
|--------|--|----|
| 2.1. | Dipteryx panamensis. | 35 |
| 2.2 | Eucalyptus deglupta. | 36 |
| 2.3. | Hyeronima alchorneoides. | 36 |
| 2.4. | Stryphnodendrum microstachyum. | 37 |
| 2.5. | Virola koschnyi. | 37 |
| 2.6. | Vochysia ferruginea. | 37 |
| 2.7. | Vochysia guatemalensis. | 38 |
| 2.8. | Zanthoxylum mayanum. | 38 |
| 3. | Tendencias de crecimiento. | 39 |
| 3.1. | Dipteryx panamensis. | 39 |
| 3.1.1. | Análisis de los individuos por hectárea. | 40 |
| 3.1.2. | Análisis de área basal. | 41 |
| 3.2. | Hyeronima alchorneoides. | 43 |
| 3.2.1. | Análisis del número de individuos. | 44 |
| 3.2.2. | Análisis del área basal. | 44 |
| 3.3. | Virola koschnyi. | 47 |
| 3.3.1. | Análisis del número de individuos. | 48 |
| 3.3.2. | Análisis del área basal. | 49 |
| 3.4. | Vochysia ferruginea. | 51 |
| 3.4.1. | Análisis de los individuos por hectárea. | 52 |
| 3.4.2. | Análisis de área basal. | 52 |
| 3.5. | Vochysia guatemalensis. | 54 |
| 3.5.1. | Análisis del número de individuos. | 55 |
| 3.5.2. | Análisis de área basal. | 56 |
| 4. | Proyecciones de crecimiento. | 58 |
| 4.1. | Tabla proyectada para Dipteryx panamensis. | 58 |

CONTINUA PAGINA PAGINA SIGUIENTE

| | |
|---|-----|
| 4.2.Tabla proyectada para Hyeronima alchorneoides. ----- | 60 |
| 4.3.Tabla proyectada para Virola koschnyi. ----- | 63 |
| 4.4.Tabla proyectada para Vochysia ferruginea. ----- | 65 |
| 4.5.Tabla proyectada para Vochysia guatemalensis. ----- | 67 |
| 5.Modelos para la predicción del crecimiento en diámetro y altura. -- | 69 |
| 5.1.Dipteryx panamensis ----- | 69 |
| 5.2.Hyeronima alchorneoides ----- | 72 |
| 5.3.Virola koschnyi. ----- | 75 |
| 5.4.Vochysia ferruginea. ----- | 77 |
| 5.5.Vochysia guatemalensis. ----- | 80 |
| 6.Análisis Cualitativo de la Información ----- | 83 |
| 7.Análisis socioeconómico. ----- | 88 |
| 7.1.Descripción de los propietarios. ----- | 88 |
| 7.2.Descripción de las fincas. ----- | 89 |
| 7.3.Generalidades acerca del establecimiento de las plantaciones. - | 90 |
| 7.4.Aspectos Silviculturales. ----- | 92 |
| 7.5.Tendencias de los productores. ----- | 92 |
| 7.6.Aspectos sociales. ----- | 95 |
| 7.6.1.Política forestal. ----- | 95 |
| 7.6.2.Situación económica ----- | 96 |
| CONCLUSIONES. ----- | 97 |
| 1.Crecimiento de especies nativas. ----- | 97 |
| 2.Aspectos socioeconómicos. ----- | 98 |
| LITERATURA CITADA. ----- | 100 |

LISTA DE CUADROS.

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Características de las 8 especies nativas plantadas en la Zona Norte de Costa Rica..... | 7 |
| Cuadro 2. Nombre de los Propietarios de los sitios y su ubicación. | 14 |
| Cuadro 3. Características generales de los sitios en estudio. | 15 |
| Cuadro 4. Características y número de parcelas permanentes de muestreo establecidas por especie y por sitio en la Región Huetar Norte, con un espaciamiento de 3m * 3m..... | 16 |
| Cuadro 5. Distribución por especie del número de parcelas permanentes según zona edafoclimática para el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte. Enero de 2002..... | 18 |
| Cuadro 6. Descripción general del relieve y propiedades físicas de los suelos predominantes de cada uno de los sitios en estudio (Análisis de suelo realizado al momento del establecimiento de la plantación..... | 19 |
| Cuadro 7. Estadísticos generales de las parcelas con edades entre 8 y 11 años, por zona edafoclimática de la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 28 |
| Cuadro 8. Resumen de los análisis de varianza por especie, entre zonas edafoclimáticas de la Región Huetar Norte de Costa Rica, para cada una de las variables de crecimiento, en plantaciones con edades entre 8 y 11 años..... | 34 |
| Cuadro 9. Comparaciones múltiples por especie, entre las zonas edafoclimáticas de la Región Huetar Norte, para cada una de las variables de crecimiento estudiadas..... | 35 |
| Cuadro 10. Crecimiento observado para <i>Dipteryx panamensis</i> , en la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 40 |

CONTINUA PAGINA SIGUIENTE

| | |
|--|----|
| Cuadro 11. Crecimiento observado para <i>Hyeronima alchorneoides</i> , en el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 43 |
| Cuadro 12. Crecimiento observado para <i>Virola koschnyi</i> , en el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 48 |
| Cuadro 13. Crecimiento observado para <i>Vochysia ferruginea</i> , en el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 51 |
| Cuadro 14. Crecimiento observado para <i>Vochysia guatemalensis</i> , en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 55 |
| Cuadro 15. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad del árbol, su altura promedio y el volumen por hectárea, para <i>Dipteryx panamensis</i> a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 59 |
| Cuadro 16. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y el volumen por hectárea, para <i>Hyeronima alchorneoides</i> a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 61 |
| Cuadro 17. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y volumen por hectárea, para <i>Virola koschnyi</i> a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 63 |
| Cuadro 18. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y volumen por hectárea, para <i>Vochysia ferruginea</i> a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 65 |
| Cuadro 19. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y volumen por hectárea, para <i>Vochysia guatemalensis</i> a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 67 |

CONTINUA PAGINA SIGUIENTE

| | |
|---|----|
| Cuadro 20. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de <i>Dipteryx panamensis</i> , para las edades de 1,3,5 y 10 años..... | 71 |
| Cuadro 21. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de <i>Hyeronima alchorneoides</i> , para las edades de 1,3,5 y 9 años..... | 73 |
| Cuadro 22. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de <i>Dipteryx panamensis</i> , para las edades de 1,3,5 y 10 años..... | 76 |
| Cuadro 23. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de <i>Vochysia ferruginea</i> , para las edades de 1,3,5 y 8 años..... | 79 |
| Cuadro 24. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de <i>Vochysia guatemalensis</i> , para las edades de 1,3,5 y 10 años..... | 82 |
| Cuadro 25. Distribución del porcentaje promedio de árboles por hectárea, según la severidad de cada variable cualitativa, en ocho especies utilizadas para reforestación en la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 84 |
| Cuadro 26. Calificación que el productor le asignó a cada especie empleada para reforestación en la Región Huetar Norte, según su criterio y experiencia personal..... | 93 |

LISTA DE FIGURAS.

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio. | 13 |
| Figura 2. Crecimiento observado para diámetro y altura, en <i>Dipteryx panamensis</i> de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 42 |
| Figura 3. Crecimiento observado para diámetro y altura, en <i>Hyeronima alchorneoides</i> de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 46 |
| Figura 4. Crecimiento observado para diámetro y altura, en <i>Virola koschnyi</i> de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 50 |
| Figura 5. Crecimiento observado para diámetro y altura, en <i>Vochysia ferruginea</i> de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 53 |
| Figura 6. Crecimiento observado para diámetro y altura, en <i>Vochysia guatemalensis</i> de la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 57 |
| Figura 7. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para <i>Dipteryx panamensis</i> con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 60 |
| Figura 8. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para <i>Hyeronima alchorneoides</i> con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 62 |
| Figura 9. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para <i>Virola koschnyi</i> con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 64 |
| Figura 10. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para <i>Vochysia ferruginea</i> con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 66 |
| Figura 11. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para <i>Vochysia guatemalensis</i> con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica. | 68 |

CONTINUA PAGINA SIGUIENTE

| | |
|--|----|
| Figura 12. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para <i>Dipteryx panamensis</i> basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 69 |
| Figura 13. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para <i>Hyeronima alchorneoides</i> basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 72 |
| Figura 14. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para <i>Virola koschnyi</i> basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 75 |
| Figura 15. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para <i>Vochysia ferruginea</i> basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 77 |
| Figura 16. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para <i>Vochysia guatemalensis</i> basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica..... | 80 |

INTRODUCCIÓN.

En Costa Rica el acelerado deterioro que sufren en la actualidad nuestros bosques tropicales naturales, a causa de la tala para el aprovechamiento selectivo de madera y el cambio a usos no sustentables de la tierra, obliga al sector forestal a buscar soluciones a la demanda de madera.

Por lo anterior, hay muchas especies de árboles nativos que se usan en la industria forestal de los trópicos a escala mundial. Pero el número de especies que se utiliza en la reforestación es reducido (Evans, 1999).

La mayoría de las plantaciones forestales en los trópicos utilizan especies exóticas de rápido crecimiento, principalmente *Tectona grandis*, *Gmelina arborea* y *Eucalyptus sp.* (Evans, 1999). Sin embargo, la mayor parte de las maderas de aserrío aún provienen de bosques naturales, por lo cual y ante la creciente deforestación, se han promovido nuevas alternativas con la siembra de especies nativas.

Anteriormente como una medida para reducir la tasa de deforestación y como una manera de controlar los procesos de degradación de los ecosistemas naturales, el gobierno impulsó en la década de los años 70's, un proyecto a escala nacional para fomentar e incentivar la reforestación con fines de producción. Se favoreció aquellas especies con las cuales ya se había generado algún tipo de información en otros países tropicales.

Esta actitud provocó que al llegar la década de los 80's, el sector forestal se encontrara poco sistematizado en el área de plantaciones, y que las especies nativas fueran poco e incluso no consideradas en los programas de reforestación, debido a su escaso conocimiento productivo.

A principios de los años 90's, surge una serie de iniciativas en el país por establecer plantaciones con especies nativas de rápido crecimiento y alto valor maderable.

Las experiencias con especies nativas son relativamente recientes, por lo que no se cuenta aun con la información necesaria y suficiente acerca del comportamiento y manejo de estas plantaciones, fundamentalmente crecimiento y rendimiento.

Los agricultores y empresarios necesitan de mayor información sobre las especies, los lineamientos silviculturales, incluso las recomendaciones en la planificación y manejo de las plantaciones, con el fin de lograr un mayor desarrollo de la actividad forestal a una escala comercial.

Por lo tanto, el paso lógico a seguir es solventar la carencia de esta información.

El objetivo primordial de este trabajo es el de aportar la información y experiencias obtenidas por los productores incentivados a inicios de los 90's y contribuir al fortalecimiento del manejo de plantaciones de especies nativas. Además es necesario saber qué aceptación han tenido las plantaciones entre los productores y cuáles factores sociales y económicos inciden en la actividad forestal.

OBJETIVOS.**Objetivos Generales:**

Evaluar el crecimiento y la calidad de las plantaciones forestales de especies nativas de la región Huetar Norte de Costa Rica.

Identificar y analizar los factores socioeconómicos y las preferencias de pequeños productores, que influyen en la determinación del sistema de producción y especies a utilizar en la reforestación.

Objetivos Específicos:

- Medir y analizar los datos de las parcelas permanentes de especies nativas de la región Huetar Norte de Costa Rica, para producir información sobre su crecimiento y rendimiento.
- Evaluar cuantitativamente y cualitativamente la calidad de cada una de las especies investigadas.
- Analizar el potencial de las plantaciones con especies nativas en las diferentes zonas edafoclimáticas y condiciones de reforestación e identificar las especies más promisorias de la Región Huetar Norte de Costa Rica
- Analizar el comportamiento del incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) de las variables de crecimiento para *Dipteryx panamensis* (Almendro), *Eucalyptus deglupta* (Eucalipto), *Hyeronima alchorneoides* (Pilón), *Stryphnodendrum microstachyum* (Vainillo), *Virola koschnyi* (Fruta Dorada), *Vochysia ferruginea* (Botarrama), *Vochysia guatemalensis* (Cebo), *Zanthoxylum mayanum* (Lagarto).
- Conocer limitaciones socioeconómicas, incentivos y requerimientos básicos de los productores que promueven la reforestación en pequeña escala.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las plantaciones forestales tropicales pueden cumplir con una variedad de servicios incluyendo el suministro de productos de madera, acumulación de carbono, protección del suelo y aceleración de la regeneración natural (Parrotta, 1992; Lamb, 1998), entre otros. Con sus rendimientos relativamente altos, las plantaciones tropicales y subtropicales tienen el potencial para hacer contribuciones sustanciales a la producción de madera en el mundo (Evans, 1987; Evans, 1992; Wadsworth, 1997). Además, las plantaciones forestales también son una fuente de dinero en efectivo, economía y seguro para finqueros individuales que viven en estas regiones.

Los resultados de una serie de ensayos que empezaron a finales de los años 80, han identificado temporalmente las especies de árboles nativos más prometedoras para la reforestación en pequeñas fincas y en pasturas degradadas en las regiones de trópico húmedo de América Central (Butterfield, 1990; Butterfield y Fisher, 1994; Butterfield, 1995a-1995b; Butterfield y Espinosa, 1995; González y Fisher, 1994; Nichols, 1999; Nichols y González, 1992; Arguedas y Chaverri, 1997; Hagggar *et al.*, 1998).

En el caso de la actividad forestal en Costa Rica, investigaciones del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y otras instituciones como la Organización de Estudios Tropicales (OET) y la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), han generado información valiosa sobre el crecimiento, productividad, acumulación de biomasa y aspectos financieros en plantaciones experimentales con diferentes especies nativas en plantaciones. Para estas especies se ha estimado un turno de rotación para la producción de madera de aserrío entre 12-25 años y un volumen en pie esperado a la cosecha de 250-300 m³/ha.

Los estudios hasta el momento han sido de gran aporte, pero todavía son escasos y relativamente recientes, para permitir la toma de decisiones acertadas, sobre la utilización de estas especies a mayor escala en programas de reforestación. Sin embargo, las experiencias preliminares

llevadas a cabo por las instituciones anteriormente mencionadas, ponen de manifiesto el potencial que poseen muchas de estas especies nativas demostrado en ensayos de plantación.

A inicios de los 90's, especialistas del Proyecto Costarricense-Alemán (COSEFORMA), estimaron que en la Zona Norte de Costa Rica, existían más de 10000 has de tierras que inundan en forma temporal o permanente (Sage *et al*, 1995; citado por Guevara y Zamora, 1997).

Esta situación ha provocado que los proyectos de reforestación en la región con especies exóticas, principalmente *Gmelina arborea* (Melina) y *Eucalyptus sp* (Eucalipto), como también con especies nativas, tales como *Cordia alliodora* (Laurel) y *Vochysia ferruginea* (Botarrama), tuvieran problemas por la no-adaptación a las condiciones de anegación de los sitios de plantación, con las consecuentes pérdidas económicas para los productores (Sage *et al*, 1995; citado por Guevara y Zamora, 1997.).

Ante esta situación se inició, mediante COSEFORMA /ITCR, el Proyecto de Especies Nativas de la Zona Norte, con el fin de investigar y analizar el comportamiento inicial de las especies nativas con potencial para reforestar y que podrían adaptarse a las condiciones de alta humedad de los sitios en la Zona Norte (COSEFORMA /ITCR, 1995, citado por Guevara y Zamora, 1997).

En Costa Rica, la legislación forestal contempló incentivos* para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales, sobre todo en las pasturas abandonadas y otras áreas despobladas de árboles. Lo que ha aumentado el interés entre los finqueros locales por plantar especies nativas con el uso de estos incentivos.

Para 1994 se estima que el área reforestada en la Región Huetar Norte con especies nativas como Pílón, Cebo, Lagarto, Botarrama, Almendro, Fruta dorada, amarillón, etc., fue de aproximadamente de 944 has. Que se establecieron bajo incentivos otorgados por el estado (Ruiz, 1998, citado por Quiroz, 1999). Sin embargo, el número reducido de especies utilizadas en la reforestación para el goce de incentivos, limitó el uso de las especies nativas.

* Certificados de Abono Forestal (CAF) y Fondo de Desarrollo Forestal (FDF)

En el ámbito nacional, son pocas las investigaciones formales sobre demostración de especies forestales nativas, ya que más de un 25% del área plantada se ha perdido por diversas razones como son: el uso de material genético inapropiado, malas prácticas de establecimiento y manejo, la mala selección de la especie en función del sitio y un material de vivero poco seleccionado, entre otros (Rodríguez, 1996 citado por Barraza y Días, 1999).

Piotto (2001), reporta a *V. guatemalensis* como una de las especies nativas con más alta sobrevivencia (75.1%) en plantaciones establecidas en Sarapiquí con edades entre 6 y 11 años. Esta especie registra en esta zona un IMA Dap de 2.59cm /año y un área basal por hectárea de 29.54 m² a los 10.3 años de edad con un volumen de 299.3 m³ /ha. Con individuos rectos y poco bifurcados. Esta especie se reporta como una de las más productivas en la zona comparable con *Gmelina arborea*.

H. alchorneoides reporta un IMA Dap de 1.85cm /año en plantaciones de 6 a 11 años de edad. Esta especie se define como de relativo rápido crecimiento con un área basal a los 9 años de 13.33 m² /ha. Considerada por los productores como una de las maderas preciosas. Se reporta un 14.7% de los individuos con problemas de bifurcación. Y un mayor desarrollo en diámetro y altura en plantaciones puras que en plantaciones mixtas.

D. panamensis reporta un IMA Dap de 1.73cm /año e IMA H de 1.94m /año. Con un área basal de 11.73 m² /ha a los 10 años de edad, calificada como una especie de lento crecimiento y ciclos de corta relativamente largos. Según Piotto (2001), *V. ferruginea* registra a la edad de 9 años 24.69 m² /ha de área basal.

La especie *S. microstachyum* reporta una mortalidad total en plantaciones puras. Sin embargo con una sobrevivencia del 8.7% en plantaciones mixtas. Además *V. koschnyi* con un mejor crecimiento en diámetro y altura en plantaciones puras, con un área basal por hectárea de 28.55 m² (Piotto, 2001).

La mayoría de las especies utilizadas en la zona de Sarapiquí reportan un buen potencial productivo en plantaciones comerciales (rápido

crecimiento, alta sobrevivencia, buena forma y plasticidad a diferentes condiciones de sitio), (Piotto, 2001).

Descripción de las Especies.

En el Cuadro 1 se resume la información taxonómica, distribución, hábitat, de las especies nativas en estudio.

Cuadro 1. Características de las 8 especies nativas plantadas en la Zona Norte de Costa Rica.

| | <i>Dipteryx panamensis</i> | <i>Hyeronima alchorneoides</i> |
|-----------------------------------|--|--|
| Familia | Papilionaceae | Euphorbiaceae. |
| Nombres comunes | Almendro | Pilón, Zapatero. |
| Distribución | Zonas bajas y planicies de la costa atlántica. | Bh-T lluvioso de las zonas bajas del Sur, Norte y del Atlántico. |
| Requerimientos ambientales | Altitud: 20-1300 msnm. Precip.: 3500-5500 mm /año. Temperaturas: 24-30°C. | Altitud: 0-900 msnm. Temperatura: 20-30 °C. Precip.: 2000-6000 mm |
| Parámetros edáficos | Planicies muy húmedas con suelos aluviales o arenosos y, a veces, franco arcillosos y ácidos. | Terrenos planos hasta fuertemente ondulados. Texturas franco arenosas a arcillosas, soporta suelos ácidos, mal drenados, pedregosos y baja fertilidad. |
| Forma | Árbol emergente. Fuste recto, liso, sin gambas Dap: 1-1.5 m, copa semiesférica, ramas ascendentes | Fuste cilíndrico, gambas bien desarrolladas. Mediano a grande hasta de 45 m Dap: 1.2 m |
| Corteza | Pardo rojiza, lisa, con lenticelas verticales y en la parte interna es de color rojizo. | Fisurada, quebrada, rojiza y amarga. |
| Hojas | Imparipinnadas alternas, multifolioladas y raquis alado. | Alternas, enteras, cartaceas, pecioladas y estipuladas. |
| Flores | Panículas terminales o laterales, de color rosa-púrpura y hermafroditas | Dioico, San Carlos: Marzo y Junio. |
| Fruto | Drupa. | Drupa. |
| Semilla | Enero y febrero. | Febrero y Marzo. |
| Floración | Mayo a Julio | Mayo a Junio. |
| Fructificación | Julio | Enero a Marzo. |
| Usos | Construcción pesada, durmientes, mangos de herramientas, plataformas y carrocerías para vehículos. | Construcción pesada en general, estructural para puentes, postes de cerca y estacas, pilotaje y construcción marina debidamente preservada. |
| Madera | Extremadamente pesada. | Muy pesada. |
| PEB (g/cm³) | 0.83-1.09 | 0.63 |
| Pudrición | Alta durabilidad natural. | Moderadamente resistente. |
| Preservación | Difícil por el contenido de depósitos cristalinos | Poco difícil. |
| Trabajabilidad | Difícil. | Difícil. |
| Secado | Fácil | Rápido. |

Continuación del Cuadro 1.

| | <i>Stryphnodendrum microstachyum</i> | <i>Virola koschnyi</i> |
|-----------------------------------|---|---|
| Familia | Mimosaceae | Myristicaceae |
| Nombres comunes | Vainillo | Fruta Dorada. |
| Distribución | Pacífico seco y central hasta la Zona Norte y Atlántica. | Bh-T y bmh-T Zona Norte y Pens. Osa |
| Requerimientos ambientales | Temperatura: 24-30°C Precip.: 3500-5500mm. Altura de 0 a 800 m.s.n.m. | Esciófita parcial Altitud: 0-600 msnm. Temperatura: 24-30°C Precip.: 3500-5500mm. |
| Parámetros edáficos | Suelos planos con drenaje de bueno a moderado. | Terrenos planos hasta fuertemente ondulados. Suelo franco-arenosos, ácidos, suelos, con buen drenaje y fértiles, no soporta zonas inundables ni la competencia al inicio del desarrollo |
| Forma | Árbol grande, maderable. | Árbol de 30-40 m Dap: 1.0-1.5 m Tronco recto y cilíndrico, ramas horizontales, copa extendida y aplanada. |
| Corteza | Color grisáceo, ligeramente fisurada. | Pardo rojiza y la interna blanca rojiza. |
| Hojas | Compuestas paripinnadas, alternas, con estipula intrapeciolar. | Simples alternas, tomentosas |
| Flores | Abril a Julio | Dioica, color café |
| Fruto | ND | Cápsula color café dorado. |
| Semilla | 8900/Kg. | 325/Kg. |
| Floración | ND | Agosto a Diciembre |
| Fructificación | Junio a Julio. | Enero y Mayo |
| Usos | Carpintería general, construcción interna, cajas, cajones, muebles baratos, postes preservados y paredes de contención. | Chapa, contrachapado, cajas, andamios, ebanistería, postes, pulpa para papel, construcción de botes y muebles. |
| Madera | Liviana de bajo valor | Moderadamente liviana |
| PEB (g/cm³) | 0.39 | 0.37 |
| Pudrición | Durabilidad natural baja. | - |
| Preservación | ND | Fácil |
| Trabajabilidad | Fácil y acabado liso. | Fácil |
| Secado | Rápida sin defectos | Fácil |

Continuación del Cuadro 1.

| | <i>Vochysia ferruginea</i> | <i>Vochysia guatemalensis</i> |
|-----------------------------------|---|---|
| Familia | Vochysiaceae | Vochysiaceae |
| Nombres comunes | Botarrama | Cebo o Chanco |
| Distribución | Zona Norte, Atlántico y Sur Tierras bajas | Bh-T Región nor.-atlántica, Pacífico húmedo, Huetar Norte |
| Requerimientos ambientales | Temperamento heliófito Altitud:0-800 msnm Precip.: 2500-4000mm Temperatura: 20-27°C. | Heliófito Altitud: 0-900 msnm, Temperatura: 23-27 °C Precip.: 1600-3200 mm, con una estación seca de cuatro meses. |
| Parámetros edáficos | Crece bien en suelos pobres, ácidos 4.5-6 y poco fértiles pero bien drenados. Textura franca, franco-arcillosa | Suelos profundos buena fertilidad natural. Crece bien en suelos inundados, franco-arenosos, franco-arcillosos y compactados, se adapta a suelos ácidos y estériles. |
| Forma | Árbol de 20-35 m Dap: 40-80 cm Tronco recto o ligeramente torcido libre de ramas ascendentes hasta la mitad de su altura. | Árbol grande de hasta 40m Dap:1.0 y 1.8 m Tronco recto, cilíndrico, libre de ramas, de base cónica y alargada. Copa estratificada con ramas angulares. |
| Corteza | Lisa, color grisáceo, con pequeñas lenticelas verticales | Gruesa, grisácea, pequeñas fisuras verticales, sabor amargo. |
| Hojas | Simples opuestas, pecioladas, coriáceas muy ferrosas | Simples opuestas pecioladas, estipuladas. |
| Flores | Marzo y Junio | Paniculas axilares o terminales. |
| Fruto | Cápsula abobada | Cápsula. |
| Semilla | 30000/Kg. | 3600-10000/Kg. |
| Floración | Julio a Septiembre | Abril y Junio pero también Octubre-Noviembre. |
| Fructificación | Dos cosechas al año | Agosto y Septiembre |
| Usos | Construcción interna, carpintería general, formaletas, cajas para fósforos, palillos y pulpa para papel entre otros. | Cajas, cajones, formaletas, chapas para relleno, construcción interna y pulpa de papel. |
| Madera | Moderadamente liviana | Liviana |
| PEB (g/cm³) | 0.37 | 0.35 |
| Pudrición | Durabilidad natural es baja. | Poco a moderadamente resistente |
| Preservación | Fácil | Fácil |
| Trabajabilidad | Fácil | Fácil |
| Secado | Moderado | Moderado |

Continuación del Cuadro 1.

| | <i>Zanthoxylum mayanum</i> | <i>Eucalyptus deglupta</i> |
|-----------------------------------|---|---|
| Familia | Rutaceae | Myrtaceae |
| Nombres comunes | Lagarto | Eucalipto |
| Distribución | Regiones costeras y crecimientos secundarios con climas húmedos y muy húmedos. | Distribución natural, cerca del nivel del mar |
| Requerimientos ambientales | Altitud: 0-8000 msnm. Precip.: 1800-2000 mm Temperatura media: 24 °C. | Temperatura media: 30-32 °C. Altitud: 0-1100 msnm. |
| Parámetros edáficos | Suelos arcillosos, muy ácido a moderadamente ácido | Suelos aluviales muy húmedos y bien drenados. Se adapta a suelos de cenizas volcánicas. |
| Forma | Árbol de 25-40 m, ramas verticilado-horizontales. Dap:70 a 100 cm. Fuste es recto, cilíndrico, levemente fisurado, con gambas poco desarrolladas. | Árbol gigante hasta 85 m Dap:2 m, fuste es recto, libre de ramas, copa es abierta. |
| Corteza | Color grisáceo, con aguijones | Delgada, de color verde cuando joven y luego café rojizo, que se desprende en tiras largas. |
| Hojas | Simples alternas, sin estipula | Opuestas cuando el árbol es joven y cambian posteriormente a planas y alternas para mayor captación de luz. |
| Flores | ND | - |
| Fruto | ND | - |
| Semilla | 21600/Kg. | Agosto a octubre |
| Floración | Agosto a Octubre | Al cuarto año de Junio a julio |
| Fructificación | Noviembre a Enero. | Julio a agosto |
| Usos | Muebles, construcciones locales y tablilla. | Aserrío y postes para cercas o conducción eléctrica. |
| Madera | Moderadamente liviana. | De moderadamente liviana a moderadamente pesada según la edad |
| PEB (g/cm³) | ND | 0.30 a 0.43 madera joven 0.56 a 0.80 árboles maduros. |
| Pudrición | ND | Alta durabilidad natural |
| Preservación | ND | Fácil |
| Trabajabilidad | ND | Fácil |
| Secado | ND | Fácil, Rápido al aire |

Fuente: Recopilado de Guevara, C; Zamora, N.1997; Quirós, M. 1998; Barraza, D; Díaz, J.1999.

METODOLOGÍA.

La metodología del estudio fue dividida en dos aspectos; el primer aspecto constituyó la evaluación silvicultural y el segundo la obtención de la información socioeconómica del propietario de cada sitio.

1.Recolección de datos.

La recolección de la información se centró en dos partes. En la primera parte se estudió el comportamiento de las especies nativas en los diferentes sitios de establecimiento, cuantificando el crecimiento en diferentes edades y especies. La segunda parte consistió en el estudio socioeconómico de la muestra con el propósito de conocer los factores que prevalecieron en el establecimiento de plantaciones forestales. Se detectó el nivel de conocimiento que poseían los pequeños finqueros y se obtuvo información sobre sus preferencias silviculturales.

2.Información general del área de estudio.

El estudio se realizó en 137 parcelas permanentes de 172 parcelas establecidas originalmente por el proyecto COSEFORMA /ITCR, que presentan diferentes edades que varían de 7 a 11 años.

Estas parcelas fueron distribuidas en 24 sitios de la Región Huetar Norte, Costa Rica.

3.Diseño Experimental.

Las 137 parcelas evaluadas fueron establecidas entre 1990 y 1995.

Las parcelas son de forma cuadrada en la mayoría de los casos, algunas corresponden al sistema de siembra "Pata de gallo o tres bolillo". Los árboles dentro de la parcela fueron identificados con pintura siguiendo una numeración consecutiva en zigzag.

Las parcelas fueron plantadas con un total de 25, 49 y 81 árboles con dos hileras de efecto de borde como máximo.

Solamente en un sitio (Coopevega) se evaluaron parcelas de 78 árboles debido a que por problemas de área de la finca fueron establecidas de manera diferente.

4.Clima.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1978), las parcelas se encuentran distribuidas en las zonas de vida* Bosque húmedo Tropical, Bosque húmedo Tropical (bh-T)y Bosque muy húmedo transición a basal (bmh-T B); con una precipitación que va desde los 2000 hasta los 4000 mm / año, y una temperatura promedio anual de 25°C.

5.Suelos.

Los suelos de la Región Huetar Norte se caracterizan por ser arcillosos, de texturas pesadas, poco fértiles en términos generales y con pH normalmente ácido, fertilidad de media a baja, presenta principalmente suelos** de Orden Ultisol e Inceptisol***.

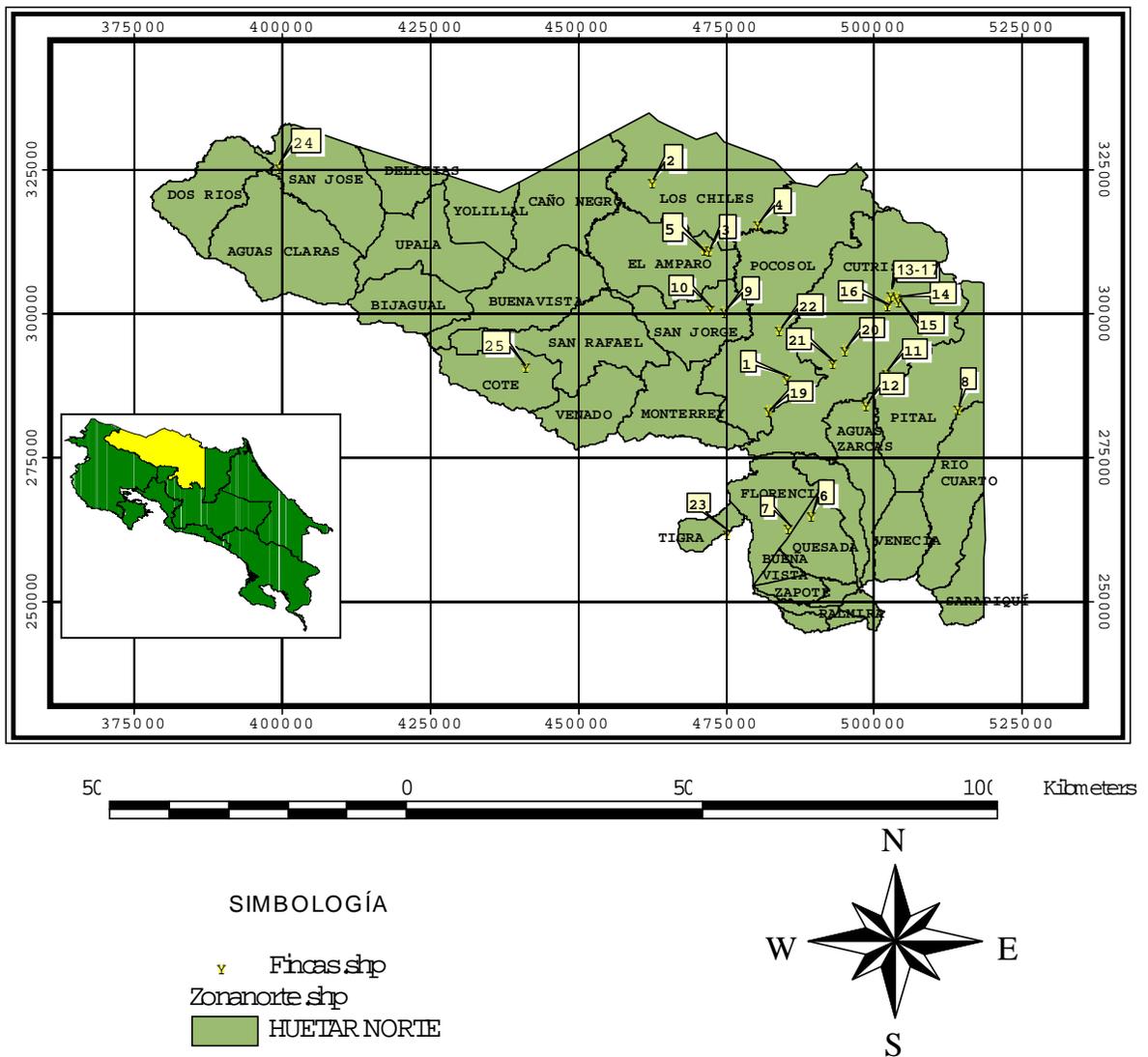
* Ver anexo 2. Mapa de zonas de vida para la Región Huetar Norte

** Ver anexo 3. Mapa de suelos para la Región Huetar Norte.

*** (*Latin Inceptum: Comienzo de suelo*) son suelos en formación, más desarrollados que un Entisol, Estos suelos generalmente se localizan en posiciones topográficas extremas. Poseen un perfil mas desarrollado que los Entisoles, presentando un horizonte B cambico o apenas diferenciándose.

Ultisol: suelos caracterizados por la acumulación de arcillas, hierro, con poca diferencia de texturas entre los horizontes A y B, bajo CICE y alta concentración de hierro y aluminio.

En la siguiente figura se muestra la distribución por distrito de los sitios en estudio.



Fuente:
 Mapa distrital de la Región Huetar Norte de Costa Rica
 Ubicación de proyectos, datos de GPS

Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

6. Localización y Descripción de los Sitios de Estudio.

A continuación se detalla la localización y descripción de los sitios en estudio. El código (número de sitio) será utilizado en los análisis posteriores para identificar cada plantación a la que se le hace referencia.

Cuadro 2. Nombre de los Propietarios de los sitios y su ubicación.

| Sitio | Propietario | Localidad | Coordenadas lambert | | Hoja Cartográfica* |
|-------|---------------------|----------------|---------------------|------------|-----------------------|
| | | | Horizontales | Verticales | |
| 1 | La Tite | San Gerardo | 288750 | 485750 | Tres Amigos 3347 I |
| 2 | CACCH | Los Chiles | 327215 | 462938 | Medio Queso 3248 I |
| 3 | Guillermo Rojas | Montealegre | 313610 | 472634 | Medio Queso 3248 I |
| 4 | Luis F. Peña | Escaleras | 318909 | 480667 | Medio Queso 3248 I |
| 5 | Arsenio Rojas | Montealegre | 314011 | 471790 | Medio Queso 3248 I |
| 6 | Adrián González | Cedral | 262108 | 489747 | Aguas Zarcas 3347 III |
| 7 | Jorge Maroto | Florencia | 259568 | 486051 | Aguas Zarcas 3347 III |
| 8 | Aventura Fo. | Chaparrón | 282750 | 514500 | Chaparrón 3347 I |
| 9 | Juan Vázquez | Chimurría | 301819 | 475122 | San Jorge 3248 II |
| 10 | María E. Vázquez | Chimurría | 302283 | 472729 | San Jorge 3248 II |
| 11 | Clemente Sirias | Los Almendros | 289750 | 502500 | Tres Amigos 3347 I |
| 12 | Coope San Juan | La Gloria | 283500 | 499000 | Tres Amigos 3347 I |
| 13 | Oscar Rodríguez (1) | El Jardín | 304957 | 503274 | Infiernito 3348 III |
| 14 | Oscar Rodríguez (2) | El Jardín | 304605 | 504338 | Infiernito 3348 III |
| 15 | Oscar Rodríguez (3) | El Jardín | 302974 | 502639 | Infiernito 3348 III |
| 16 | Oscar Rodríguez (4) | El Jardín | 302974 | 502639 | Infiernito 3348 III |
| 17 | Carlos Vega | Coopevega | 303990 | 504602 | Infiernito 3348 III |
| 19 | Miguel Valle | Buenos Aires | 282500 | 482500 | Monterrey 3247 I |
| 20 | Edwin Romero | Betania | 294250 | 495500 | Infiernito 3348 III |
| 21 | Olman González | Betania | 291750 | 493500 | Tres Amigos 3347 I |
| 22 | Carlos Bolaños | Rch. Quemado | 298247 | 484479 | San Jorge 3248 II |
| 23 | Eliécer Mora | Valle Azul | 258356 | 475744 | Fortuna 3247 II |
| 24 | Felipe Fernández. | San José-Upala | 329958 | 399834 | Cacao 3148 IV |
| 25 | Luis Paniagua | La Cabanga | 291076 | 441438 | Arenal 3247 IV |

* Costa Rica, Instituto Geográfico Nacional, 1969

Cuadro 3. Características generales de los sitios en estudio.

| Sitio | Precipitación media anual (mm) | Elevación (msnm) | Zona de Vida | Orden |
|-------|--------------------------------------|---------------------|--------------|-----------------------|
| 1 | 2201 | 80 | Bmh-P / TB | Ultisol Muy Húmedo |
| 2 | 2201 | 212 | Bh-T | Inceptisol Húmedo |
| 3 | 2201 | - | Bh-T / TB | Inceptisol Húmedo |
| 4 | 2201 | 70 | Bh-T / TB | Inceptisol Húmedo |
| 5 | 2201 | - | Bh-T / TB | Inceptisol Húmedo |
| 6 | 3200 | 284 | Bmh-P | Inceptisol Muy Húmedo |
| 7 | 3200 | 270 | Bmh-P | Inceptisol Muy Húmedo |
| 8 | 3397 | 100 | Bh-T | Ultisol Muy Húmedo |
| 9 | 2201 | 85 | Bh-T / TP | Ultisol Húmedo |
| 10 | 2987 | 65 | Bh-T / TP | Ultisol Húmedo |
| 11 | 3200 | - | Bmh-P / TB | Ultisol Húmedo |
| 12 | 3200 | 90 | Bmh-P / TB | Inceptisol Húmedo |
| 13 | 3200 | 222 | Bmh-T / TB | Ultisol Húmedo |
| 14 | 3200 | 177 | Bmh-T / TB | Ultisol Húmedo |
| 15 | 3200 | 119 | Bmh-T / TB | Ultisol Húmedo |
| 16 | 3200 | 119 | Bmh-T / TB | Ultisol Húmedo |
| 17 | 3200 | 88 | Bmh-T / TB | Ultisol Húmedo |
| 19 | 3200 | - | Bh-T / TB | Ultisol Húmedo |
| 20 | 3200 | - | Bmh-P / TB | Ultisol Húmedo |
| 21 | 3200 | - | Bmh-P / TB | Ultisol Húmedo |
| 22 | 2201 | 102 | Bmh-P / TB | Ultisol Húmedo |
| 23 | 3200 | 260 | Bmh-P | Ultisol Muy Húmedo |
| 24 | 2871 | 107 | Bh-T / TP | Ultisol Húmedo |
| 25 | 2987 | 206 | Bmh-P | Ultisol Húmedo |

Para efectos de análisis se codificó con un número cada zona edafoclimática, interpretándose de la siguiente forma:

- 1: Zona Inceptisol Húmedo.
- 2: Zona Inceptisol Muy Húmedo.
- 3: Zona Ultisol Húmedo.
- 4: Zona Ultisol Muy Húmedo.

Cuadro 4. Características y número de parcelas permanentes de muestreo establecidas por especie y por sitio en la Región Huetar Norte, con un espaciamiento de 3m * 3m.

| Sitio | Especie | Fecha de Plantación | Área total reforestada (ha) | Área de Parcela (m ²) | Número de Parcelas |
|-------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 1 | <i>H. alchorneoides</i> | 08-1992 | 2 | 729 | 2 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 2 |
| 2 | <i>E. deglupta</i> | 08-1993 | 1.05 | 225 | 1 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 4 |
| | <i>S. microstachyum</i> | | | | 1 |
| | <i>V. ferruginea</i> | | | | 4 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 4 |
| | <i>Z. mayanum</i> | | | | - |
| 3 | <i>Z. mayanum</i> | 10-1991 | 0.8 | 441 | 2 |
| 4 | <i>E. deglupta</i> | 11-1992 | 1.05 | 225 | 2 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 4 |
| | <i>S. microstachyum.</i> | | | | 4 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 4 |
| 5 | <i>D. panamensis</i> | 11-1990 | 0.35 | 225 | 4 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 3 |
| | <i>V. koschnyi</i> | | | | - |
| 6 | <i>D. panamensis</i> | 12-1990 | 0.3528 | 225 | 4 |
| | <i>V. koschnyi</i> | | | | 4 |
| 7 | <i>H. alchorneoides</i> | 09-1993 | 1 | 631 | 1 |
| 8 | <i>E. deglupta</i> | 08-1993 | 0.75 | 225 | 4 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 4 |
| | <i>S. microstachyum</i> | | | | 4 |
| | <i>Z. mayanum</i> | | | | - |
| 9 | <i>E. deglupta</i> | 10-1992 | 1 | 225 | - |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 4 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 4 |
| | <i>Z. mayanum</i> | | | | 3 |
| 10 | <i>H. alchorneoides</i> | 11-1992 | 1 | 729 | 1 |
| | <i>S. microstachyum</i> | | | | - |
| 11 | <i>D. panamensis</i> | 11-1990 | 0.35 | 225 | 4 |
| | <i>V. koschnyi</i> | | | | 4 |
| 12 | <i>D. panamensis</i> | 10-1990 | 0.35 | 195 | 4 |
| | <i>V. koschnyi</i> | | | | 4 |

Continuación del Cuadro 4.

| Sitio | Especie | Fecha de Plantación | Área total reforestada (ha) | Área de Parcela (m ²) | Número de Parcelas |
|-------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 13 | <i>D. panamensis</i> | 10-1990 | 0.35 | 195 | 4 |
| | <i>V. koschnyi</i> | | | | 4 |
| 14 | <i>E. deglupta</i> | 10-1992 | 1.05 | 225 | 4 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 4 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 4 |
| | <i>S. microstachyum</i> | | | | 2 |
| 15 | <i>V. ferruginea</i> | 09-1993 | 0.53 | 225 | 4 |
| | <i>Z. mayanum</i> | | | | - |
| 16 | <i>V. ferruginea</i> | 09-1994 | 1 | 729 | 1 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 1 |
| 17 | <i>E. deglupta</i> | 08-1993 | 0.8 | 702 | - |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 1 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 1 |
| | <i>S. microstachyum</i> | | | | 1 |
| 19 | <i>D. panamensis</i> | 07-1994 | 4 | 631 | 1 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 1 |
| | <i>V. ferruginea</i> | | | | 1 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 1 |
| 20 | <i>D. panamensis</i> | 07-1994 | 3.5 | 729 | 1 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 1 |
| | <i>V. ferruginea</i> | | | | 1 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 1 |
| 21 | <i>D. panamensis</i> | 08-1994 | 2 | 729 | 1 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 1 |
| | <i>V. ferruginea</i> | | | | 1 |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | 1 |
| 22 | <i>D. panamensis</i> | 08-1994 | 1.5 | 729 | - |
| | <i>V. ferruginea</i> | | | | - |
| | <i>V. guatemalensis</i> | | | | - |
| 23 | <i>D. panamensis</i> | 08-1994 | 0.8 | 441 | 1 |
| | <i>H. alchorneoides</i> | | | | 1 |
| | <i>V. ferruginea</i> | | | | 1 |
| | <i>S. microstachyum</i> | | | | 1 |
| 24 | <i>V. guatemalensis</i> * | 09-1994 | 1.5 | 784 | - |
| 25 | <i>V. guatemalensis</i> * | 10-1994 | 1.5 | 784 | 1 |

Fuente: Elaboración propia Enero de 2002.

* Espaciamiento 4m * 4m

Cuadro 5. Distribución por especie del número de parcelas permanentes según zona edafoclimática para el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte. Enero de 2002.

| Zona edafoclimática y sitio correspondiente | Especie | Edad | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------|---|---|----|----|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Inceptisol Húmedo (2,3,4,5,12) | <i>D. panamensis</i> | - | - | - | - | 8 |
| | <i>E. deglupta</i> | - | 1 | 2 | - | - |
| | <i>H. alchorneoides</i> | - | 4 | 4 | - | - |
| | <i>S. microstachyum</i> | - | 1 | 4 | - | - |
| | <i>V. ferruginea</i> | - | 4 | - | - | - |
| | <i>V. guatemalensis</i> | - | 4 | 4 | - | 3 |
| | <i>V. guatemalensis*</i> | - | - | - | - | - |
| | <i>V. koschnyi</i> | - | - | - | - | 4 |
| | <i>Z. mayanum</i> | - | - | - | 2 | - |
| | Inceptisol Muy Húmedo (6 y 7) | <i>D. panamensis</i> | - | - | - | - |
| <i>E. deglupta</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>H. alchorneoides</i> | | - | 1 | - | - | - |
| <i>S. microstachyum</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>V. ferruginea</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>V. guatemalensis</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>V. guatemalensis*</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>V. koschnyi</i> | | - | - | - | - | 4 |
| <i>Z. mayanum</i> | | - | - | - | - | - |
| Ultisol Húmedo, (9,10,11,13,14,15,16,17,18,19, 20,21,22,24 y 25) | | <i>D. panamensis</i> | 4 | - | - | - |
| | <i>E. deglupta</i> | - | - | 4 | - | - |
| | <i>H. alchorneoides</i> | 4 | 1 | 9 | - | - |
| | <i>S. microstachyum</i> | 1 | - | 5 | - | - |
| | <i>V. ferruginea</i> | 5 | 4 | - | - | - |
| | <i>V. guatemalensis</i> | 4 | 1 | 8 | - | - |
| | <i>V. guatemalensis*</i> | 1 | - | - | - | - |
| | <i>V. koschnyi</i> | - | - | - | - | 8 |
| | <i>Z. mayanum</i> | - | - | - | - | - |
| | Ultisol Muy Húmedo (1,8 y 23) | <i>D. panamensis</i> | - | - | - | - |
| <i>E. deglupta</i> | | - | 4 | - | - | - |
| <i>H. alchorneoides</i> | | - | 4 | 2 | - | - |
| <i>S. microstachyum</i> | | - | 4 | - | - | - |
| <i>V. ferruginea</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>V. guatemalensis</i> | | - | - | 2 | - | - |
| <i>V. guatemalensis*</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>V. koschnyi</i> | | - | - | - | - | - |
| <i>Z. mayanum</i> | | - | - | - | - | - |

* Distanciamiento 4m x 4m.

Cuadro 6. Descripción general del relieve y propiedades físicas de los suelos predominantes de cada uno de los sitios en estudio (Análisis de suelo realizado al momento del establecimiento de la plantación.

| Sitio | Uso anterior | Relieve | Textura | pH | Fertilidad | | |
|-------|--------------|-----------|--------------------------|-----|------------|-------------|----------------|
| | | | | | SA* (%) | SC** (cmol) | CICE*** (cmol) |
| 1 | Pasto | Plano | Arcillosa | 5.2 | Baja | Media | Media |
| 2 | Pasto | Plano | Arcilloso | 5.9 | Baja | Media | Media |
| 3 | Pasto | Plano | Arcilloso | 5.6 | Baja | Media | Media |
| 4 | Pasto | Plano | ND | 4.9 | Media | Baja | Baja |
| 5 | Pasto | Plano | Arcilloso | 5.5 | Baja | Media | Media |
| 6 | Agricultura | Ondulado | Franco-arcilloso | 5.1 | Baja | Media | Media |
| 7 | Agricultura | Inclinado | Arcilloso | 5.0 | Baja | Media | Media |
| 8 | Pasto | Plano | ND | 4.9 | Media | Media | Media |
| 9 | Pasto | Inclinado | ND | 5.9 | Baja | Media | Media |
| 10 | Pasto | Plano | ND | 5.9 | Baja | Media | Media |
| 11 | Pasto | Plano | ND | ND | ND | ND | ND |
| 12 | Charral | Plano | Arcilloso | 5.1 | Baja | Baja | Baja |
| 13 | Pasto | Inclinado | Arcilloso | 5.1 | Media | Baja | Baja |
| 14 | Pasto | Plano | Arcilloso | 5.1 | Media | Baja | Baja |
| 15 | Pasto | Inclinado | Arcilloso | 5.1 | Media | Baja | Baja |
| 16 | Pasto | Ondulado | Arcilloso | 5.1 | Media | Baja | Baja |
| 17 | Charral | Ondulado | Arcilloso | 4.8 | Media | Baja | Baja |
| 19 | Pasto | Ondulado | Arcilloso | 5.3 | Baja | Media | Media |
| 20 | Pasto | Ondulado | Arcilloso | 4.8 | Media | Baja | Baja |
| 21 | Pasto | Ondulado | Arcilloso | 5.5 | Baja | Baja | Baja |
| 22 | Pasto | Inclinado | Arcilloso | 5.2 | Baja | Media | Media |
| 23 | Agricultura | Plano | Franco-arenoso | 4.4 | Media | Media | Media |
| 24 | ND | Plano | ND | ND | ND | ND | ND |
| 25 | ND | Inclinado | Franco-arcilloso-arenoso | 5.5 | Baja | Baja | Baja |

* Saturación de Acidez

** Suma de Cationes

*** Capacidad de Intercambio Catiónico en Equilibrio

ND: no determinado

7.Componente silvicultural.

El trabajo de campo se desarrolló en las parcelas que mostraron más de un 50% de sobrevivencia. Para la toma de datos se utilizó como guía de medición un formulario de campo*. En la medición de las parcelas se utilizó la metodología establecida por Murillo y Camacho (1998), la cual se detalla a continuación:

Las variables a ser medidas fueron:

7.1.Variables Cuantitativas.

7.1.1.Diámetro (Dap):

Se midió el diámetro a la altura del pecho (1.3 m), para ello se utilizó una cinta diamétrica.

7.1.2.Altura total (H):

Se midió la altura hasta el ápice terminal de crecimiento, empleando un hipsómetro SUUNTO y una cinta métrica, tomando una medición a la base del árbol (ángulo de depresión) y otra al ápice (ángulo de elevación).

7.2.Variables Cualitativas.

7.2.1.Bifurcación:

Se evaluó esta condición anotando el valor de "2" a los individuos que presentaran esta característica, en caso contrario se anotó "1".

7.2.2.Reiteración:

En este criterio se evaluaron todos aquellos árboles que presentaban una rama gruesa que compitiera por asumir el crecimiento recto del eje principal.

0= Ausencia de reiteración

1= Presencia de reiteración

* Ver Anexo 4. Formulario de campo.

7.2.3. Inclinación:

Se anotó un "1" cuando el árbol se encontraba totalmente recto o ligeramente inclinado, en caso contrario un "2" cuando el árbol poseía más de 10° de inclinación con respecto a su plano vertical.

7.2.4. Rectitud:

Se determinó con el tipo de torceduras que presenta el árbol a lo largo de todo su fuste. La calificación fue de la siguiente manera:

1= Recto

2= Presencia de torceduras

7.2.5. Angulo de ramas:

El problema de nudos tanto muertos como vivos disminuye la calidad y estética del producto a obtener. Para este caso únicamente se aplicaron dos categorías.

1= Ángulo menor a 45°

2= Ángulo mayor a 45°

7.2.6. Estado Fitosanitario:

La presencia de cualquier problema fitosanitario dentro de la plantación es siempre una llamada de alerta para el silvicultor, ya que un descuido ante tal situación puede llegar a terminar con la destrucción de todo un proyecto. Se debe de registrar la incidencia y la severidad del problema fitosanitario, bajo tres categorías a saber:

Totalmente sano (calificación 1): árbol sin evidencia de problemas y con buena nutrición aparente.

Aceptablemente sano (calificación 2): árbol con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no se presente en más de un 50% del follaje, que no le halla provocado heridas severas o se encuentre bajo una alta probabilidad de muerte.

Enfermo (calificación 3): son aquellos árboles con características de sanidad que afectan el desarrollo normal del mismo. Por ejemplo: pérdida del eje dominante; pérdida del follaje u otros daños visibles en más del 50% del árbol; caída de ramas, canchales o pudriciones en el fuste, herrumbres, etc.

Grano en espiral: Se anotó un "1" cuando no estaba presente y un "2" cuando si estaba presente en el fuste.

7.3.Otras Variables.

7.3.1.Calidad total del árbol.

La evaluación de la calidad total de un individuo en el campo está ligada a factores de sitio y a características mismas de una especie que influyen directamente en las características fenotípicas del mismo. Esta es una variable compuesta que reúne varias características determinantes en la calidad de un árbol, con fines principalmente para producir madera para aserrío (Murillo y Camacho 1997). Las categorías propuestas para esta evaluación son:

Calidad 1 o sobresaliente: Árbol o fuste recto o muy ligeramente torcido, sin inclinaciones del fuste respecto a un eje vertical, sin ramas en sus primeras trozas y con un diámetro de muñón < 12-15 cm. Ausencia total de plagas y enfermedades, heridas, nudos grandes, grano en espiral, aletones en la base y cola de zorro. Individuos de posición sociológica dominante o codominante.

Calidad 2 o normal: Árbol con el fuste levemente torcido o levemente inclinado, con presencia de grano en espiral leve y con ramas que se insertan en el fuste con un ángulo de 60°. Presencia o evidencia de al menos una rama gruesa o gran cantidad de ramas delgadas. En especies verticiladas, más de dos verticilos por metro lineal de fuste y/o con más de cinco ramas por verticilo. Presencia de aletones basales no pronunciados. Individuos de posición sociológica dominante o codominante.

Calidad 3 o defectuosa: Árbol que presenta al menos una de las siguientes características o condiciones que le permiten un aserrío de tan solo un 50% del fuste: torceduras severas, grano en espiral, árbol muy inclinado,

con bifurcaciones, con aletones basales evidentes y pronunciados, ramas muy gruesas, abundantes o insertando en ángulo de menos de 45°, heridas importantes en el fuste, presencia de ramas viejas o daños por plagas y enfermedades. Con más de dos verticilos por metro lineal de fuste y/o con más de 4-5 ramas por verticilo. Individuos de posición sociológica codominante o intermedios.

Calidad 4 o Árbol no aserrable: Son aquellos árboles totalmente no aserrables, tanto por sus características físicas como por sus dimensiones (menores a 10 cm de diámetro sin corteza). Su utilidad es exclusiva para leña, en postes rollizos o biomasa. Se incluyen aquí también todos los individuos de posición sociológica intermedios o suprimidos. No se midió la calidad por trozas, la posición sociológica, ni la vigorosidad del árbol, para facilitar el manipuleo y procesamiento de los datos durante el análisis.

En este estudio no se midió la calidad por trozas, la posición sociológica, ni la vigorosidad del árbol.

7.4. Procesamiento y análisis de la información.

7.4.1. Análisis cuantitativo de la Información.

La información recolectada en la medición de las parcelas (diámetro a la altura del pecho "DAP", altura total, forma y defectos del fuste) fue procesada a través de la transferencia de la información de los formularios de campo para la base de datos al software Excel-2000.

Se calculó el área basal y el volumen total promedio por hectárea. Para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Área Basal: } \pi/4 * \text{Dap}^2 * N$$

Donde:

Dap: diámetro a la altura del pecho (1.3 m).

N: número de individuos.

$$\text{Volumen total: } \pi/4 * \text{Dap}^2 * h * N * f$$

Donde:

h: altura total del árbol.

f: factor de forma (0.5).

7.4.2. Análisis de los Incrementos Corrientes e Incrementos Medios Anuales:

Además se procedió a calcular el Incremento corriente anual (ICA) e Incremento Medio Anual (IMA), para las variables diámetro, altura y volumen, mediante las siguientes formulas:

$$\text{ICA: } Dap_f - Dap_i$$

Donde:

Dap_f : diámetro final
 Dap_i : diámetro inicial

$$\text{IMA: } \frac{Xn}{E}$$

Donde:

X : Variable de interés del año "n"
 E : edad de la plantación en años

7.4.3. Tendencias de crecimiento.

Se relacionó el crecimiento con la zona edafoclimática. Se realizó un análisis de varianza empleando el software SAS* para identificar diferencias en crecimiento entre las zonas edafoclimáticas están las diferencias significativas de crecimiento.

Para el análisis comparativo entre especies, fueron utilizados los valores de las variables de crecimiento (altura y diámetro) en edades similares, mediante la representación gráfica de los valores.

7.4.4. Proyecciones de crecimiento.

Empleando la base de datos de campo correspondiente a la medición 2001, se procedió a la confección de una tabla por especie. Para cada caso se incluyó la distribución de individuos por clase diamétrica según la calidad total por individuo, su altura promedio y volumen estimado. Esta tabla es una proyección de crecimiento a los 10 años de edad; empleando los valores promedio del incremento corriente anual de la última medición. La proyección no se realizó más allá de los dos años.

* Statistics Analysis System

7.4.5. Modelos para la predicción del crecimiento en diámetro y altura.

Con la base de datos ya existente, fueron desarrollados modelos o ecuaciones para la predicción del crecimiento de: *Dipteryx panamensis* (Almendra), *Hyeronima alchorneoides* (Pilón), *Virola koschnyi* (Fruta Dorada), *Vochysia ferruginea* (Botarrama), *Vochysia guatemalensis* (Cebo), que fue calculado basándose en la altura promedio de los árboles en una hectárea de plantación.

Para la ejecución de estos modelos matemáticos se trabajó con la base de datos existente. Previamente fue graficada cada base de datos por especie en función de la edad, con el fin de observar y eliminar inconsistencias (crecimientos negativos, nulos o ilógicos, o que se escaparan de la realidad). Se emplearon datos correspondientes a 1 o 2 años de edad en adelante, dependiendo de la base de datos disponible.

Como base de comparación se empezó con los modelos de Schumacher y Chapman-Richards (Clutter *et al.*, 1983), aplicados tanto al diámetro como a la altura total en función de la edad.

Modelo de Schumacher: $X = a + (b/e^c)$

Modelo de Chapman-Richards: $X = a*(1-\exp(-b*e))^c$

Donde: a, b y c : parámetros o coeficientes a estimar
 e : edad (años)

Posteriormente se analizaron modelos empíricos o modificaciones de los anteriores, en función de principios biológicos.

Para la generación de los modelos de crecimiento se empleó el software SYSTAT 10, analizando por regresión no lineal el ajuste de cada uno de ellos. Para ello se comparó el modelo que maximizara el coeficiente de determinación $r^2_{ajustado}$, y gráficamente se observó el comportamiento de la curva generada por el modelo con respecto a la distribución de los datos. Además se seleccionó el modelo que mostrara una tendencia biológica proyectando la edad a 50 años como máximo.

Una vez seleccionado el modelo de interés, se procedió a dividir la base de datos original en dos subgrupos: datos inferiores y datos superiores al estimado por la curva de crecimiento. Hecha la subdivisión, se generaron nuevamente los coeficientes del modelo para cada subgrupo. Esto con el fin de generar una subdivisión de crecimiento superior, medio y bajo.

7.4.6. Análisis Cualitativo de la Información

Este análisis se basó en una subdivisión de las características cualitativas por especie. Se confeccionó un cuadro resumen donde se identifica y se muestran los porcentajes en cada especie de las variables evaluadas dependiendo del grado de severidad con que se registraron.

8. Componente socioeconómico.

La recolección de la información socioeconómica se realizó mediante la aplicación de una encuesta con preguntas dirigidas a los aspectos socioeconómicos y silviculturales. Se buscó obtener información sobre las razones socioeconómicas que prevalecen en el establecimiento y manejo de plantaciones forestales, evaluar el grado de conocimiento, experiencia y las preferencias de los propietarios de cada uno de los sitios evaluados silviculturalmente.

Se visitaron los productores, donde se realizó la entrevista y las observaciones relevantes para satisfacer las necesidades de la investigación.

La mayoría de las preguntas de la encuesta fueron previamente codificadas para facilitar el uso de la información. En caso donde no hubo restricciones para las respuestas, como preguntas abiertas, la codificación fue hecha posteriormente para facilitar el análisis de los resultados.

8.1. Procesamiento y análisis de la información.

Para el procesamiento de las encuestas se elaboró en una hoja electrónica con una lista de códigos con cada pregunta, con el fin de ordenar todas las respuestas. En el caso de preguntas abiertas se examinaron las respuestas, para luego agruparlas en una sola idea generalizada.

Para el análisis de la información de la encuesta con preguntas dirigidas se confeccionó una matriz de las respuestas y las diversas variables, para tener una idea de las diferentes opiniones. Además se calcularon los porcentajes para el total de la muestra

9. Hipótesis.

- Las plantaciones forestales con las especies nativas como *Hyeronima alchorneoides* (Pilón), *Vochysia ferruginea* (Botarrama) y *Vochysia guatemalensis* (Cebo) presentan los mayores crecimientos, en términos de altura y diámetro.
- Las plantaciones forestales de *Stryphnodendrum microstachyum* (Vainillo) es una especie de bajo potencial para la reforestación en la Zona Norte de Costa Rica.
- Las plantaciones forestales bajo condiciones de raleo como tratamiento silvicultural, disminuye considerablemente el número de individuos de calidad 3 y 4.
- Las variables cualitativas y cuantitativas demuestran ser adecuadas en cuanto al uso e interpretación de los resultados en este tipo de trabajos.
- No se presentan diferencias significativas entre los incrementos ICA e IMA en las variables diámetro y altura total entre las zonas edafoclimáticas de la Región Huetar Norte
- La participación en programas de incentivos a la reforestación ha influido en la toma de decisiones del productor en cuanto al tipo de sistema de producción y las especies a utilizar en la reforestación.
- Las plantaciones existentes hoy en día corresponden mayoritariamente a plantaciones establecidas con incentivos del estado y minoritariamente establecidas mediante fondos propios de los productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1. Análisis cuantitativo de la Información.

En el Cuadro 7 se presentan los datos de crecimiento por hectárea y especie, en edades de 8 a 11 años, de acuerdo a la zona edafoclimática en que fueron establecidas las parcelas.

Cuadro 7. Estadísticos generales de las parcelas con edades entre 8 y 11 años, por zona edafoclimática de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Especie | Zona | EDAD (años) | N/Ha | AB (m ²) | Dap (cm) | H (m) | ICA | | IMA | |
|-------------------------|------|----------------|------|-------------------------|-------------|----------|----------|-------|----------|-------|
| | | | | | | | Dap (cm) | H (m) | Dap (cm) | H (m) |
| <i>D. panamensis</i> | 1 | 11 | 878 | 8.8 | 11.3 | 13.7 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | 1.2 |
| | 2 | 11 | 456 | 4.5 | 11.2 | 13.7 | 0.5 | 0.3 | 1.0 | 1.2 |
| | 3 | 11 | 822 | 10.3 | 12.6 | 12.3 | 0.8 | 0.6 | 1.1 | 1.1 |
| <i>E. deglupta</i> | 1 | 9 | 333 | 7.5 | 17.0 | 19.6 | 1.0 | 1.3 | 1.9 | 2.2 |
| | 3 | 9 | 306 | 5.2 | 14.7 | 17.8 | 0.2 | 0.4 | 1.6 | 2.0 |
| | 4 | 8 | 389 | 6.4 | 14.4 | 19.6 | 0.5 | 0.7 | 1.8 | 2.4 |
| <i>H. alchorneoides</i> | 1 | 9 | 844 | 9.6 | 11.9 | 13.2 | 1.6 | 1.6 | 1.3 | 1.5 |
| | 2 | 8 | 521 | 6.8 | 12.9 | 10.9 | 0.8 | 0.3 | 1.6 | 1.4 |
| | 3 | 9 | 781 | 12.8 | 14.7 | 15.4 | 0.9 | 1.4 | 1.6 | 1.7 |
| | 4 | 9 | 508 | 8.2 | 14.4 | 15.7 | 0.9 | 1.0 | 1.6 | 1.7 |
| <i>S. microstachyum</i> | 1 | 9 | 511 | 8.8 | 14.9 | 8.7 | 1.9 | 1.2 | 1.7 | 1.0 |
| | 3 | 9 | 756 | 12.1 | 14.4 | 10.0 | 0.5 | 0.7 | 1.6 | 1.1 |
| | 4 | 8 | 600 | 15.1 | 17.9 | 18.0 | 1.0 | 1.6 | 2.2 | 2.3 |
| <i>V. ferruginea</i> | 1 | 8 | 767 | 14.3 | 15.2 | 10.3 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.3 |
| | 3 | 8 | 511 | 19.2 | 22.0 | 12.1 | 2.2 | 1.6 | 2.7 | 1.5 |
| <i>V. guatemalensis</i> | 1 | 11 | 519 | 24.9 | 24.6 | 14.6 | 1.3 | 0.8 | 2.2 | 1.3 |
| | 3 | 9 | 750 | 29.2 | 22.6 | 17.9 | 1.3 | 1.6 | 2.5 | 2.0 |
| | 4 | 9 | 446 | 18.8 | 23.0 | 17.7 | 1.2 | 1.0 | 2.6 | 2.0 |
| <i>V. koschnyi</i> | 1 | 11 | 700 | 12.9 | 15.4 | 13.8 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.3 |
| | 2 | 11 | 667 | 19.2 | 19.1 | 14.5 | 1.1 | 0.8 | 1.7 | 1.3 |
| | 3 | 11 | 922 | 17.9 | 15.7 | 11.8 | 1.0 | 1.0 | 1.4 | 1.1 |
| <i>Z. mayanum</i> | 1 | 10 | 465 | 8.2 | 15.0 | 18.6 | 0.3 | 0.6 | 1.5 | 1.9 |

N / ha: número de individuos promedio por hectárea.

AB: área basal por ha.

Dap: diámetro a 1.3 m de altura en cm

H: altura total en m

ICA: Incremento Corriente Anual.

IMA: Incremento Medio Anual

Z1= Inceptisol húmedo

Z2= Inceptisol muy húmedo

Z3= Ultisol húmedo

Z4= Ultisol muy húmedo

1.1. Número de individuos por hectárea.

La densidad de las parcelas evaluadas corresponde mayoritariamente a un espaciamiento 3 m * 3 m. En estas parcelas se efectuaron actividades de manejo, específicamente podas y raleos, en su mayoría en las primeras etapas de crecimiento, entre los tres y cuatro años. El material plantado fue producido en bolsa.

De acuerdo con los resultados del cuadro 7, se puede observar que la especie *V. ferruginea* a la edad de 8 años, posee una sobrevivencia por hectárea de 767 N /ha (69%) en la zona Inceptisol Húmedo (Z1) y de 511 N /ha (46%) para la zona Ultisol húmedo (Z3).

La especie *H. alchorneoides* con la misma edad registró sobrevivencia de 521 N /ha (46.9%) en la zona Inceptisol Muy Húmedo (Z2) bajo condiciones similares de manejo. Mientras que para *S. microstachyum* y *E. deglupta* presenta 600 N /ha (54%) y 389 N /ha (35%) respectivamente, ambas especies establecidas en la zona Ultisol Muy Húmedo (Z4).

Cabe mencionar que esta última especie no es una nativa de la Región Huetar Norte (RHN), sin embargo, fue utilizada como especie testigo dentro del proyecto, mostrando un crecimiento inferior a las nativas de la región. De igual forma con la especie *S. microstachyum*, que a pesar de ser nativa, su ritmo de crecimiento no fue el esperado.

A la edad de 9 años *H. alchorneoides* registró en la zona Inceptisol Húmedo (Z1) e Ultisol Húmedo (Z3), la mayor sobrevivencia con 844 N /ha (76%) y 781 N /ha (70%) respectivamente. Seguido en esta última zona por *S. microstachyum* con 756 N /ha (68%) y *V. guatemalensis* con 750 N /ha (67.5%). En menor porcentaje se registró *E. deglupta* con 306 N /ha (27.5%).

La única especie presente con edad de 10 años fue *Z mayanum*, la cual mostró sobrevivencia del 42 % con 465 N /ha en la zona Inceptisol Húmedo (Z1). Este bajo porcentaje obedece principalmente al poco manejo que se le dio a la especie en los primeros años de desarrollo de la plantación, provocando una mortalidad muy alta.

En edad de 11 años *V. koschnyi* muestra un 60% de sobrevivencia 667 N/ ha en la zona Inceptisol Muy Húmedo (Z2) y un 83% 922 N /ha para Ultisol Húmedo (Z3). Superando en esta última zona a *Dipteryx panamensis* con 74% 822 N /ha. Sin embargo es superior en Inceptisol Húmedo (Z1) con 878 N /ha (79%) e inferior en Inceptisol Muy Húmedo (Z2) en 456 N /ha (41%).

En resumen la zona con mayor tasa de sobrevivencia para las especies en estudio corresponde a la zona Inceptisol Húmedo. Seguido de la zona Ultisol Húmedo, bajo las mismas condiciones de manejo entre los tres y cuatro primeros años del establecimiento.

Los suelos Inceptisoles son suelos en formación; sin embargo son más desarrollados que los Entisoles. Estos suelos generalmente se localizan en posiciones topográficas extremas y poseen un horizonte B cámbico (en formación), generalmente con una baja saturación de bases al igual que los suelos Ultisoles.

Los Ultisoles presentan una acumulación de arcillas, hierro y aluminio en horizonte B ácido, profundos, bien drenados, pero con baja fertilidad.

La presencia del hierro y el aluminio ocasionan un desbalance de las relaciones entre los cationes básicos Ca (Calcio), Mg (Magnesio) y K (Potasio). Sin embargo, las especies nativas seleccionadas para reforestación en la RHN de Costa Rica requieren como parámetros edáficos suelos arcillosos, de muy ácidos a moderadamente ácidos (pH 4.5-6). Estas se adaptan a suelos pobres y poco fértiles pero bien drenados, de textura franca, franco-arcillosa, planicies muy húmedas aluviales. Por lo anterior se cree que estas zonas edafoclimáticas son las más aptas para el crecimiento de las nativas.

1.2.Productividad en área basal.

De acuerdo con el cuadro a la edad de 8 años *V. ferruginea* fue la especie con el mayor área basal por hectárea, de 14.3 m² y 19.2 m² en la zona 1 y 3 respectivamente, seguida de *S. microstachyum* con 15.1 m² en la zona 4. Sin embargo, se debe rescatar que el número de individuos actuales por hectárea juega un papel importante pues en la zona Ultisol muy húmedo *S. microstachyum* registró 600 árboles superando a *V. ferruginea* en zona

Inceptisol húmedo con 767 árboles. No así en la zona Ultisol húmedo que con tan solo 511 individuos la productividad fue de 19.2 m².

Mientras que *H. alchorneoides* y *E. deglupta* registraron valores muy similares en área basal de 6.8 m² y 6.4 m², para la zona Inceptisol muy húmedo y Ultisol muy húmedo correspondientemente, pero con una diferencia de 122 árboles a favor de la primer especie.

Con edades de 9 años tenemos a *V. guatemalensis* que supera hasta en un 130 % de área basal a *H. alchorneoides* en la zona Ultisol muy húmedo a pesar de existir una diferencia de 62 árboles a favor de *H. alchorneoides*. En la zona Ultisol húmedo de igual forma con 31 árboles la supera *H. alchorneoides* pero acumula una mucho menor área basal.

En cuanto a edades de 11 años *V. koschnyi* superó a *D. panamensis* en un 49% de productividad por individuo en la zona Ultisol húmedo, en un 326% en la zona Inceptisol muy húmedo con 19.2 m² /ha contra 4.5 m² /ha y en un 46.6% de productividad con 178 individuos menos, en zona Inceptisol húmedo. Sin embargo, *V. koschnyi* fue superada por *V. guatemalensis* con 24.9 m² /ha para 0.047 m² /árbol contra 12.9 m² /ha para 0.018 m² /árbol.

Con base en lo anterior, se puede considerar que las diferencias en productividad de las especies, según las diferentes zonas de plantación, no obedece tanto a condiciones de fertilidad de suelo y sitio exclusivamente o al manejo y mantenimiento de las plantaciones. Sino, que juega un papel muy importante y determinante en muchas ocasiones, el comportamiento particular de la especie.

Estas diferencias de productividad en área basal colocan a *V. guatemalensis*, *V. ferruginea*, *V. koschnyi* y en menor grado a *H. alchorneoides* como las especies más promisorias para la reforestación en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

1.3.Crecimiento en diámetro.

V. ferruginea y *S. microstachyum* fueron las especies con mayor diámetro en zona Ultisol húmedo con 22 cm y zona Ultisol muy húmedo con 17.9 cm, mientras que en zona Inceptisol muy húmedo *H. alchorneoides* registró 12.9

cm y a *E. deglupta* en zona Ultisol muy húmedo con 14.4 cm. Todas con 8 años de edad.

Tanto *V. ferruginea* y *S. microstachyum* por las visitas de campo mostraban un cierre del dosel y un traslape bastante visible de las copas. Lo que hace suponer que son especies que durante su dinámica de crecimiento requieren de una alta competencia. Mientras que *H. alchorneoides*, en la mayoría de las parcelas raleadas en los primeros años de establecidas, un cierre del dosel a la edad actual no era tan agresivo. Por lo que la especie se considera como de lento crecimiento, y presenta un retardo en la respuesta ante una intervención, como el raleo.

Para la edad de 9 años, la especie con mayor diámetro fue *V. guatemalensis* en las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo con 23 cm en promedio. Seguida por *H. alchorneoides*, *E. deglupta* y *S. microstachyum* con 14.5 cm en promedio, para las mismas zonas; en zona Inceptisol muy húmedo éstas tres últimas especies registraron 11.9 cm, 17 cm, y 14.9 cm, respectivamente.

Nuevamente a la edad de 10 años se registró en *Z. mayanum* 15 cm de diámetro promedio.

En cuanto a las nativas de 11 años de edad, como era de esperar; se registró la misma situación que en productividad de área basal. La especie que registró mayor diámetro fue *V. koschnyi* en las zonas Inceptisol muy húmedo y Ultisol húmedo, superando a *D. panamensis* con 15.7 cm y 19.1 cm según la zona, contra 12.6 cm y 11.2 respectivamente. Lo mismo ocurrió en zona 1 15.4 cm vrs. 11.3 cm; además de ser superado *V. koschnyi* por *V. guatemalensis* con casi 10 cm de diferencia.

Por último, lo que respecta al incremento medio anual en diámetro *V. guatemalensis* supera a todas las especies, con excepción de *V. ferruginea* en la zona Ultisol húmedo. *V. guatemalensis* es la especie de mayor crecimiento y supera ampliamente al eucalipto, establecida como especie testigo.

1.4.Crecimiento en altura.

A la edad de 8 y 9 años *E. deglupta* por naturaleza superó en altura (19.6 m) a las nativas, independientemente de la zona de establecimiento, por ser una especie con tendencia a crecer en altura rápidamente. Seguida por *S. microstachyum* con 18 m en la zona Ultisol muy húmedo. Mientras que para la edad de 9 años *S. microstachyum* registró una altura promedio de 9 m para zona Inceptisol húmedo y Ultisol húmedo. Esto sugiere que la especie es muy sensible a la calidad de sitio.

A la edad de 10 años *Z. mayanum* supera ampliamente a todas las nativas de la zona Inceptisol húmedo con una altura de 18.6 m.

Por otra parte a la edad de 11 años *V. koschnyi* supera a *D. panamensis*, independientemente de la zona, pero en la zona Inceptisol húmedo *V. koschnyi* es superado por *V. guatemalensis*. Todas las alturas rondan entre 13.7 m y 14.6 m, por lo que la variación de ésta variable no fue alta, para la edad en cuestión.

Finalmente en cuanto al incremento medio anual de la altura *E. Deglupta* superó a todas las especies. *V. guatemalensis* es la nativa que más se le aproxima, inclusive la iguala en la zona Inceptisol muy húmedo.

En el Cuadro 8 se presenta un resumen de los valores estadísticos obtenidos para el análisis de varianza con el fin de identificar posibles diferencias en los incrementos de las especies en estudio entre zonas edafoclimáticas.

Cabe mencionar que cada ensayo se analizó como parcelas independientes siguiendo la estructura de un diseño experimental. Además para el caso de *V. guatemalensis* y *Z. mayanum* únicamente se encontraban en una zona edafoclimática, por lo que no se pudo realizar el análisis de varianza.

Cuadro 8. Resumen de los análisis de varianza por especie, entre zonas edafoclimáticas de la Región Huetar Norte de Costa Rica, para cada una de las variables de crecimiento, en plantaciones con edades entre 8 y 11 años.

| ESPECIE | ICA Dap cm/año | | IMA Dap cm/año | | ICA H m/año | | IMA H m/año | |
|-------------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|
| | F | Pr > F | F | Pr > F | F | Pr > F | F | Pr > F |
| <i>D. panamensis</i> | 1.76 | 0.2021 | 3.52 | 0.0527 | 7.57 | 0.0045** | 1.67 | 0.2170 |
| <i>E. deglupta</i> | 24.50 | 0.0043* | 8.14 | 0.0357* | 0.78 | 0.4062 | 0.46 | 0.5203 |
| <i>H. alchorneoides</i> | 6.21 | 0.0140* | 2.30 | 0.1431 | 0.77 | 0.4830 | 1.32 | 0.3026 |
| <i>S. microstachyum</i> | 50.39 | 0.0002*** | 0.39 | 0.5534 | 14.37 | 0.0053** | 0.48 | 0.5089 |
| <i>V. koschnyi</i> | 1.11 | 0.3599 | 17.34 | 0.0002*** | 2.24 | 0.1455 | 6.11 | 0.0134* |
| <i>V. ferruginea</i> | 7.21 | 0.0363* | 22.95 | 0.0030** | 0.25 | 0.6352 | 0.77 | 0.4205 |
| <i>V. guatemalensis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Z. mayanum</i> | - | - | - | - | - | - | - | - |

* Diferencias significativas al 95%.

** Diferencias significativas al 99%.

*** Diferencias significativas al 99.9%.

En el Cuadro 8 se observa que solamente *V. koschnyi* registró diferencias significativas tanto en IMA diámetro como en IMA altura, entre zonas. Diferencias entre ICA altura solamente se observó en *S. microstachyum* y *D. panamensis*. Esto implica que no es de esperar calidades de sitio muy diferentes en la Región Huetar Norte del país.

A continuación se muestra por especie, las variables de interés con diferencias significativas ($Pr < 0.05$) observadas para las zonas edafoclimáticas según la comparación múltiple basada en la prueba de Waller-Duncan.

Cuadro 9. Comparaciones múltiples por especie, entre las zonas edafoclimáticas de la Región Huetar Norte, para cada una de las variables de crecimiento estudiadas.

| ESPECIE | ICA dap cm/año | | | IMA dap cm/año | | | ICA h m/año | | | IMA h m/año | | | |
|-------------------------|-------------------|-----|------|-------------------|-----|------|----------------|-----|------|----------------|-----|------|---|
| | Clasif. | VI | Zona | Clasif. | VI | Zona | Clasif. | VI | Zona | Clasif. | VI | Zona | |
| <i>D. panamensis</i> | | | | | | | A | 1.0 | 1 | | | | |
| | | NDS | | | NDS | | B | 0.3 | 2 | | NDS | | |
| | | | | | | | B | 0.6 | 3 | | | | |
| <i>E. deglupta</i> | A | 1.0 | 1 | A | 1.9 | 1 | | | | | | | |
| | B | 0.2 | 3 | B | 1.6 | 3 | | NDS | | | NDS | | |
| <i>H. alchorneoides</i> | A | 1.6 | 1 | | | | | | | | | | |
| | B | 0.9 | 3 | | NDS | | | NDS | | | NDS | | |
| | B | 0.9 | 4 | | | | | | | | | | |
| <i>S. microstachyum</i> | A | 1.9 | 1 | | | | A | 1.2 | 1 | | | | |
| | B | 0.5 | 3 | | NDS | | B | 0.7 | 3 | | | NDS | |
| <i>V. koschnyi</i> | | | | A | 1.7 | 2 | | | | | A | 1.3 | 2 |
| | | NDS | | B | 1.4 | 3 | | NDS | | | A | 1.3 | 1 |
| | | | | B | 1.4 | 1 | | | | | B | 1.1 | 3 |
| <i>V. ferruginea</i> | A | 1.8 | 1 | A | 1.9 | 1 | | | | | | | |
| | B | 2.2 | 3 | B | 2.7 | 3 | | NDS | | | | NDS | |

Clasif.: Clasificación según la mínima diferencia significativa. mismas letras NDS

NDS: No existen Diferencias Significativas para la variable.

VI: Valor de incremento promedio.

2. Análisis de los Incrementos Corrientes Anuales e Incrementos Medios

Anuales en:

2.1. *Dipteryx panamensis*.

Esta especie fue establecida en tres zonas edafoclimáticas y las parcelas permanentes poseen una edad de 11 años.

De acuerdo al análisis de varianza presentado en los cuadros 9 para la especie *D. panamensis*, se puede asegurar con un 95% de confiabilidad que no se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre zonas edafoclimáticas para las variables incremento corriente anual del diámetro (ICA Dap), incremento medio anual del diámetro (IMA Dap) y altura (IMA H).

Por el contrario, sí se determinaron de igual forma diferencias entre el incremento corriente anual de altura (ICA H). En la zona edafoclimática Inceptisol Húmedo (Z1) el ICA H fue de 1,0 m /año. En las zonas Inceptisol Muy Húmedo (Z2), el ICA H fue de 0.3 m /año y la zona Ultisol Húmedo (Z3) el ICA H registró un 0.6 m /año.

2.2 *Eucalyptus deglupta.*

Esta especie fue establecida en tres zonas edafoclimáticas, el análisis se realizó con parcelas de la misma edad empleando la edad superior que en este caso corresponde a los 9 años.

Los mejores incrementos con diferencias significativas ($P < 0.05$) se registraron en la zona Inceptisol Húmedo (Z1) con un incremento corriente en diámetro de 1.0 cm /año, contra 0.2 cm /año en la zona Ultisol húmedo y el incremento medio anual del diámetro fue de 1.9 cm /año contra 1.6 cm /año en la zona Ultisol húmedo.

En cuanto al desarrollo de la especie en los diferentes sitios, se observaron diferencias en el crecimiento, debido principalmente al manejo aparente que se le ha dado a la plantación. Ya que en el cuadro 7 se puede observar que las diferencias en diámetro y altura entre las zonas son mínimas, como se mencionó en el apartado "crecimiento en diámetro" y "crecimiento en altura".

2.3. *Hyeronima alchorneoides.*

Esta especie fue establecida en tres de las zonas edafoclimáticas. De igual forma que en *D. panamensis* en todas las parcelas se aplicaron labores silviculturales de manejo como podas y raleos.

Los mejores incrementos corrientes anuales en diámetro con diferencias significativas ($P < 0.05$) a la edad de 9 años, correspondieron a la zona Inceptisol húmedo, para 1.6 cm /año, contra un ICA Dap en Zona Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo de 0.9 cm /año en ambas. Mientras que para los incrementos corrientes anuales de altura e incrementos medios anuales en diámetro y altura, se determinó con un 95% de confiabilidad, que no se encontraron diferencias significativas entre zonas. Se obtuvo un promedio

general en ICA H de 1.3 m /año, un IMA Dap de 1.5 cm /año y un IMA H de 1.6 m /año.

2.4. *Stryphnodendrum microstachyum.*

Se estableció esta especie en tres zonas edafoclimáticas con edades entre 8 y 9 años. El análisis de comparación se basó en las parcelas de 9 años de edad. Actualmente se cuenta con pocas parcelas de muestreo para esta especie debido a la alta mortalidad (>50%), por lo que se analizaron solamente dos zonas edafoclimáticas a saber: Inceptisol Húmedo y Ultisol Húmedo.

Los resultados del crecimiento de la especie *S. microstachyum* presentados en el cuadro 7, evidencian que la zona Inceptisol Húmedo posee los mejores incrementos para esta especie. Donde se determinó que el ICA en Dap fue de 1.9 cm /año superando a la zona Ultisol Húmedo (Z3), con un valor de 0.5 cm /año y un ICA en altura de 1.2 m /año contra 0.7 m /año respectivamente.

2.5. *Virola koschnyi.*

V. koschnyi fue establecida en tres zonas edafoclimáticas a saber: Inceptisol Húmedo (Z1), Inceptisol Muy Húmedo (Z2) y Ultisol Húmedo (Z3). De igual manera las parcelas recibieron manejo en los primeros cuatro años de establecidas.

Para esta especie se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) a la edad de 11 años para IMA Dap en la zona edafoclimática Inceptisol Muy Húmedo (Z2), con un promedio de 1.7 cm /año, contra 1.4 cm /año en la zona 1 y 3. El IMA H fue significativamente inferior en la zona edafoclimática Ultisol Húmedo con un valor de 1.1 m /año, contra 1.3 m /año en las zonas Inceptisol húmedo y Inceptisol muy húmedo, siendo mejores estas dos últimas.

2.6. *Vochysia ferruginea.*

Como se observa en el cuadro 7 se obtuvo variación en el ICA Dap y el IMA Dap entre las dos zonas donde fue establecida la especie. La zona Inceptisol Húmedo registró el menor incremento corriente anual e incremento medio anual. Los valores correspondieron a 1.9 cm /año y 1.8 m

/año respectivamente contra 2.2 cm /año y 2.7 m / año para la zona Ultisol húmedo. No se obtuvieron diferencias significativas entre el ICA y el IMA H de ambas zonas.

En este caso la zona edafoclimática Ultisol húmedo presenta los mayores incrementos para la especie a excepción del ICA H e IMA H. Estas diferencias se pudieron deber a la mayor presencia de arcillas en este tipo de suelos. La especie por naturaleza tiende a formar una capa considerable de ramas en el suelo, que aumenta las condiciones de materia orgánica y humedad, que aunado a un suelo de este tipo, favorece su crecimiento.

2.7. *Vochysia guatemalensis*.

Esta especie se estableció en las cuatro zonas edafoclimáticas y se analizaron las parcelas de 8 a 11 años de edad. A la edad de 11 años en la zona Inceptisol Húmedo se obtuvo un ICA Dap de 1.3 cm /año, un IMA Dap de 2.2 cm /año, un ICA altura de 0.8 m /año y un IMA altura de 1.3 m /año.

2.8. *Zanthoxylum mayanum*.

Esta especie fue establecida originalmente en tres de las zonas edafoclimáticas a saber: Inceptisol Húmedo, Ultisol Húmedo y Ultisol Muy Húmedo. Actualmente solo está presente en Inceptisol Húmedo, y esta representada por una parcela de 10 años de edad.

Los resultados de crecimiento corresponden a ICA Dap de 0.3 cm /año, un ICA H de 0.6 m /año, un IMA Dap de 1.5 cm /año y el IMA H de 1.9 m /año.

Las parcelas establecidas originalmente registraron una muerte descendente aun visible en algunos sitios, los cuales no recibieron el manejo adecuado ni oportuno como se pudo constatar en sitios donde se identificaron individuos que se debían haber eliminado en anteriores raleos.

Del cuadro 7 se puede observar que las zonas donde se registraron los mejores crecimientos corresponden a Inceptisol Húmedo y Ultisol Húmedo. Donde se obtuvieron mayores variaciones en cuanto al incremento corriente

anual e incremento medio anual del Dap. Pero no para los incrementos ICA-IMA en altura.

En resumen las especies donde se encontraron diferencias significativas de peso, en cuanto al ICA Dap e ICA H fueron *S. microstachyum* con un 99.9% de confiabilidad y *E. deglupta* con un 99% de confiabilidad. Y las especies donde se encontraron diferencias de peso en el incremento medio anual tanto de diámetro como de altura fueron *V. koschnyi* con un 99.9% de confiabilidad y *V. ferruginea* con un 99% de confiabilidad.

En cuanto al análisis de la altura pocas especies registraron variación significativa entre zonas, Diferencias significativas se encontraron con *D. panamensis* (99% de confiabilidad) y con *S. microstachyum* (99% de confiabilidad) ambas en cuanto a su ICA H. Diferencias en el IMA únicamente se obtuvo en *V. koschnyi* con un 95% de confiabilidad.

3. Tendencias de crecimiento.

A continuación se presentan para las edades de referencia 1,3,5 y 10 años, las tendencias de crecimiento en cuanto al Incremento Corriente Anual e Incremento Medio Anual para las variables cuantitativas Dap y altura; así como para los estimados de área basal y volumen de las especies forestales nativas más promisorias establecidas por el proyecto COSEFORMA /ITCR en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

En vista de que los resultados obtenidos en los análisis de varianza realizados para los incrementos entre zonas, mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$), se detalló cada especie según la zona donde fue establecida.

3.1. *Dipteryx panamensis*.

Con el fin de evaluar el comportamiento en crecimiento de la especie, se establecieron en la Región Huetar Norte parcelas de muestreo en tres zonas edafoclimáticas a saber: Ultisol húmedo, Ultisol muy húmedo e Inceptisol muy húmedo. La mayoría de los ensayos fueron establecidas en 1990 en parcelas de 5 x 5 árboles.

Estas plantaciones recibieron manejo silvicultural durante los primeros años de su establecimiento (fertilización al momento de la siembra,

chapeas, podas, raleos fitosanitarios); actualmente el manejo es mínimo y esporádico.

La fertilización inicial contribuyó de manera positiva al crecimiento homogéneo inicial de la especie. Sobre todo considerando el tipo de suelos en los cuales se estableció, generalmente arcillosos, ácidos y de alta compactación.

Cuadro 10. Crecimiento observado para *Dipteryx panamensis*, en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Zona | EDAD (años) | N/ha | AB (m ²) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | ICA | | | IMA | | |
|------|----------------|------|-------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|
| | | | | | | | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) |
| 1 | 1 | 1106 | 0.00 | | 0.9 | 0.000 | | | | 0.9 | 0.000 | |
| | 3 | 1094 | 1.59 | 4.3 | 4.2 | 3.350 | 1.6 | 1.8 | 3.350 | 1.4 | 1.4 | 1.117 |
| | 5 | 1083 | 4.05 | 6.9 | 7.6 | 15.638 | 1.1 | 1.6 | 12.288 | 1.4 | 1.5 | 3.128 |
| | 10 | 878 | 7.75 | 10.6 | 12.7 | 49.145 | 0.7 | 1.0 | 33.506 | 1.1 | 1.3 | 4.915 |
| 2 | 1 | 1000 | 0.00 | | 0.9 | 0.000 | | | | 0.9 | 0.000 | |
| | 3 | 1044 | 0.95 | 3.4 | 3.9 | 1.871 | 1.6 | 1.9 | 1.871 | 1.1 | 1.3 | 0.624 |
| | 5 | 1033 | 4.09 | 7.1 | 8.79 | 17.778 | 1.9 | 2.9 | 15.907 | 1.4 | 1.8 | 3.556 |
| | 10 | 456 | 4.10 | 10.7 | 13.4 | 27.317 | 0.5 | 0.3 | 9.539 | 1.1 | 1.3 | 2.732 |
| 3 | 1 | 1090 | 0.41 | 2.2 | 1.4 | 0.296 | | | 0.296 | 2.2 | 1.4 | 0.296 |
| | 3 | 1035 | 1.43 | 4.2 | 3.4 | 2.510 | 1.8 | 1.2 | 2.213 | 1.4 | 1.1 | 0.837 |
| | 5 | 1002 | 4.19 | 7.3 | 6.7 | 13.845 | 2.1 | 2.1 | 11.335 | 1.5 | 1.3 | 2.769 |
| | 10 | 822 | 8.99 | 11.8 | 11.7 | 52.990 | 0.8 | 0.6 | 39.145 | 1.2 | 1.2 | 5.299 |

Z1: Inceptisol húmedo.

N: número de individuos.

Z2: Inceptisol muy húmedo.

AB: área basal.

Z3: Ultisol húmedo.

H: altura total.

Z4: Ultisol muy húmedo.

Vol.: volumen total.

3.1.1. Análisis de los individuos por hectárea.

A la edad de un año la especie registró una mortalidad del 4% en general para las tres zonas donde fue establecida, presentando la mayor tasa en la zona Ultisol húmedo.

Durante los dos años siguientes tendió a nivelarse, encontrándose en la zona Inceptisol húmedo, Inceptisol muy húmedo, y Ultisol húmedo, 1094, 1044 y 1035 árboles por hectárea respectivamente, manteniéndose esta tendencia hasta la edad de 5 años.

A los 10 años de establecida la plantación las zonas Ultisol húmedo e Inceptisol húmedo mantuvieron un número de individuos por hectárea de aproximadamente 850. Mientras que la zona Ultisol muy húmedo, registró una disminución de casi el 60% de los establecidos originalmente encontrándose 456 N /ha.

3.1.2. Análisis de área basal.

En la zona Ultisol húmedo a los 5 años de edad se observó un área basal de 4.05m²/ha. En la zona Ultisol muy húmedo fue de 4.09m²/ha, mientras que para la zona Inceptisol húmedo se obtuvo 4.19m²/ha. Lo que ubica a las zonas Inceptisol húmedo y Ultisol húmedo como las más productivas en términos de área basal.

Posteriormente a los 10 años de edad estas dos zonas se mantuvieron similares con 7.75m²/ha para Ultisol húmedo y 8.99m²/ha para Inceptisol húmedo. Una vez más la zona Inceptisol muy húmedo fue la de menor productividad 4.10m²/ha. Tan solo 0.01m²/ha más que a los 5 años con menos del 50% de los individuos establecidos originalmente.

De acuerdo a los datos obtenidos en las plantaciones evaluadas, para esta especie el ICA del Dap osciló entre 1.6 y 1.8cm /año. Para la altura se obtuvieron valores entre 1.2 y 1.9m /año en parcelas de 3 años cumplidos. La mejor zona en incremento del Dap fue Ultisol húmedo (Z3) y en incremento de altura Inceptisol muy húmedo (Z2), manteniéndose esta tendencia hasta los 10 años de edad, a excepción de la zona Inceptisol húmedo donde disminuyó.

En la siguiente figura se expone en una forma gráfica el crecimiento observado por zona para la especie *D. panamensis* en términos de ICA e IMA del Dap y altura promedio.

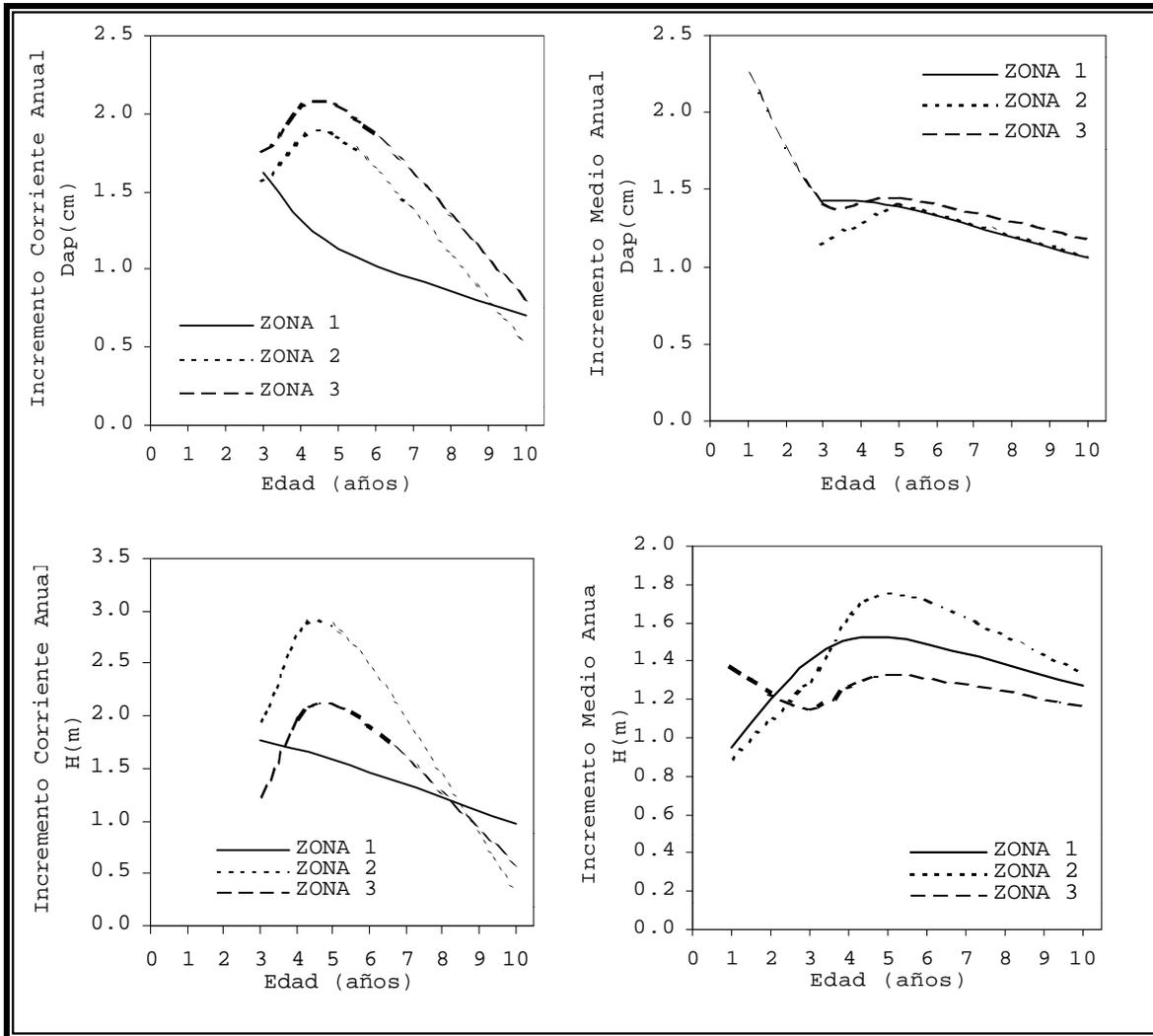


Figura 2. Crecimiento observado para diámetro y altura, en *Dipteryx panamensis* de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Es interesante notar que para Dap y altura, en la zona Inceptisol húmedo los incrementos decaen a los 3 años. Mientras que en las otras dos zonas decae a los 5 años de edad. Estos resultados sugieren que la especie cierra su dosel rápidamente, lo que exige una intervención temprana y oportuna a los 3 años de edad.

Esta hipótesis se apoya al observar el valor del IMA en Dap, en el cual se observa una tendencia a disminuir; mientras que en altura el IMA muestra que la dinámica de la especie es más en altura, que en diámetro.

3.2. *Hyeronima alchorneoides*.

Se establecieron parcelas de esta especie, en las cuatro zonas edafoclimáticas definidas en la Región Huetar Norte, estas zonas son: Inceptisol húmedo (Z1), Inceptisol muy húmedo (Z2), Ultisol húmedo (Z3) y Ultisol muy húmedo (Z4).

Estas parcelas se establecieron con un total de 9 x 9 árboles a un distanciamiento 3m x 3m, en todas se aplicaron labores silviculturales de manejo como podas y raleos fitosanitarios. En algunas se realizó una mecanización previa de los terrenos. No fue aplicada la fertilización al momento del establecimiento, ni posterior a este.

Los resultados del crecimiento en esta especie, por zona edafoclimática, se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 11. Crecimiento observado para *Hyeronima alchorneoides*, en el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Zona | EDAD (años) | N | AB (m ²) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | Ica | | | IMA | | |
|------|----------------|------|-------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|
| | | | | | | | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) |
| 1 | 1 | 1100 | 0.15 | 1.3 | 0.9 | 0.068 | | | 0.068 | 1.3 | 0.9 | 0.068 |
| | 3 | 1083 | 1.80 | 4.6 | 2.9 | 2.630 | 2.0 | 0.7 | 2.562 | 1.5 | 1.0 | 0.877 |
| | 5 | 1061 | 4.56 | 7.4 | 6.3 | 14.261 | 1.4 | 1.7 | 11.631 | 1.5 | 1.3 | 2.852 |
| | 9 | 844 | 9.39 | 11.9 | 13.2 | 62.261 | 1.6 | 1.6 | 47.999 | 1.3 | 1.5 | 6.918 |
| 2 | 1 | 823 | 0.26 | 2.0 | 1.2 | 0.159 | | | 0.159 | 2.0 | 1.2 | 0.159 |
| | 3 | 809 | 3.57 | 7.5 | 3.9 | 6.991 | 2.9 | 2.7 | 6.832 | 2.5 | 1.3 | 2.33 |
| | 5 | 768 | 6.78 | 10.6 | 9.9 | 33.942 | 1.3 | 2.9 | 26.951 | 2.1 | 2.0 | 6.788 |
| | 8 | 521 | 6.81 | 12.9 | 10.9 | 37.212 | 0.8 | 0.3 | 3.270 | 1.6 | 1.4 | 4.652 |
| 3 | 1 | 1055 | 0.52 | 2.5 | 1.7 | 0.456 | | | 0.456 | 2.5 | 1.7 | 0.456 |
| | 3 | 1022 | 4.05 | 7.1 | 5.6 | 11.352 | 2.7 | 2.0 | 10.896 | 2.4 | 1.9 | 3.784 |
| | 5 | 821 | 7.25 | 10.6 | 10.1 | 36.582 | 1.7 | 2.5 | 25.230 | 2.1 | 2.0 | 7.316 |
| | 9 | 781 | 13.25 | 14.7 | 15.4 | 102.252 | 0.9 | 1.4 | 65.670 | 1.6 | 1.7 | 11.361 |
| 4 | 1 | 1096 | 0.58 | 2.6 | 2.1 | 0.617 | | | 0.617 | 2.6 | 2.1 | 0.617 |
| | 3 | 1025 | 4.41 | 7.4 | 6.9 | 15.112 | 2.4 | 2.5 | 14.495 | 2.5 | 2.3 | 5.037 |
| | 5 | 939 | 8.13 | 10.5 | 11.7 | 47.980 | 1.1 | 2.0 | 32.867 | 2.1 | 2.3 | 9.596 |
| | 9 | 508 | 8.27 | 14.4 | 15.7 | 65.020 | 0.9 | 1.0 | 17.040 | 1.6 | 1.7 | 7.224 |

Z1: Inceptisol húmedo.

N: número de individuos.

Z2: Inceptisol muy húmedo.

AB: área basal.

Z3: Ultisol húmedo.

H: altura total.

Z4: Ultisol muy húmedo.

Vol.: volumen total.

3.2.1. Análisis del número de individuos.

Las parcelas de muestreo donde se registraron las tasas de mortalidad más bajas al año 1 corresponden a las zonas edafoclimática Inceptisol húmedo, Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo. Donde estas zonas no superaron el 5%; con valores de 1100 individuos por hectárea en la zona Inceptisol húmedo, 1096N /ha en Ultisol muy húmedo y 1055N /ha en la zona Ultisol húmedo.

Sin embargo, en la zona Inceptisol muy húmedo se dio el caso de mortalidades que superaron el 25%, porcentaje muy elevado con respecto a las demás zonas.

Estas diferencias tan abruptas se explican pues según comunicación personal con los encargados del proyecto, al momento de plantar no fueron retiradas las bolsas del árbol, lo que ocasionó la muerte de gran parte del material e incluso deficiencias en el crecimiento de los individuos sobrevivientes.

A la edad de 3 años la disminución en el número de individuos refleja una mortalidad natural, propia de la dinámica de sobrevivencia en una plantación. Pues se observa que en cada zona no se superó el 7% de mortalidad con respecto a los individuos existentes el año anterior.

Esta tendencia se mantiene hasta los 5 años de edad, donde a partir de este año y hasta los 8 o 9 años, para la zona Inceptisol muy húmedo y Ultisol muy húmedo el número de individuos se redujo a menos de la mitad de los establecidos originalmente (1111 N /ha). Mientras que en las zonas Inceptisol húmedo y Ultisol húmedo la tasa de sobrevivencia fue bastante alta con un 75.9% y un 70% de remanencia en las parcelas respectivamente.

Estas zonas con alta sobrevivencia (Inceptisol húmedo y Ultisol húmedo) reflejan el grado de adaptabilidad de la especie, bajo condiciones de poco manejo, apta para un programa de reforestación.

3.2.2. Análisis del área basal.

Las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo con un año de edad se ubicaron en primer lugar en cuanto a producción en área basal; con 0.52m^2 /ha y 0.58m^2 /ha respectivamente. Equivalen estos valores al doble e

incluso el triple que las demás zonas. Sin embargo, entre estas dos últimas la zona Inceptisol muy húmedo superó en área basal a la zona Inceptisol húmedo con más de 250 individuos de desventaja.

Esta situación sigue presentándose a la edad de 3 años, observando en las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo con 4.05m^2 /ha y 4.41m^2 /ha y la zona Inceptisol muy húmedo con 3.75m^2 /ha contra la zona Inceptisol húmedo con 1.80m^2 /ha y 252 individuos a favor de esta última.

A los 5 años, la zona Inceptisol muy húmedo logró igualar a las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo que registraron valores mucho más altos. Con una productividad unitaria (por árbol) de 0.009m^2 , registrándose con un menor crecimiento la zona Inceptisol húmedo con dos años de productividad en comparación a las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo que a los 3 años registró un área basal similar.

Es importante recordar la situación ocurrida en la zona Inceptisol muy húmedo, donde se cometió el error de no eliminar la bolsa del arbolito al momento de plantarlo, a pesar de ello esta logró recuperarse.

Por último a la edad de 9 años, las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo registraron los mejores valores de área basal, la zona Inceptisol muy húmedo a pesar de tener un año menor registró un crecimiento aceptable, similar a las anteriores, mientras que la zona Inceptisol húmedo se registró con un crecimiento bajo.

Curiosamente entre las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo se registraron los mismos niveles de productividad año tras año. Con la diferencia de que las parcelas de estas zonas registraron una mayor utilización del sitio con un mayor número de individuos.

En particular el crecimiento de esta especie es lento en cada una de las zonas; sin embargo, ha sido mucho más alto en las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo.

Las tendencias de crecimiento expresadas en términos de ICA e IMA para las variables Dap y altura se representan en la siguiente figura de acuerdo con la información presentada en el cuadro xxx para cada zona edafoclimática

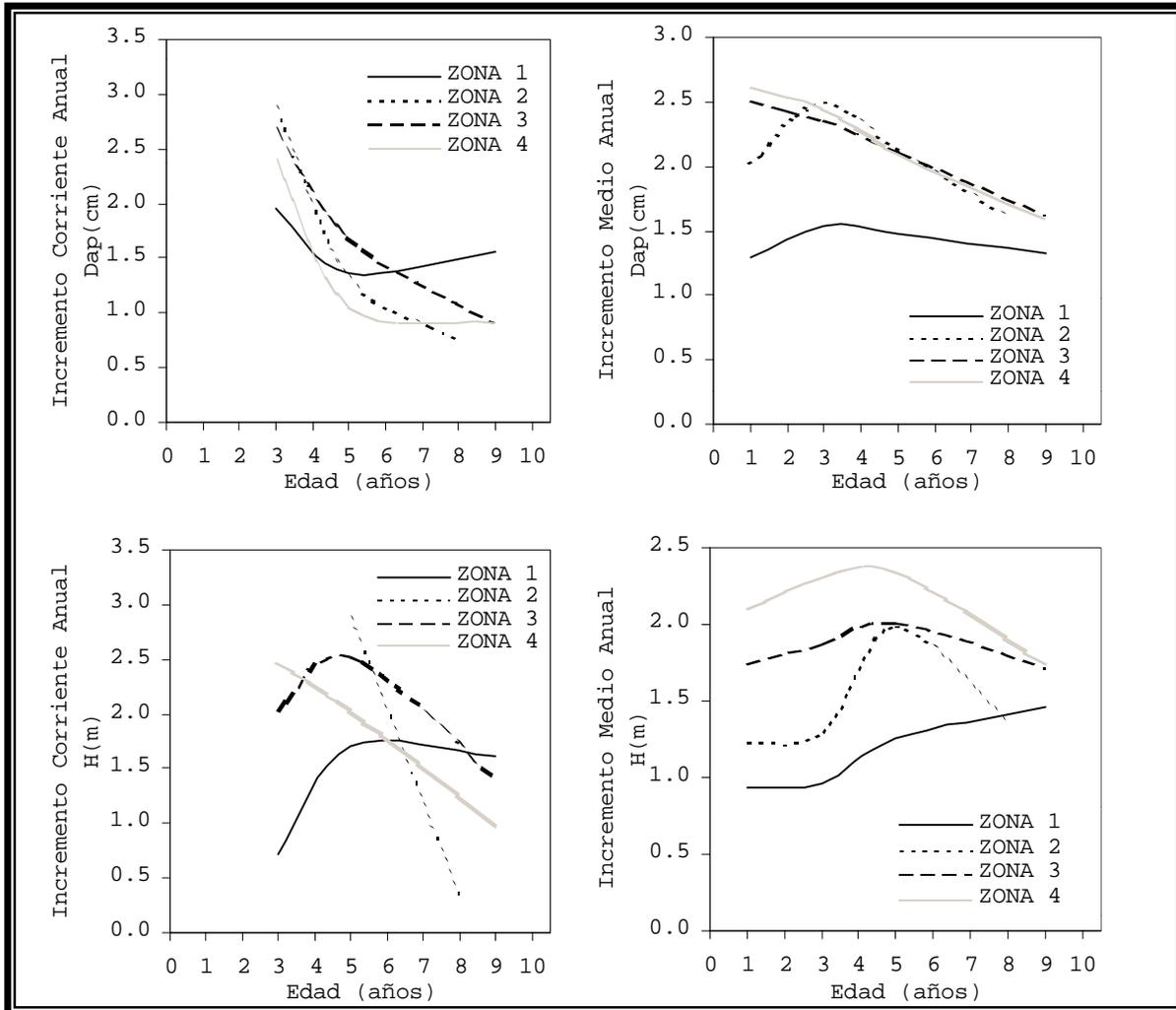


Figura 3. Crecimiento observado para diámetro y altura, en *Hyeronima alchorneoides* de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Se observa en la figura anterior que los máximos incrementos al año 3 tanto para Dap como para altura, se obtuvieron en la zona edafoclimática de Inceptisol muy húmedo, donde el ICA es de 2.7cm /año en Dap y en altura de 2.7m /año.

Por otra parte, en cuanto al IMA no se registró mucha diferencia pues en promedio para las zonas Inceptisol húmedo, Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo es de 2.5m /año en Dap y en altura la zona Ultisol muy húmedo registró 2.3m /año.

En general los incrementos medios anuales máximos en el Dap fueron registrados a la edad de 3 años. Mientras que en altura estos se obtuvieron a los 5 años de edad. Lo que hace suponer que la especie tiene tendencia de aumentar más en altura que en diámetro en los primeros años de su desarrollo.

Superada esta edad como se aprecia en la figura anterior los incrementos corrientes y medios, tanto en Dap como en altura tienden a disminuir. Por lo que la intervención de esta especie en los primeros 4 años de establecida podría ser de gran utilidad para obtener mayores rendimientos.

Únicamente la zona Inceptisol húmedo registró una tendencia a aumentar en IMA altura; debido a que el Dap en esta zona fue bajo.

De igual forma que en el análisis del área basal los mejores crecimientos en Dap y altura al año 9 se obtuvieron en las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo. Además el IMA en Dap fue de 1.6cm /año y en altura de 1,7m /año en promedio para ambas zonas.

Estos incrementos son mayores a los mostrados en la zona edafoclimática Inceptisol húmedo y esta superó a los presentados en la zona edafoclimática de Inceptisol muy húmedo, con un IMA en altura de 1,5m/ha /año y 1.4m/ha /año respectivamente.

Sin embargo, en el caso del IMA Dap el caso es contrario la zona Inceptisol muy húmedo superó a la zona Inceptisol húmedo, esta primera con valores similares a las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo (1.6cm /año) y la zona Inceptisol muy húmedo con 1.3cm /año.

En general en cuanto al desarrollo de la especie en las diferentes zonas se observan variaciones en el crecimiento; debido principalmente al manejo inicial de la plantación. Específicamente al momento de plantar el material; ya que en el cuadro se puede observar que las diferencias en Dap y altura entre las zonas edafoclimáticas son mínimas.

3.3. *Virola koschnyi*.

Se estableció esta especie en tres zonas edafoclimáticas, Inceptisol húmedo, Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo; comprende parcelas de 5 x 5

y 9 x 9 árboles. En todas las zonas se aplicaron labores silviculturales de podas y raleos en los primeros años del establecimiento.

Los resultados de crecimiento de esta especie, se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 12. Crecimiento observado para *Virola koschnyi*, en el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Zona | EDAD (años) | N/ha | AB (m ²) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | ICA | | | IMA | | |
|------|----------------|------|-------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|
| | | | | | | | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) |
| 1 | 1 | 1004 | | | 0.5 | | | | | | | 0.51 |
| | 3 | 720 | 0.44 | 2.8 | 1.6 | 0.376 | | 0.7 | 0.376 | 0.9 | 0.5 | 0.125 |
| | 5 | 700 | 2.32 | 6.5 | 4.0 | 4.641 | 2.2 | 1.7 | 4.265 | 1.3 | 0.8 | 0.928 |
| | 10 | 693 | 10.82 | 14.1 | 12.4 | 67.935 | 1.3 | 1.4 | 63.294 | 1.4 | 1.2 | 6.794 |
| 2 | 1 | 1011 | | | 0.5 | | | | | | | 0.5 |
| | 3 | 967 | 0.78 | 3.2 | 2.2 | 0.908 | 2.2 | 1.2 | 0.908 | 1.1 | 0.7 | 0.303 |
| | 5 | 933 | 6.34 | 9.3 | 6.1 | 19.223 | 3.7 | 2.4 | 18.315 | 1.9 | 1.2 | 3.845 |
| | 10 | 667 | 16.97 | 18.0 | 13.7 | 116.461 | 1.1 | 0.8 | 97.238 | 1.8 | 1.4 | 11.646 |
| 3 | 1 | 1078 | | | 0.9 | | | | | | | 0.9 |
| | 3 | 1006 | 0.81 | 3.2 | 1.7 | 0.673 | 1.6 | 0.5 | 0.673 | 1.1 | 0.6 | 0.224 |
| | 5 | 994 | 4.75 | 7.8 | 4.3 | 10.302 | 3.3 | 1.6 | 9.630 | 1.6 | 0.9 | 2.060 |
| | 10 | 922 | 15.65 | 14.7 | 10.8 | 84.484 | 1.0 | 1.0 | 74.182 | 1.5 | 1.1 | 8.448 |

Z1: Inceptisol húmedo.

N: número de individuos.

Z2: Inceptisol muy húmedo.

AB: área basal.

Z3: Ultisol húmedo.

H: altura total.

Z4: Ultisol muy húmedo.

Vol.: volumen total.

3.3.1. Análisis del número de individuos.

Las plantaciones de esta especie registraron el primer año de establecidas una mortalidad de entre un 3% y un 10% dependiendo de la zona, correspondiendo la zona Ultisol húmedo como la de menor mortalidad y la zona Inceptisol húmedo con la mayor.

A la edad de 3 años se presenta una clara diferencia en el número de los árboles por hectárea, presentándose la zona Inceptisol húmedo con una disminución del 25% de los individuos presentes al año 1. Mientras que, la disminución en las otras dos zonas no superó el 7%.

Lo anterior podría indicar que estas plantaciones fueron sometidas a raleos fitosanitarios de baja intensidad, como fue expresado por los propietarios, además de responder a una disminución natural por su dinámica de crecimiento, mucho más marcada en la zona Inceptisol húmedo debido posiblemente a las características propias de los suelos de esta zona; pues, son suelos en formación donde se comienza a diferenciar un horizonte B (Inceptisol húmedo).

Con respecto a las edades de 5 y 10 años, el número de individuos promedio presentes por hectárea es de 700 y 693 para la zona Inceptisol húmedo respectivamente, 933 y 667 para la zona Inceptisol muy húmedo y 994 y 922 individuos en la zona Ultisol húmedo.

Estos valores hacen pensar que la especie posee un alto porcentaje de sobrevivencia en condiciones naturales. Lo que la hace una de las especies más aptas para la reforestación, con pocas o ninguna limitante.

3.3.2. Análisis del área basal.

De acuerdo con los resultados obtenidos la zona Inceptisol muy húmedo es para esta especie la de mayor productividad en cuanto al área basal se refiere, con 16.97m² /ha en 667 árboles a la edad de 10 años. Las demás zonas registraron menos área en un número mayor de individuos. Independientemente de la edad la productividad unitaria (por árbol) fue baja para las zonas Inceptisol húmedo y Ultisol muy húmedo.

En la siguiente figura se observan las tendencias en los incrementos diamétricos y de altura para la especie en estudio, observados en las parcelas de muestreo establecidas para el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

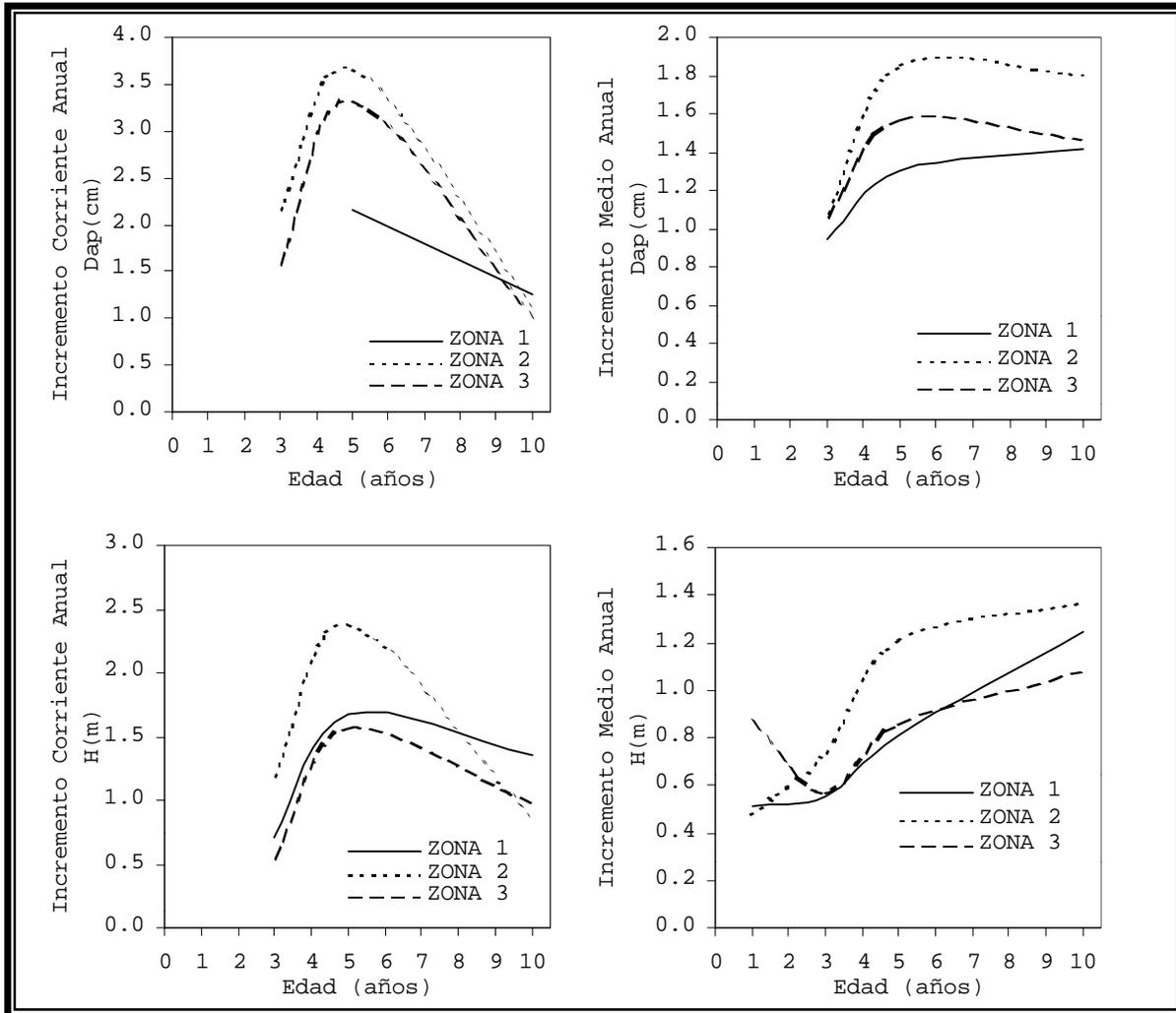


Figura 4. Crecimiento observado para diámetro y altura, en *Virola koschnyi* de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Esta especie registró al año 5 un ICA Dap máximo de 3.7cm /año en la zona Inceptisol muy húmedo y un ICA altura de 2.4m /año en la misma zona, superando por casi el doble a la zona Inceptisol húmedo (2.2cm) en cuanto al diámetro. No así a la zona Ultisol húmedo que anduvo muy similar (3.3cm) y en aproximadamente 0.8m de altura a ambas.

Esto nos indica que la especie llega a su tope máximo de incremento a esta edad, tanto en diámetro como en altura, a diferencia de las anteriores especies donde el ICA máximo en diámetro fue a los 3 años, mientras que en altura seguían incrementando hasta los 5 años. Por lo que una intervención de raleo podría ser conveniente a esta edad.

En cuanto al IMA se observó en diámetro un valor inferior de 1.3m /año en la zona Inceptisol húmedo y un máximo de 1.9m /año en la zona Inceptisol muy húmedo, manteniéndose esta conducta a la edad de 10 años.

Por otra parte se registró en altura para la zona 1 y 2 (Inceptisol húmedo e Inceptisol muy húmedo) una clara tendencia a aumentar, observándose a la edad de 3 años un IMA máximo de 0.7m /año en la zona Inceptisol muy húmedo y de 1.2m /año a los 5 años. Un IMA H de 1.4m /año a los 10 años en la zona Inceptisol muy húmedo. Presentando una mejor adaptabilidad de la especie en esta zona

3.4. *Vochysia ferruginea*.

En cuanto al análisis en el crecimiento de esta especie, se analizaron un total de 13 parcelas establecidas en dos zonas edafoclimáticas a saber: Inceptisol húmedo y Ultisol húmedo. Estas parcelas corresponden a edades entre los 7 y 8 años de edad, por lo que el análisis fue realizado a la edad de referencia 8 años.

De igual manera estas plantaciones recibieron manejo silvicultural en los primeros 3 y 4 años, además de la fertilización al momento de su establecimiento. Actualmente reciben manejo esporádico.

Cuadro 13. Crecimiento observado para *Vochysia ferruginea*, en el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Zona | EDAD (años) | N/ha | AB (m ²) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | ICA | | | IMA | | |
|------|----------------|------|-------------------------|-------------|----------|---------------------------|------|-----|-------------------|------|-----|-------------------|
| | | | | | | | Dap | H | Vol. | Dap | H | Vol. |
| | | | | | | | (cm) | (m) | (m ³) | (cm) | (m) | (m ³) |
| 1 | 1 | 1022 | 0.00 | | 0.9 | | | | | | | 0.9 |
| | 3 | 911 | 0.88 | 3.5 | 1.6 | 0.724 | 2.6 | 0.7 | 0.724 | 1.2 | 0.5 | 0.241 |
| | 5 | 878 | 6.62 | 9.8 | 5.0 | 16.663 | 2.4 | 1.5 | 15.940 | 2.0 | 1.0 | 3.333 |
| | 8 | 767 | 13.92 | 15.2 | 10.3 | 72.128 | 1.8 | 1.8 | 55.465 | 1.9 | 1.3 | 9.016 |
| 3 | 1 | 1073 | 1.03 | 3.5 | 1.3 | 0.658 | | | 0.658 | 3.5 | 1.3 | 0.658 |
| | 3 | 969 | 7.92 | 10.2 | 4.1 | 16.024 | 4.7 | 1.4 | 15.367 | 3.4 | 1.4 | 5.341 |
| | 5 | 683 | 12.89 | 15.5 | 8.1 | 52.065 | 2.4 | 1.8 | 36.041 | 3.1 | 1.6 | 10.413 |
| | 8 | 511 | 19.42 | 22.0 | 12.1 | 116.935 | 2.2 | 1.6 | 64.869 | 2.7 | 1.5 | 14.617 |

Z1: Inceptisol húmedo.

Z2: Inceptisol muy húmedo.

Z3: Ultisol húmedo.

Z4: Ultisol muy húmedo.

N: número de individuos.

AB: área basal.

H: altura total.

Vol.: volumen total.

3.4.1. Análisis de los individuos por hectárea.

Esta especie registró al primer año de establecida una mortalidad del 9% en la zona Inceptisol húmedo y del 4 % en Ultisol húmedo.

Para el tercer año se presenta en cada zona un promedio de 911 y 969 árboles por hectárea respectivamente, por lo que se supone que el nivel de manejo aplicado en ambas zonas fue muy similar.

Además no existe mucha diferencia en cuanto a esta variable; mostrándose hasta el año 5 en adelante una clara disminución del número de individuos en ambas zonas.

3.4.2. Análisis de área basal.

En cuanto a la productividad en área basal se observó una clara diferencia entre zonas. La zona Ultisol húmedo registró casi 7 veces más producción ($7.92\text{m}^2/\text{ha}$) que en Inceptisol húmedo a tan solo 3 años de edad sin importar el número de individuos presentes. Pues en la zona Inceptisol húmedo se registró una relación de $0.001\text{m}^2/\text{individuo}$ y en la zona Ultisol húmedo es de $0.008\text{m}^2/\text{individuo}$.

Curiosamente al año 5 esta diferencia disminuye manteniéndose la zona Ultisol húmedo con el doble de productividad por individuo que la zona Inceptisol húmedo, la cual ha logrado hasta este año, la producción unitaria (por árbol) que alcanzó la zona Ultisol húmedo al año 3.

Esta tendencia se sigue manteniendo conforme la plantación crece para un área basal a la edad de 8 años de $19.42\text{m}^2/\text{ha}$ con 511N /ha en la zona Ultisol húmedo y $14.31\text{m}^2/\text{ha}$ con 767N/ha en la zona Inceptisol húmedo.

En la siguiente figura se observan las tendencias en los incrementos diamétricos y de altura para la especie en estudio, observados en las parcelas de muestreo establecidas en dos zonas edafoclimáticas; para el proyecto de especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

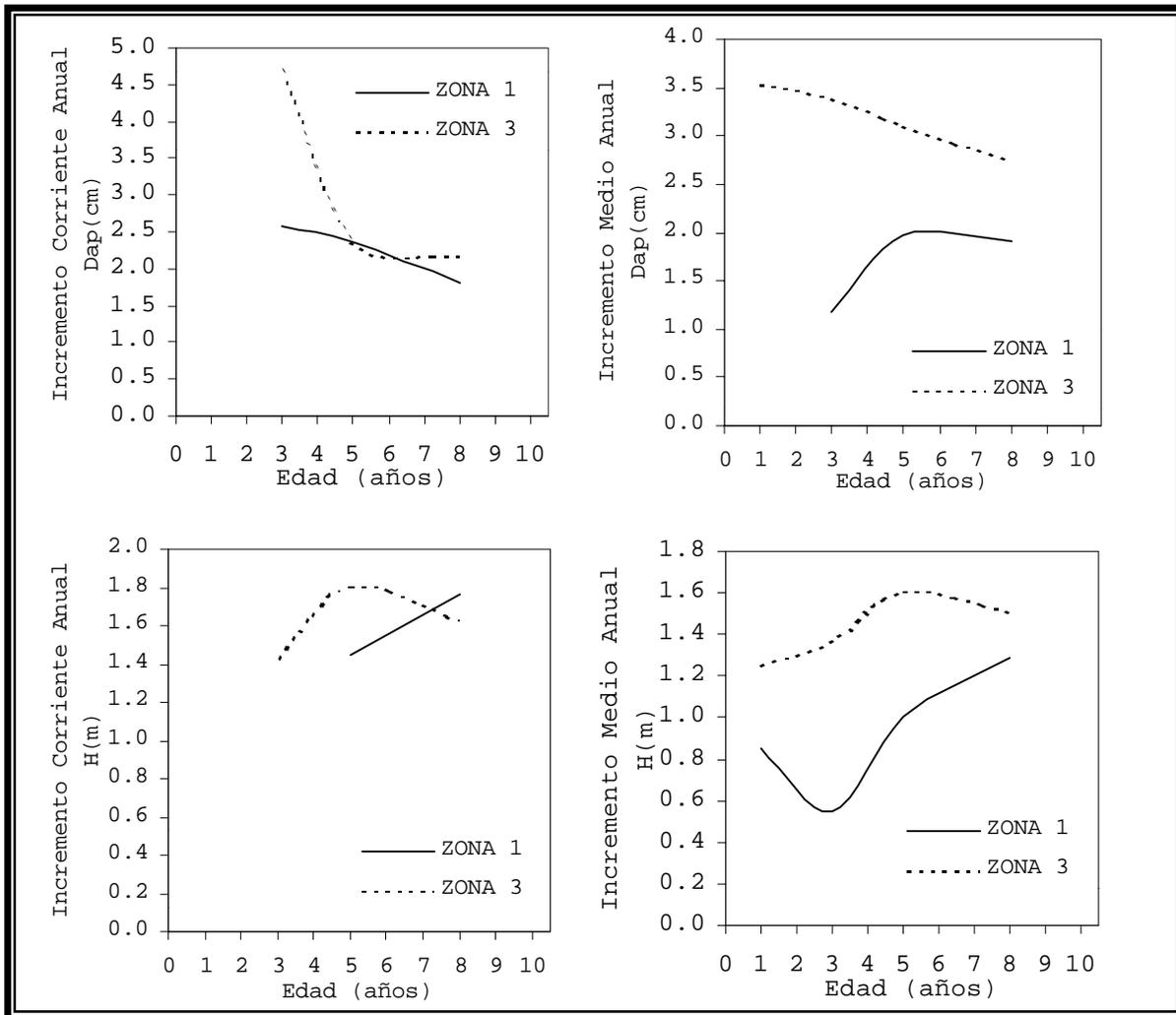


Figura 5. Crecimiento observado para diámetro y altura, en *Vochysia ferruginea* de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

De acuerdo a datos obtenidos en las plantaciones evaluadas, el valor del ICA para diámetro osciló entre 2.6 y 4.7cm /año dependiendo de la zona. Para la altura se obtuvieron valores entre 0.7 y 1.4m /año en parcelas de 3 años cumplidos.

En el caso del IMA en diámetro fue de 1.2 y 3.4cm /año y en altura de 0.5 o 1.4m /año, de acuerdo a la zona. Corresponden los mayores incrementos en estas variables a la zona edafoclimática Ultisol húmedo.

A los 5 años se da una disminución brusca en el ritmo de crecimiento de la zona Ultisol húmedo ya que no se presentan diferencias entre el ICA del diámetro en ambas zonas (2.4cm /año); sin embargo, la especie ha

venido creciendo en altura aceleradamente a partir de los 3 años de edad, tanto en ICA como en IMA.

Esto hace suponer que la especie entra en competencia mucho más fuerte a partir de los 3 años y su tendencia es a seguir creciendo en altura, aun hasta los 8 años de edad y tal vez más. Por lo que una intervención más fuerte al inicio probablemente sea importante de realizar y contribuya sustancialmente en el incremento a obtener a los 5 años de establecida.

3.5. *Vochysia guatemalensis*.

Los resultados del crecimiento del Cebo, para las zonas Inceptisol húmedo, Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo, se resumen en el cuadro 14. Donde se observa que para la zona 1 se cuenta con las edades de referencia establecidas, pero para las otras dos zonas se contó con información hasta los 9 años. Por lo que el análisis se hizo lo más equitativo posible, con el fin de no crear discrepancias entre zonas por diferencias en la edad.

El estudio abarcó para esta especie un total de 23 parcelas de muestreo, bajo condiciones similares de manejo; de igual manera, recibido durante los primeros 3 años de establecida; principalmente raleos fitosanitarios de baja intensidad y una que otra intervención esporádica en el transcurso, como limpias y eliminación de bejucos. Además de fertilización al momento de plantar.

Cuadro 14. Crecimiento observado para *Vochysia guatemalensis*, en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Zona | EDAD (años) | N/ha | AB (m ²) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | ICA | | | IMA | | |
|------|----------------|------|-------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|
| | | | | | | | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) | Dap (cm) | H (m) | Vol. (m ³) |
| 1 | 1 | 1103 | 0.00 | | 0.9 | | | | | 0.89 | | |
| | 3 | 1018 | 5.12 | 8.0 | 3.1 | 7.834 | 4.8 | 1.1 | 7.834 | 2.7 | 1.0 | 2.611 |
| | 5 | 1006 | 15.27 | 13.9 | 7.5 | 56.932 | 2.3 | 2.1 | 49.098 | 2.8 | 1.5 | 11.386 |
| | 10 | 519 | 21.94 | 23.2 | 13.8 | 151.317 | 1.3 | 0.8 | 94.385 | 2.3 | 1.4 | 15.132 |
| 3 | 1 | 976 | 0.74 | 3.1 | 1.9 | 0.613 | | | 0.613 | 3.1 | 1.9 | 0.613 |
| | 3 | 858 | 8.30 | 11.1 | 6.8 | 32.312 | 5.5 | 3.0 | 31.699 | 3.7 | 2.3 | 10.771 |
| | 5 | 750 | 17.22 | 17.1 | 12.0 | 96.915 | 2.9 | 3.1 | 64.603 | 3.4 | 2.4 | 19.383 |
| | 9 | 701 | 28.12 | 22.6 | 17.9 | 270.142 | 1.3 | 1.6 | 173.227 | 2.5 | 2.0 | 30.016 |
| 4 | 1 | 1079 | 0.00 | | 1.5 | | | | | | 1.5 | |
| | 3 | 1056 | 9.67 | 10.8 | 6.5 | 31.352 | 5.4 | 3.1 | 31.352 | 3.6 | 2.2 | 10.451 |
| | 5 | 754 | 19.40 | 18.1 | 12.6 | 122.653 | 2.2 | 2.0 | 91.301 | 3.6 | 2.5 | 24.531 |
| | 9 | 446 | 18.53 | 23.0 | 17.7 | 164.839 | 1.2 | 1.0 | 42.185 | 2.6 | 2.0 | 18.315 |

Z1: Inceptisol húmedo.

N: número de individuos.

Z2: Inceptisol muy húmedo.

AB: área basal.

Z3: Ultisol húmedo.

H: altura total.

Z4: Ultisol muy húmedo.

Vol.: volumen total.

3.5.1. Análisis del número de individuos.

En cuanto al número de individuos por hectárea en esta especie se tiene para el primer año de edad una mortalidad del 3% en la zona Inceptisol húmedo, un 1% en la zona Ultisol muy húmedo y de un 13%.

Esta última pudo haberse debido a errores al momento de plantar el material o al grado de endurecimiento de los individuos. Pues es anormal una mortalidad de tal magnitud, por lo que no se considera la zona como un factor causante de la situación. Además para el año 5 la tendencia en la disminución de los individuos obedece a una conducta normal de competencia y manejo.

De tal manera se podrían identificar en la zona Inceptisol húmedo, una intervención fuerte del 50% en las plantaciones, al disminuir el número de individuos promedio de 1006N /ha hasta 519N /ha.

En el caso de la zona Inceptisol muy húmedo la tendencia con el transcurrir de los años obedece a una mortalidad natural e intervenciones fitosanitarias. Pues la disminución no supera el 12% en los lapsos de tiempo establecidos.

Mientras que en la zona Ultisol muy húmedo, la diferencia en el número de individuos es marcada del año 3 en adelante.

3.5.2. Análisis de área basal.

En las diferentes zonas se observan variaciones en las primeras edades de crecimiento; por ejemplo, a la edad de 3 años la zona Inceptisol húmedo registró 5.12m²/ha con 1018 individuos por hectárea; la zona Inceptisol muy húmedo a la misma edad mostró una mayor área basal (8.30m²/ha) con una menor cantidad de individuos (858N /ha). Mientras que, la zona Ultisol húmedo registró 9.67m²/ha en 1056N /ha.

Estos resultados colocan a la edad de 3 años a la zona Ultisol húmedo como la más productiva en términos de área basal.

Condiciones muy distintas se presentan a la edad de 5 años, donde la zona Inceptisol húmedo incrementa al igual que la zona Ultisol muy húmedo en aproximadamente 10m²/ha, teniendo la zona Inceptisol húmedo una disminución de tan solo 12 individuos por hectárea. Pero la zona Ultisol muy húmedo registró una disminución de aproximadamente 300 individuos. Mostrando la zona Inceptisol muy húmedo un incremento de tan solo 5m² /ha con aproximadamente 100 individuos menos.

Lo anterior hace pensar que esta especie requiere de una fuerte intervención (33% a 50%) una vez superados los 3 años de edad, con el fin de concentrar la mayor área basal en el menor número de individuos posibles, y en consecuencia una mayor productividad. Esta hipótesis se respalda en la condición presentada a la edad de 10 años de la zona Inceptisol húmedo.

Por otra parte se debe tener cuidado con este tipo de intervenciones pues como se observa en la zona Ultisol muy húmedo a la edad de 9 años se dio una muy alta disminución de los individuos por hectárea, disminuyendo también el área basal. Quizás con una evaluación a mayor edad en esta

zona se identifiquen otros resultados o posiblemente se mantenga la misma situación.

Finalmente se podría sugerir, que la especie no se desarrolla mejor en una zona edafoclimática en específico; sino, que su crecimiento en diámetro y altura, dependerá del manejo que se le aplique a la plantación, según la zona.

En una forma gráfica se observan a continuación las tendencias en los incrementos corrientes anuales e incrementos medios anuales del Dap y de la altura para las zonas edafoclimáticas donde fue establecida la especie.

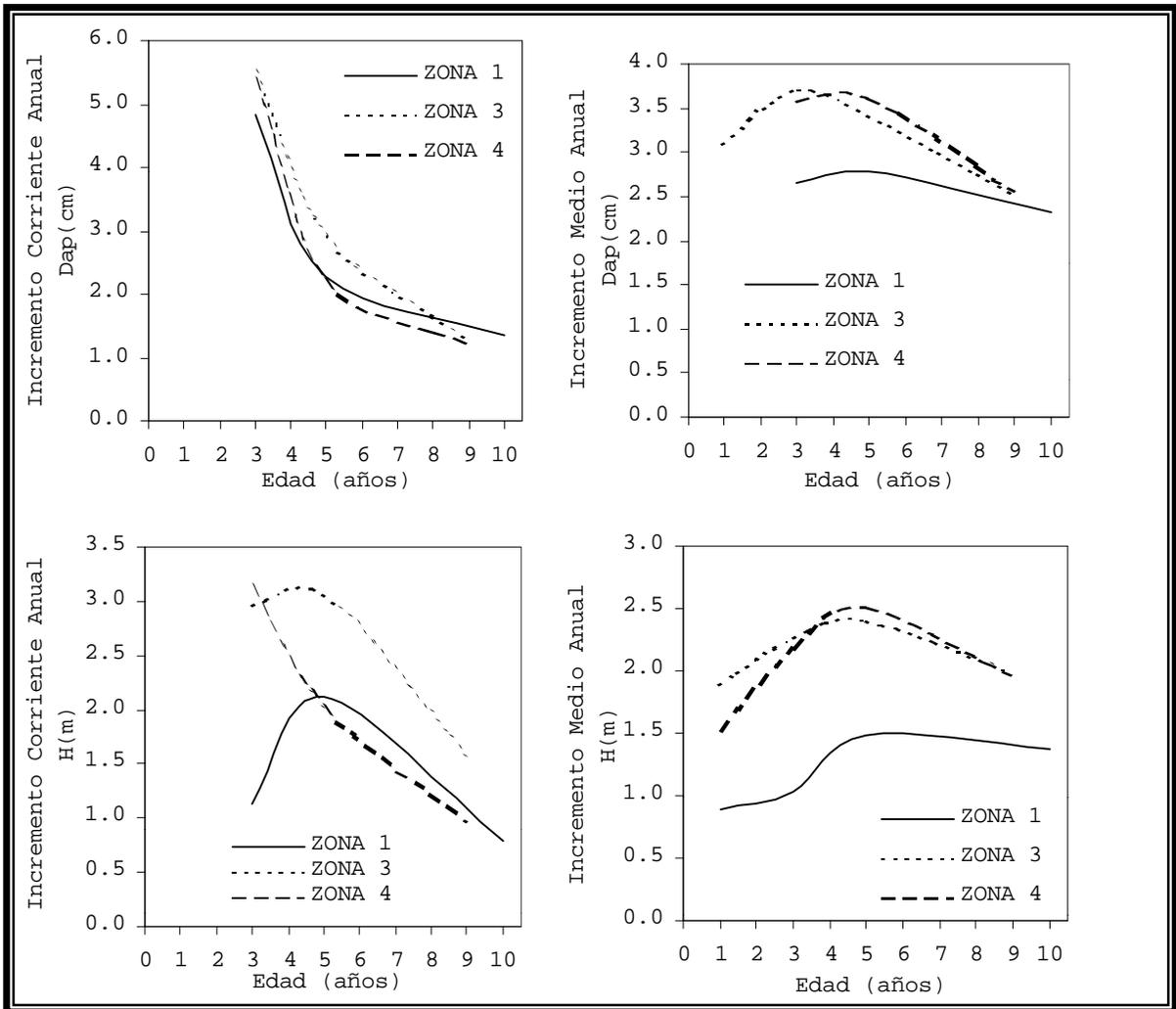


Figura 6. Crecimiento observado para diámetro y altura, en *Vochysia guatemalensis* de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

El crecimiento de la especie mostrado en el gráfico anterior indica que tanto para las zonas Inceptisol húmedo, Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo registraron una disminución en el ICA e IMA del Dap del año 3 en adelante. Con un ICA de 4.8cm /año para la zona Inceptisol húmedo, 5.5cm /año para la zona Ultisol húmedo y con 5.4cm /año para la zona Ultisol muy húmedo. Además con un IMA de 2.7m /año, 3.7m /año y 3.6m /año para las zonas anteriores respectivamente.

Por otra parte en cuanto a la altura esta disminución se da a partir del año 5 con valores de ICA que van desde 1.1cm /año, 3.0cm /año y 3.1cm /año en las zonas Inceptisol húmedo, Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo respectivamente. Además valores de IMA de 1.0m /año, 1.9m /año y 2.2m /año según la zona.

En ambos casos la zona Inceptisol húmedo registró los valores más bajos en los incrementos y las zonas Ultisol húmedo y Ultisol muy húmedo los más altos con poca diferencia entre ellas.

4. Proyecciones de crecimiento.

A continuación se presenta para las especies seleccionadas como las más promisorias en reforestación de la Región Huetaar Norte (RHN), una tabla con la proyección de crecimiento a los 10 años de edad, con la distribución de individuos por clase diamétrica según la calidad; su altura promedio y volumen estimado. Esta tabla se realizó empleando el valor promedio del incremento corriente anual de la última medición, esta proyección no se realizó más allá de los 2 años.

4.1. Tabla proyectada para *Dipteryx panamensis*.

En el siguiente cuadro se presenta la proyección del crecimiento estimado a los 10 años de edad, en función de los datos observados en parcelas de la RHN; en términos de altura promedio y volumen por clase diamétrica y ésta a su vez dependiente de la calidad total del árbol.

Cuadro 15. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad del árbol, su altura promedio y el volumen por hectárea, para *Dipteryx panamensis* a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Calidad | Clase diamétrica (cm) | N/ha | H (m) | Volumen (m ³ /ha) |
|---------|-----------------------|------|-------|------------------------------|
| 1 | 5-10 | 15 | 11.08 | 0.363 |
| | 10-15 | 19 | 13.82 | 1.650 |
| | 15-20 | 9 | 14.55 | 1.555 |
| | 20-25 | 11 | 18.12 | 4.003 |
| | | 54 | | 7.570 |
| 2 | 5-10 | 98 | 10.82 | 2.336 |
| | 10-15 | 133 | 13.32 | 10.901 |
| | 15-20 | 15 | 15.44 | 2.750 |
| | 20-25 | - | - | - |
| | | 246 | | 15.987 |
| 3 | 5-10 | 116 | 10.89 | 2.780 |
| | 10-15 | 233 | 13.26 | 18.979 |
| | 15-20 | 107 | 15.07 | 19.327 |
| | 20-25 | 33 | 13.82 | 9.156 |
| | | 489 | | 50.241 |
| 4 | 5-10 | 3 | 8.62 | 0.057 |
| | 10-15 | 11 | 12.49 | 0.852 |
| | 15-20 | - | - | - |
| | 20-25 | - | - | - |
| | | 14 | | 0.908 |
| Total | 5-10 | 232 | 10.35 | 5.535 |
| | 10-15 | 396 | 13.22 | 32.380 |
| | 15-20 | 131 | 15.02 | 23.632 |
| | 20-25 | 44 | 15.97 | 13.159 |
| | | 803 | | 74.705 |

N / ha: Numero de individuos por hectárea. H: Altura total. Clase diamétrica a la altura del pecho. Calidad total de árbol

Esta especie presenta en la mayoría de sus individuos problemas de inclinación y rectitud, con poca presencia de ramas gruesas, pero con un elevado ángulo de inserción de las mismas. Estos problemas califican a la mayoría de individuos como calidades 2 y 3.

En el cuadro anterior se puede observar que el mayor volumen se concentra en la calidad 3, dentro de las clases diamétricas de 10cm a 15cm y de 15cm a 20cm con una altura promedio de 13.26m y 15.07m respectivamente.

Estas clases concentran una totalidad de 340 individuos por hectárea. Lo que equivale a un 69% de los individuos de calidad 3.

También se presenta un alto volumen en la calidad 2 en la clase diamétrica de 10cm a 15cm con un aporte de 133 individuos aproximadamente un 54% del material de esta calidad.

Además un bajo porcentaje en la calidad 4, tanto de volumen como de árboles; sin embargo, su presencia no se justifica si se realizara un adecuado manejo silvicultural, eliminando estos individuos en las etapas iniciales del establecimiento de la plantación.

En conjunto ambas calidades (2 y 3) concentran un total de 58.9% de los individuos por hectárea promedio para esta especie, a la edad de 10 años, bajo las condiciones de manejo al que han sido sometidas.

Estos niveles pueden ser fácilmente superados mediante programas de mejoramiento genético y manejo silvicultural adecuado y oportuno.

En la siguiente figura se aprecia en forma gráfica la distribución del número de individuos por calidad.

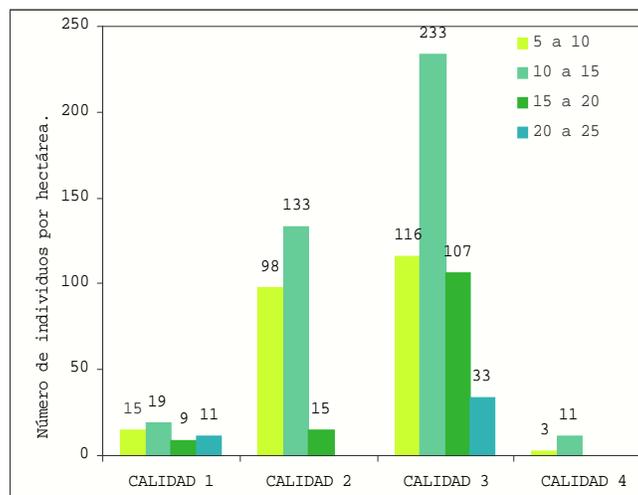


Figura 7. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para *Dipteryx panamensis* con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

4.2. Tabla proyectada para *Hyeronima alchorneoides*.

Esta especie registró el mayor porcentaje de sus individuos en las calidades 2 y 3. Debido básicamente a problemas del ángulo de inserción

de las ramas el cual fue mayor a 45° y a la presencia de reiteraciones en un 35% de los individuos.

En general son árboles relativamente rectos, cilíndricos, pocas veces bifurcados, sin inclinaciones ni grano en espiral visible.

En el cuadro 16 se presenta el número de árboles por hectárea según la calidad y clase diamétrica. Su altura promedio y volumen estimados a la edad de 10 años en la RHN de Costa Rica.

Cuadro 16. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y el volumen por hectárea, para *Hyeronima alchorneoides* a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Calidad | Clase diamétrica (cm) | N/ha | H (m) | Volumen (m ³ /ha) |
|---------|-----------------------|------|-------|------------------------------|
| 1 | 5-10 | - | - | - |
| | 10-15 | 21 | 16.60 | 2.094 |
| | 15-20 | 25 | 17.81 | 5.438 |
| | 20-25 | 12 | 21.46 | 4.916 |
| | 25-30 | 22 | 23.63 | 15.592 |
| | | 80 | | 28.040 |
| 2 | 5-10 | 62 | 12.96 | 1.781 |
| | 10-15 | 188 | 16.32 | 18.847 |
| | 15-20 | 179 | 19.10 | 41.212 |
| | 20-25 | 54 | 20.13 | 21.607 |
| | 25-30 | 22 | 9.79 | 6.460 |
| | | 506 | | 89.906 |
| 3 | 5-10 | 22 | 12.76 | 0.626 |
| | 10-15 | 126 | 16.38 | 12.699 |
| | 15-20 | 142 | 18.96 | 32.393 |
| | 20-25 | 49 | 19.34 | 18.785 |
| | 25-30 | 44 | 24.51 | 32.352 |
| | | 384 | | 96.855 |
| 4 | 5-10 | 9 | 10.96 | 0.215 |
| | 10-15 | 2 | 8.73 | 0.108 |
| | 15-20 | 7 | 17.91 | 1.587 |
| | 20-25 | 2 | 18.70 | 0.870 |
| | 25-30 | - | - | - |
| | | 21 | | 2.779 |
| TOTAL | 5-10 | 93 | 12.23 | 2.622 |
| | 10-15 | 337 | 14.51 | 33.747 |
| | 15-20 | 353 | 18.45 | 80.630 |
| | 20-25 | 117 | 19.91 | 46.178 |
| | 25-30 | 88 | 19.31 | 54.404 |
| | | 990 | | 217.580 |

N / ha: Numero de individuos por hectárea. H: Altura total. Clase diamétrica a la altura del pecho. Calidad total de árbol

Esta especie concentra su volumen en las clases diamétricas comprendidas entre los 10cm y los 25 cm de calidad 2 con 81.666m^3 /ha y de calidad 3, en las clases entre 10cm y 30 cm, con 96.229 m^3 /ha.

Este volumen se encuentra concentrado en un 40% del total de individuos presentes por hectárea y corresponde al 82% del total proyectado a los 10 años de edad, bajo las condiciones de manejo recibidas.

Se registró un 2.1% de árboles calidad 4 principalmente en la clase de 5cm a 10cm y de 15cm a 20cm, lo que demuestra que la plantación ha recibido de poco manejo y que para la edad, parte del material presente podría provenir de rebrotes.

En la siguiente figura se observan las clases diamétricas con el mayor número de individuos según la calidad de árbol.

El mayor número de árboles corresponde a las clases diamétricas comprendidas entre los 10cm a 20cm como árboles de calidad 2 y 3. Se nota además una cantidad mínima en la calidad 4; sin embargo, su presencia no debe justificarse.

Dentro de la calidad 1 se ubica tan solo un 8% de los individuos totales y un 12.9% del volumen total proyectado.

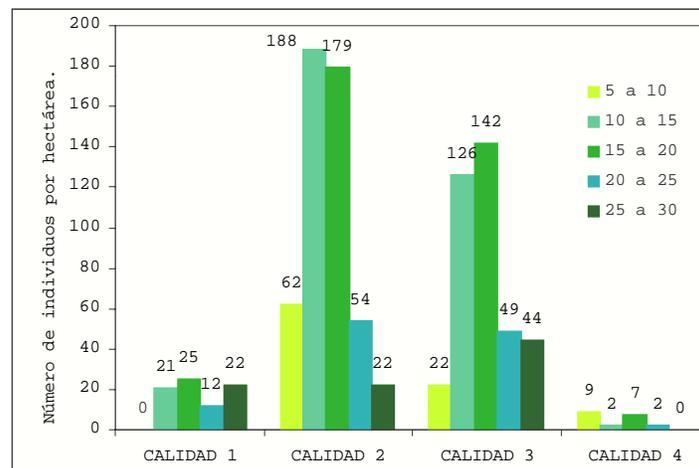


Figura 8. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para *Hyeronima alchorneoides* con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

4.3. Tabla proyectada para *Virola koschnyi*.

En el siguiente cuadro se presenta la proyección del crecimiento estimado a los 10 años de edad. En función de los datos observados en parcelas de la RHN.

Expresados en términos de altura promedio y volumen por clase diamétrica y ésta a su vez dependiente de la calidad total del árbol.

El único problema presentado por esta especie en una forma evidente fue el grano en espiral en el 9.03% de los individuos evaluados, con casos aislados de reiteración y bifurcación. El 100% se caracterizó por fustes rectos y cilíndricos, con un ángulo de inserción de las ramas prácticamente nulos y al igual que las anteriores especies un estado fitosanitario excelente.

Cuadro 17. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y volumen por hectárea, para *Virola koschnyi* a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Calidad | Clase diamétrica (cm) | N /ha | H (m) | Volumen (m ³ /ha) |
|---------|-----------------------|-------|-------|------------------------------|
| 1 | 5-10 | 111 | 8.41 | 2.063 |
| | 10-15 | 275 | 11.19 | 18.856 |
| | 15-20 | 215 | 12.82 | 33.107 |
| | 20-25 | 67 | 13.92 | 18.446 |
| | 25-30 | 62 | 16.88 | 31.189 |
| | | 730 | | 103.660 |
| 2 | 5-10 | 17 | 6.52 | 0.240 |
| | 10-15 | 40 | 11.15 | 2.764 |
| | 15-20 | 59 | 11.47 | 8.177 |
| | 20-25 | 61 | 14.58 | 17.711 |
| | 25-30 | 27 | 15.18 | 12.024 |
| | | 204 | | 40.914 |
| 3 | 5-10 | - | - | - |
| | 10-15 | - | - | - |
| | 15-20 | 4 | 12.49 | 0.557 |
| | 20-25 | - | - | - |
| | 25-30 | - | - | - |
| | | 4 | | 0.557 |
| TOTAL | 5-10 | 128 | 7.465 | 2.303 |
| | 10-15 | 315 | 11.17 | 21.620 |
| | 15-20 | 278 | 12.26 | 41.841 |
| | 20-25 | 128 | 14.25 | 36.156 |
| | 25-30 | 89 | 16.03 | 43.212 |
| | | 937 | | 145.131 |

N / ha: Numero de individuos por hectárea. H: Altura total. Clase diamétrica a la altura del pecho. Calidad total de árbol

En el cuadro anterior se observa que el mayor volumen y número de individuos se concentra en la calidad 1 con un 71.4% del total. Distribuido a su vez en el 78% de los individuos promedio presentes por hectárea. Comprendidos en las clases diamétricas entre lo 10cm y los 30cm. No se registraron individuos de calidad 4 y una cantidad insignificante de 4 individuos de calidad 3 con un aporte de $0.557\text{m}^3 / \text{ha}$.

Por lo que la calidad 2 fue la representante del 22.2% del volumen restante. Distribuido en las clases de 20cm a 25cm y de 25cm a 30cm, en un 21.7% del total de árboles por hectárea promedio para esta especie. Estos resultados tan alentadores en términos de calidad, se deben al desarrollo anatómico de la especie por naturaleza, es una especie que en programas de mejoramiento genético no presentaría dificultades al nivel de fenotipo.

Sin embargo, se debe experimentar con el fin de mejorar su ritmo de crecimiento y volumen a obtener. Lo que la convertiría en una excelente candidata para programas de reforestación, donde la calidad es primordial.

En la siguiente figura se marca el claro comportamiento de la especie en términos de calidad y ritmo de crecimiento.

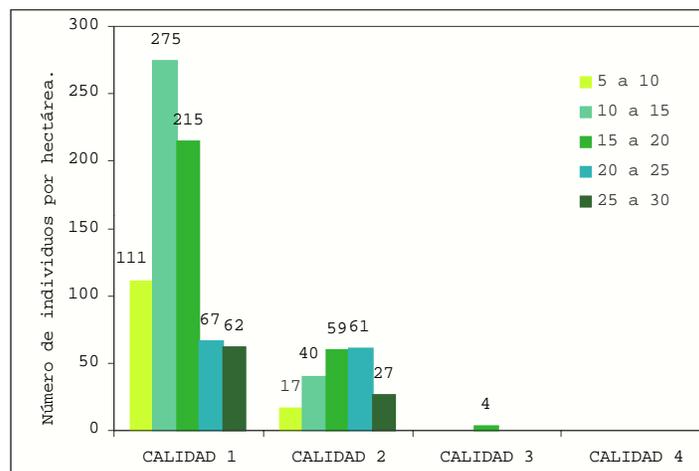


Figura 9. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para *Virola koschnyi* con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

4.4. Tabla proyectada para *Vochysia ferruginea*.

Esta especie se caracterizó por la presencia de árboles inclinados pero rectos, no sufre problemas de bifurcación y reiteración, ni grano en espiral visible. Pero si posee en sus ramas un ángulo de inserción de más del 45% en casi el 50% de los individuos evaluados. Esta variable en conjunto con los individuos inclinados la coloca dentro de la calidad 2.

El siguiente cuadro corresponde a la proyección del crecimiento estimado a los 10 años de edad. Se definió en función de datos observados en la RHN, expresados en términos de altura y volumen por clase diamétrica. Esta última a su vez dependiente de la calidad total del árbol.

Cuadro 18. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y volumen por hectárea, para *Vochysia ferruginea* a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Calidad | Clase diamétrica (cm) | N /ha | H (m) | Volumen (m3/ha) |
|---------|-----------------------|-------|-------|-----------------|
| 1 | 5-10 | - | - | - |
| | 10-15 | - | - | - |
| | 15-20 | 9 | 12.84 | 1.373 |
| | 20-25 | 25 | 17.28 | 8.725 |
| | 25-30 | 62 | 18.02 | 33.295 |
| | 30-35 | 67 | 17.79 | 49.195 |
| | 35-40 | 67 | 20.10 | 74.012 |
| | | 230 | | 166.599 |
| 2 | 5-10 | 44 | 7.19 | 0.707 |
| | 10-15 | 119 | 11.11 | 8.082 |
| | 15-20 | 258 | 13.39 | 41.516 |
| | 20-25 | 152 | 13.99 | 42.377 |
| | 25-30 | 151 | 17.01 | 76.332 |
| | 30-35 | 67 | 17.17 | 47.473 |
| | 35-40 | 22 | 17.46 | 21.423 |
| | | 813 | | 237.909 |
| 3 | 5-10 | - | - | - |
| | 10-15 | - | - | - |
| | 15-20 | - | - | - |
| | 20-25 | 25 | 15.37 | 7.760 |
| | 25-30 | 18 | 16.37 | 8.645 |
| | 30-35 | 11 | 16.28 | 7.503 |
| | 35-40 | - | - | - |
| | | 54 | | 23.907 |
| TOTAL | 5-10 | 44 | 7.19 | 0.707 |
| | 10-15 | 119 | 11.11 | 8.082 |
| | 15-20 | 267 | 13.12 | 42.889 |
| | 20-25 | 202 | 15.55 | 58.862 |
| | 25-30 | 231 | 17.13 | 118.271 |
| | 30-35 | 145 | 17.08 | 104.171 |
| | 35-40 | 89 | 18.78 | 95.435 |
| | | 1097 | | 428.414 |

N / ha: Numero de individuos por hectárea. H: Altura total. Clase diamétrica a la altura del pecho. Calidad total de árbol

En el cuadro anterior se observa que *Vochysia ferruginea* concentra su volumen en las calidades 1 y 2. Esta última con un 55.3% del total por hectárea, y la primera calidad en un 40%. Estas calidades abarcan un 95% del número de individuos por hectárea de un total de 1097 árboles. Estos valores tan altos en esta especie la identifican como una de las más altas en cuanto a sobrevivencia se refiere.

Este volumen comprende las clases diamétricas de 25cm a 40cm con calidad 1, presentándose las clases de 30cm a 40cm como las que poseen el mayor volumen dentro de esta calidad (74.4% del volumen calidad 1).

Con individuos calidad 2, se identifica las clases comprendidas entre los 15cm y los 40cm, no mostrándose mayor peso para alguna clase diamétrica en especial. Por lo que se define a los individuos calidad 1 como los de mejor desarrollo tanto en volumen como en calidad.

En este caso no se registró ningún individuo calidad 4. Esto se puede deber a la calidad del material empleado. Pues a lo que manejo se refiere, este no ha sido muy estricto, presentándose en algunas parcelas el no haberseles aplicado ni siquiera un raleo fitosanitario. Además Tan solo un 5.6% del volumen se ubica dentro de individuos calidad 3, correspondiendo estos al 4.9% del total por hectárea.

En la siguiente figura se muestran gráficamente los resultados obtenidos de acuerdo a la calidad y el número de individuos por clase diamétrica.

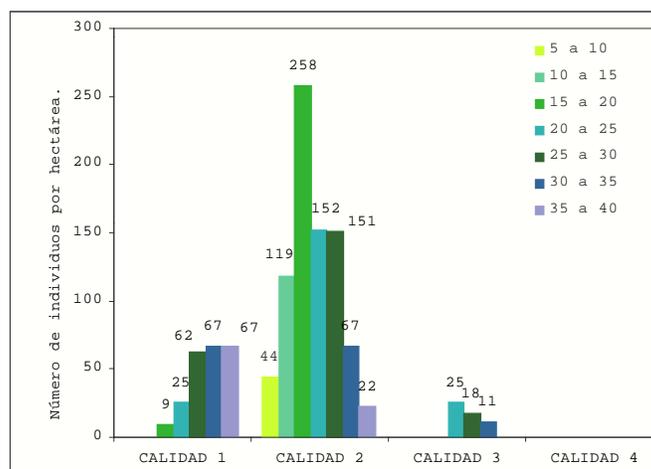


Figura 10. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para *Vochysia ferruginea* con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

4.5. Tabla proyectada para *Vochysia guatemalensis*.

El siguiente cuadro muestra la proyección del crecimiento estimado a los 10 años de edad, distribuido de acuerdo a la calidad total del árbol, la clase diamétrica en la que se ubicaba cada individuo y su altura promedio, además de la estimación del volumen por hectárea.

Cuadro 19. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, su altura promedio y volumen por hectárea, para *Vochysia guatemalensis* a la edad de 10 años; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| Calidad | Clase diamétrica (cm) | N /ha | H (m) | Volumen (m3/ha) |
|---------|-----------------------|-------|-------|-----------------|
| 1 | 10-15 | - | - | - |
| | 15-20 | 10 | 17.29 | - |
| | 20-25 | 5 | 20.02 | 1.944 |
| | 25-30 | 11 | 22.78 | 7.345 |
| | 30-35 | 14 | 20.41 | 11.883 |
| | 35-40 | 27 | 27.86 | 41.499 |
| | | 67 | | 62.671 |
| 2 | 10-15 | 61 | 14.50 | 5.437 |
| | 15-20 | 135 | 16.15 | 26.198 |
| | 20-25 | 198 | 18.15 | 71.571 |
| | 25-30 | 137 | 19.94 | 80.987 |
| | 30-35 | 78 | 21.53 | 70.000 |
| | 35-40 | 39 | 25.37 | 54.426 |
| | | 648 | | 308.618 |
| 3 | 10-15 | 17 | 10.65 | 1.089 |
| | 15-20 | 14 | 12.70 | 2.128 |
| | 20-25 | 42 | 17.64 | 14.845 |
| | 25-30 | 55 | 19.77 | 32.235 |
| | 30-35 | 22 | 20.28 | 18.920 |
| | 35-40 | 7 | 23.00 | 9.409 |
| | | 158 | | 78.624 |
| 4 | 10-15 | 17 | 11.48 | 1.175 |
| | 15-20 | 2 | 12.70 | 0.377 |
| | 20-25 | 7 | 19.81 | 2.768 |
| | 25-30 | - | - | - |
| | 30-35 | 5 | 19.02 | 4.261 |
| | 35-40 | - | - | - |
| | | 32 | | 8.580 |
| TOTAL | 10-15 | 95 | 12.21 | 7.700 |
| | 15-20 | 161 | 14.71 | 30.757 |
| | 20-25 | 252 | 18.91 | 91.128 |
| | 25-30 | 203 | 20.83 | 120.567 |
| | 30-35 | 119 | 20.31 | 105.062 |
| | 35-40 | 73 | 25.41 | 105.333 |
| | | 904 | | 460.546 |

N / ha: Numero de individuos por hectárea. H: Altura total. Clase diamétrica a la altura del pecho. Calidad total de árbol

Vochysia guatemalensis es una especie que se caracterizó presentando pocos individuos con problemas de bifurcación, reiteración e inclinación no sufre de grano en espiral, al menos en una forma visible. Pero sí mostró un 75% de los individuos evaluados tener problemas de rectitud. Por lo que esta especie fue más fuertemente representada en la calidad 2.

Su volumen se distribuye con mayor peso en individuos calidad 2 (72% del total por hectárea) específicamente en las clases diamétricas comprendidas entre los 15cm y 40cm con un 66% del volumen total. Además con calidad 1 se registró el 13.6% del volumen con mayor peso en las clases de 30cm a 40cm. El volumen restante se distribuyó en los individuos de calidad 3 y 4 principalmente entre los 20cm y 35 cm de la primer calidad.

Estos resultados definen a esta especie como una de las más prometedoras en cuanto a crecimiento se refiere. Pues, en término de 10 años la especie ronda los 30 y 40 cm de diámetro, con un volumen considerable en cantidad y calidad.

Como en las especies anteriores los resultados se respaldan con una representación gráfica evidente. Donde se identifica la calidad de la plantación en términos generales.

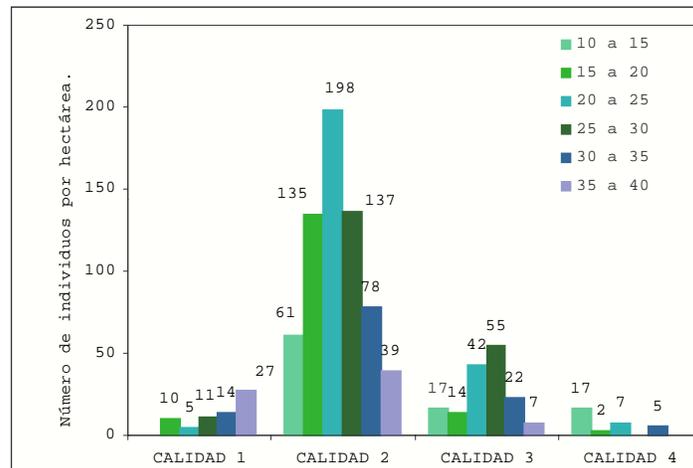


Figura 11. Distribución del número de individuos por clase diamétrica según la calidad de árbol, para *Vochysia guatemalensis* con 10 años de edad; en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

5. Modelos para la predicción del crecimiento en diámetro y altura.

Para la realización de los modelos de crecimiento de las siguientes especies se utilizó la base de datos (promedio por parcela).

Se realizó una depuración de los datos promedio por parcela, eliminando valores inconsistentes como crecimientos nulos, negativos u otros, además de los datos correspondientes a edades menores de 1 o 2 años según fuera la base de mediciones con que se contaba.

5.1. *Dipteryx panamensis*

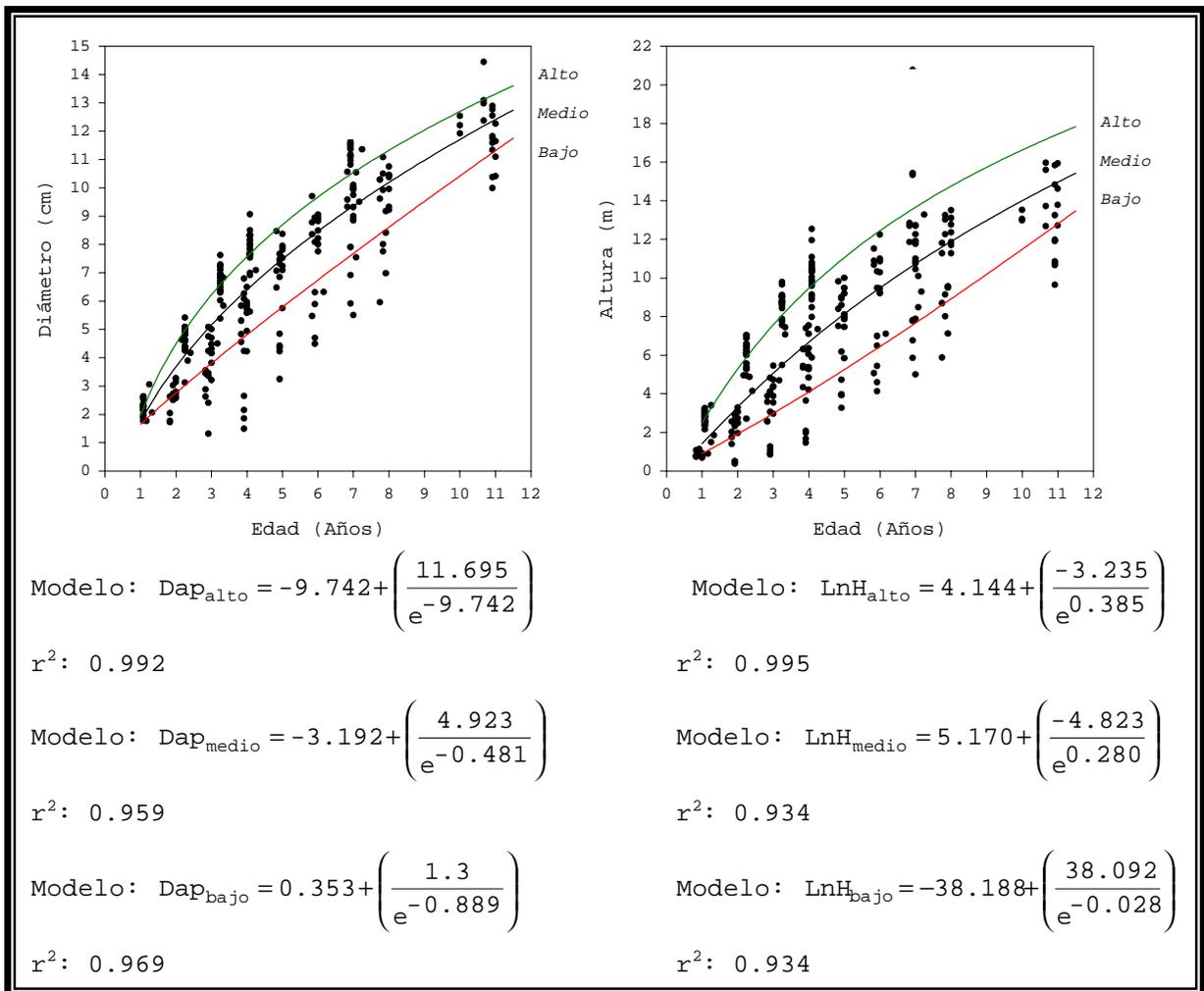


Figura 12. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para *Dipteryx panamensis* basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Para este caso la base de datos empleada corresponde al crecimiento de 6 sitios distribuidos en la Región Huetar Norte con una cantidad de 24 parcelas.

Esta base fue depurada obteniendo 295 individuos producto de mediciones continuas de 1 año hasta los 11 años de edad.

Como se puede observar en la figura 12 tanto para diámetro como para altura se definieron dos tipos de comportamiento (Alto y Bajo) en el crecimiento a partir del crecimiento medio observado de la especie.

Con los modelos generados para cada variable se clasificaron las plantaciones en crecimiento Alto, Medio y Bajo, como fue explicado en la página 25 de la metodología.

Por otra parte se muestra el diagrama de dispersión del diámetro y la altura en función de la edad, de las 295 mediciones utilizadas para el ajuste del modelo.

En la parte inferior de la figura 12 se muestran los modelos con mejor ajuste proyectado hasta los 50 años de edad. En el anexo 5 se presentan los resultados de todos los modelos que se probaron para la selección del mejor modelo.

Para el caso de la predicción del crecimiento en diámetro, se analizaron un total de seis modelos. El modelo que mejor correlación mostró (0.99, 0.95 y 0.96) en términos de edad corresponde a una modificación del modelo de Schumacher, eliminando la función logarítmica. Obteniéndose el siguiente modelo base: $Dap = a + (b / edad^c)$

Por otra parte, en cuanto a la predicción en altura, el modelo de Schumacher sin variación alguna resultó ser el de mejor ajuste con r^2 0.93 para la curva de crecimiento medio, r^2 0.99 para crecimiento alto y r^2 0.93 para la curva de menor crecimiento.

En el cuadro 20 se comparan las variables Dap y altura contra las generadas por el modelo.

Cuadro 20. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de *Dipteryx panamensis*, para las edades de 1,3,5 y 10 años.

| Edad (años) | Dap Ob. (cm) | Dap Mod. (cm) | | | H Ob. (m) | H Mod. (m) | | |
|----------------|-----------------|---------------|-------|------|--------------|------------|-------|------|
| | | Bajo | Medio | Alto | | Bajo | Medio | Alto |
| 1 | 2.2 | 1.7 | 1.7 | 2.0 | 1.1 | 0.9 | 1.4 | 2.5 |
| 3 | 4.0 | 3.8 | 5.2 | 6.2 | 3.8 | 3.0 | 5.1 | 7.6 |
| 5 | 7.1 | 5.8 | 7.5 | 8.7 | 7.7 | 5.3 | 8.1 | 11.1 |
| 10 | 11.0 | 10.4 | 11.7 | 12.7 | 12.6 | 11.5 | 14.0 | 16.6 |

Dap Ob. : diámetro a la altura del pecho observado.

Dap Mod. : diámetro a la altura del pecho generado por el modelo.

H Ob. : altura observada.

H. Mod. : altura generada por el modelo.

En el cuadro 20 podemos observar que a la edad de 1 año el modelo tiende a subestimar el diámetro no así la altura; sin embargo, en edades de 3 años se presenta una sobrestimación de ambas, proyectando un diámetro medio muy superior al observado (4.0cm vrs. 5.2cm), de igual forma en altura (3.8m vrs. 5.1m).

A pesar de lo anterior en una edad intermedia del crecimiento (5 años), las variaciones no son altas, con tan solo una diferencia de 0.4cm en el diámetro y de 0.4m en la altura.

Por último a la edad de referencia de los 10 años, vuelve a ocurrir una sobrestimación mucho más marcada en altura (12.6m vrs. 14.0m) que en diámetro (11.0cm vrs. 11.7cm).

Sin embargo, se debe considerar que el modelo planteado obedece a un número reducido de observaciones para esta especie y condiciones particulares de manejo.

Este es al menos un aporte a la limitada información existente en este campo, pudiendo ser utilizado como un patrón de comparación entre plantaciones bajo las características de manejo definidas en apartados anteriores (pagina 29). Por lo que en análisis posteriores este queda sujeto a ser mejorado.

5.2. *Hyeronima alchorneoides*

Para desarrollar los modelos de esta especie, se emplearon 29 parcelas de muestreo de medición continua, distribuidas en 13 sitios de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Esta base fue depurada resultando un total 193 mediciones, con edades comprendidas entre 1 y 9 años.

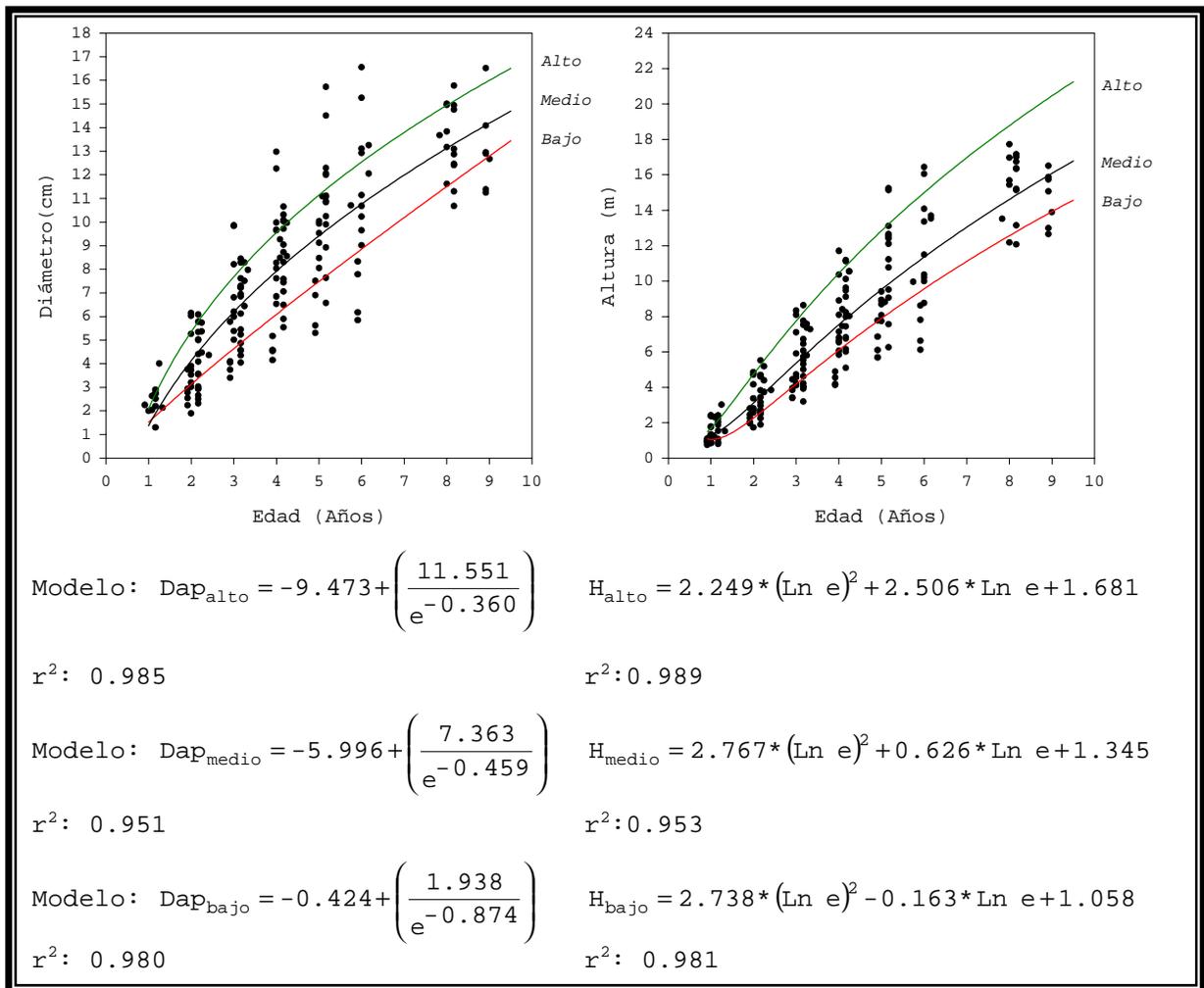


Figura 13. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para *Hyeronima alchorneoides* basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica

En la figura 13 se observan los modelos seleccionados para Dap y altura total promedio; así como, los correspondientes para definir un comportamiento en el crecimiento ya sean alto y bajo.

Se muestra gráficamente la dispersión de las mediciones en diámetro y altura según la edad y las curvas de tendencia en el crecimiento.

Como mejor representante del crecimiento en diámetro fue seleccionado el modelo de Schumacher [$Dap = a + (b / edad^c)$], con la misma variación que en el caso de *D. panamensis*, eliminando la función logarítmica y obteniéndose un mejor ajuste (Dap_{alto} : r^2 0.98, Dap_{medio} : r^2 0.95 y Dap_{bajo} : r^2 0.98) con las mediciones.

En cuanto al crecimiento en altura, la función logarítmica del modelo explicó mejor la correlación en términos de edad, obteniéndose un modelo base de la siguiente forma [$H = a * (Ln\ edad)^2 + b * Ln\ edad + c$] con un ajuste de r^2 0.99 (H_{alto}), r^2 0.95 (H_{medio}) y r^2 0.98 (H_{bajo}).

Para este caso fueron analizados un total de siete modelos, tanto en diámetro como en altura. De igual forma estos modelos de crecimiento se seleccionaron pues cumplían con el mayor ajuste y tendencia en el desarrollo proyectado a los 50 años. En el anexo 6 se presentan todos los modelos probados para esta especie.

En el cuadro 21 se compara el diámetro y altura observados en campo contra las generadas por el modelo.

Cuadro 21. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de *Hyeronima alchorneoides*, para las edades de 1,3,5 y 9 años.

| Edad (años) | Dap Ob. (cm) | Dap Mod. (cm) | | | H Ob. (m) | H Mod. (m) | | |
|----------------|-----------------|---------------|-------|------|--------------|------------|-------|------|
| | | Bajo | Medio | Alto | | Bajo | Medio | Alto |
| 1 | 2.1 | 1.5 | 1.4 | 2.1 | 1.5 | 1.1 | 1.3 | 1.8 |
| 3 | 6.6 | 4.6 | 6.2 | 7.7 | 4.8 | 4.2 | 5.4 | 8.0 |
| 5 | 9.8 | 7.5 | 9.4 | 11.1 | 9.5 | 7.9 | 9.5 | 12.7 |
| 9 | 13.5 | 12.8 | 14.2 | 16.0 | 13.8 | 13.9 | 16.1 | 19.1 |

Dap Ob. : diámetro a la altura del pecho observado.

Dap Mod. : diámetro a la altura del pecho generado por el modelo.

H Ob. : altura observada.

H. Mod. : altura generada por el modelo.

Para el caso de esta especie al igual que en la anterior, a la edad de 1 año el modelo tiende a subestimar tanto en altura como en diámetro, colocando la medición observada como la correspondiente a un crecimiento alto, subestimándose en las curvas bajo y medio la productividad de los sitios

Sin embargo, esta edad es muy temprana como para definir un comportamiento alto o bajo en la especie, por lo que el patrón de comparación debe establecerse en edades más avanzadas.

Por ejemplo, nótese que en las edades de 3 y 5 años las diferencias entre el crecimiento observado y el generado por el modelo tanto en diámetro como en altura, no se alejan de la realidad, uno del otro, teniendo a los 3 años de edad para el caso del diámetro un valor de 6.6cm vrs 6.2cm y a 5 años una medición promedio de 9.8 cm versus 9.4 cm definidos por el modelo; en el caso de la altura se observa un 4.8m contra 5.4m a 3 años y 9.5 para ambos a los 5 años.

A la edad de 9 años se presenta el problema de que en altura se pronostica un crecimiento mucho mayor al observado, con 13.8m contra 16.1m en la altura, en el modelo de crecimiento medio, aproximadamente 2m de diferencia; sin embargo habría que analizar que tan significativamente es esta diferencia en términos de fuste comercial. Pues la especie tiende a presentar ramas en casi un 50% del fuste.

Mientras que en diámetro las diferencias no son tan altas observándose un crecimiento de 13.5cm contra una proyección de 14.2 en el Dap_{medio}.

Es obvio que el no contar con un número suficiente de mediciones, influye de forma directa en los resultados de las curvas de crecimiento expuestas, máxime en edades superiores, como ocurre en este caso, donde gráficamente se puede observar una acumulación de las mediciones en edades menores a los 6 años, y una menor tanto en la última medición, como el no contar con mayores edades. Por esto, el modelo como tal puede ser mejorado a futuro, con una base de datos más amplia.

En general la mayoría de los promedios observados se ubican en edades intermedias (3 y 5 años) con un crecimiento de medio a alto para

diámetro; pero en altura el modelo clasifica preliminarmente los sitios con un crecimiento bajo a medio.

5.3. *Virola koschnyi*.

Para la generación de los modelos de esta especie se emplearon una cantidad de 17 parcelas permanentes de muestreo ubicadas en 5 sitios de la Región Huetar Norte.

En total se utilizaron 146 mediciones, de edades comprendidas entre los 2 y los 11 años.

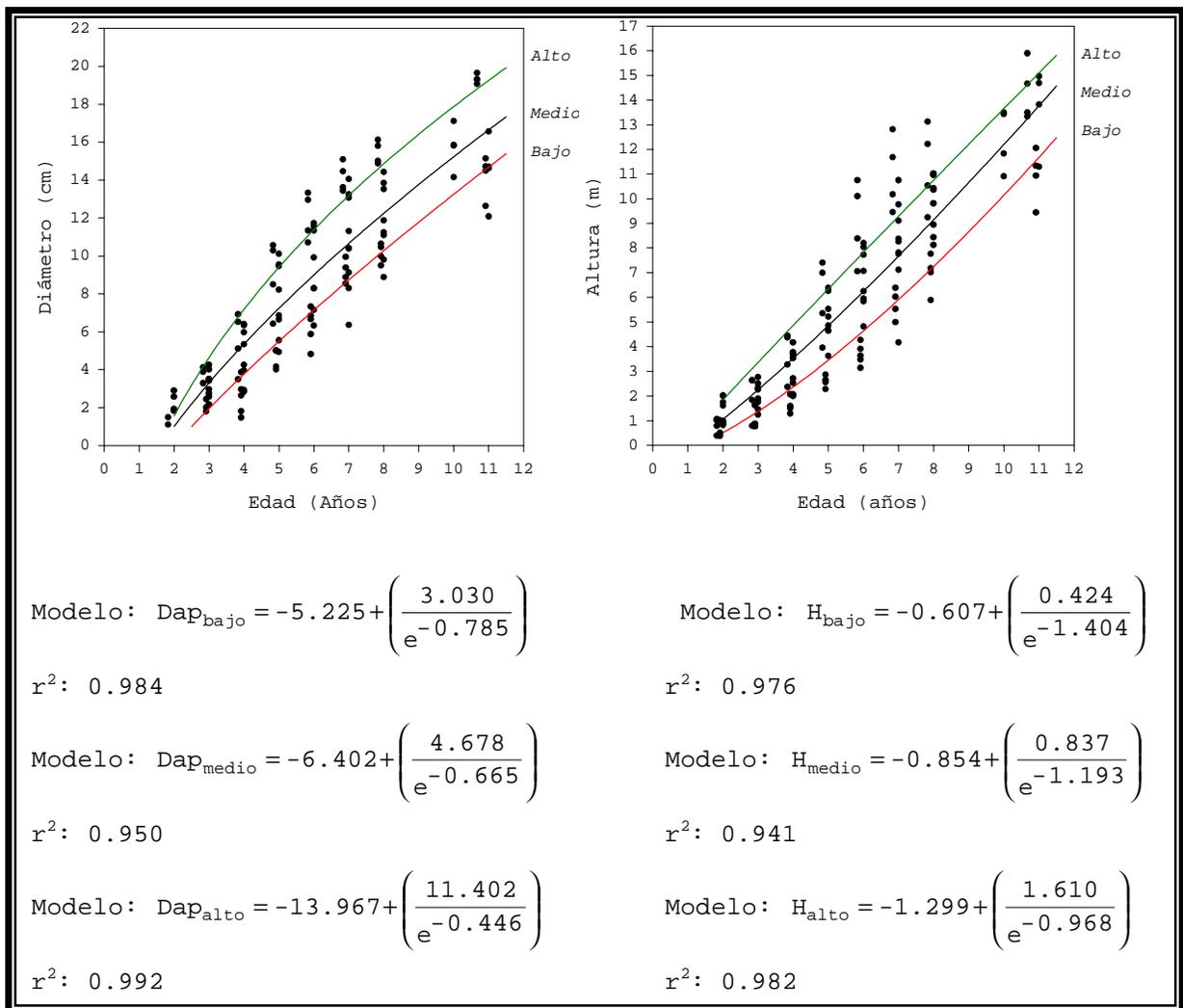


Figura 14. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para *Virola koschnyi* basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica

Como se puede observar en la figura 16 se definieron las dos tendencias de crecimiento posibles, para diámetro y altura total promedio por hectárea, a partir de la curva de crecimiento medio, generada por el modelo que mejor ajuste presentara.

A partir de la comparación numérica de los coeficientes de determinación ajustados (r^2 ajustado) de cada modelo y de su representación gráfica proyectada a 50 años con una tendencia biológica de crecimiento, se seleccionó de entre cuatro y seis modelos (ver anexo 9) opcionales el descrito por Schumacher, tanto para diámetro como para altura. De igual manera este modelo fue aplicado con la variante de eliminación de la función logarítmica en la igualdad.

El grado de correlación entre diámetro y altura total vrs. edad, se indica en cada modelo con los valores de r^2 0.98 (Dap alto), r^2 0.95 (Dap medio), r^2 0.99 (Dap bajo), r^2 0.97 (H alto), r^2 0.94 (H medio) y r^2 0.98 (H bajo).

En el cuadro 24 se presenta una comparación de las variables diámetro y altura promedio, medidas en el campo, contra las generadas por cada uno de los modelos seleccionados.

Cuadro 22. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de *Dipteryx panamensis*, para las edades de 1,3,5 y 10 años.

| Edad (años) | Dap Ob. (cm) | Dap Mod. (cm) | | | H Ob. (m) | H Mod. (m) | | |
|-------------|--------------|---------------|-------|------|-----------|------------|-------|------|
| | | Bajo | Medio | Alto | | Bajo | Medio | Alto |
| 1 | | | | | 0.6 | | | |
| 3 | 3.1 | 2.0 | 3.3 | 4.6 | 1.9 | 1.4 | 2.3 | 3.4 |
| 5 | 7.9 | 5.5 | 7.2 | 9.4 | 4.8 | 3.5 | 4.9 | 6.3 |
| 10 | 15.6 | 13.2 | 15.2 | 17.9 | 12.3 | 10.1 | 12.2 | 13.7 |

Dap Ob. : diámetro a la altura del pecho observado.

Dap Mod. : diámetro a la altura del pecho generado por el modelo.

H Ob. : altura observada.

H. Mod. : altura generada por el modelo.

Del cuadro anterior se puede observar que para la edad de referencia de 1 año no se cuenta con valores modelo para diámetro y altura; sin embargo, se presenta únicamente la altura observada de algunos pocos individuos rescatables de la base de datos original. A la edad de 3 años la especie tiende a ubicarse según la tabla dentro de una clasificación con un diámetro correspondiente a un crecimiento de medio a bajo, este último con

una diferencia de tan solo 0.2cm y una altura de 1.9m con un crecimiento al igual que el diámetro de medio a bajo.

Por otra parte en las edades de 5 y 10 años se nota una concordancia entre los valores observados y los generados por los modelos correspondientes a la curva guía (crecimiento medio).

5.4.Vochysia ferruginea.

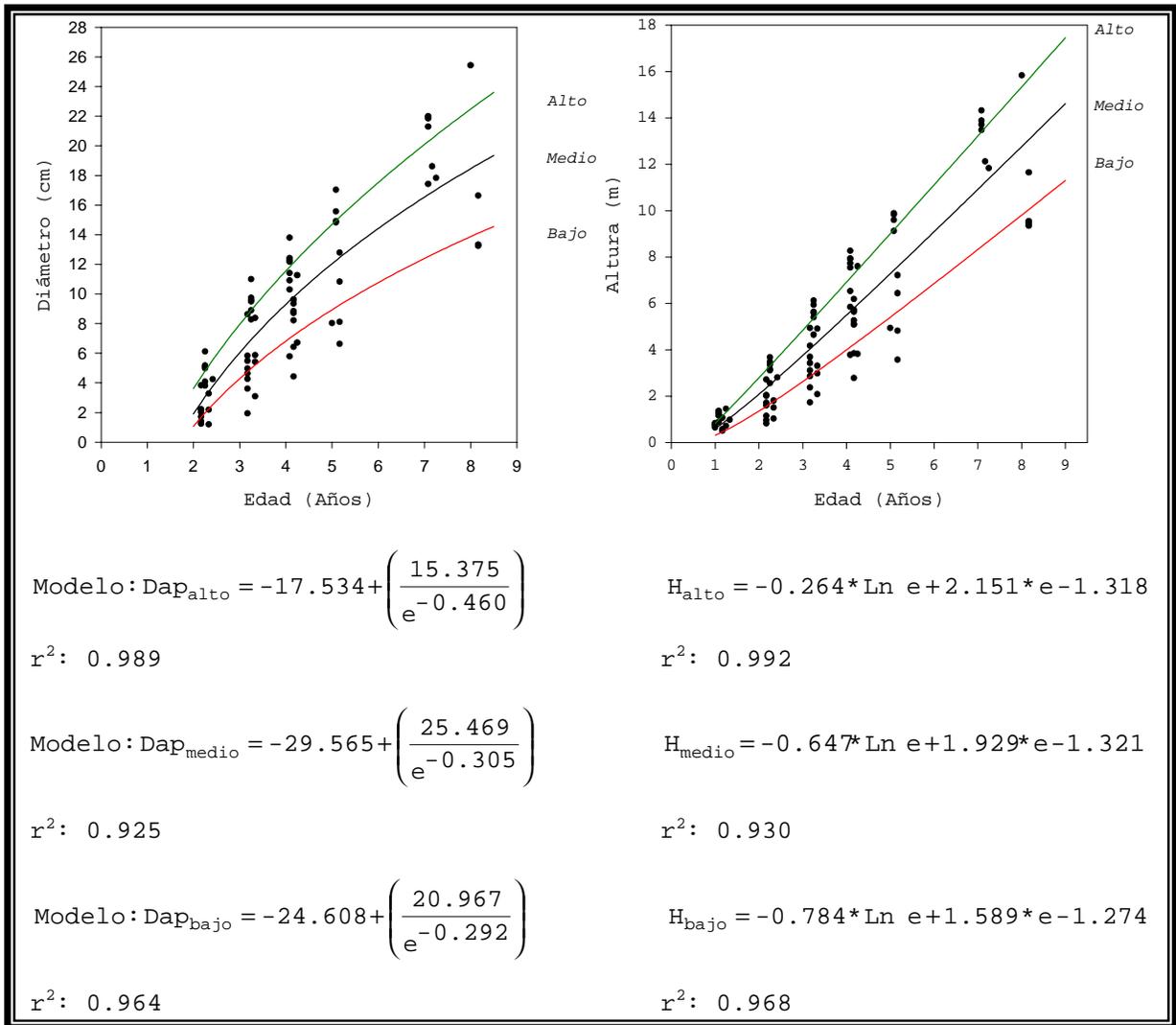


Figura 15. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para Vochysia ferruginea basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Para el caso de esta especie, como se observa en la figura anterior con forme aumenta la edad, se comienza a dar una marcada diferencia de los resultados proyectados de cada modelo, tanto en diámetro como en altura, reflejado por la separación de las curvas.

Por otra parte, se presenta la distribución de las mediciones del diámetro y la altura en función de la edad; donde se observa, al igual que en la especie anterior una concentración de los individuos en las edades de 4 años hacia atrás, lo que influirá en el comportamiento de cada una de las curvas, máxime al número reducido de mediciones con las que se contó.

Sin embargo, la poca información de las parcelas, con las que se realizó este análisis, no debería ser un factor determinante en el comportamiento de la especie. A pesar de ello sería interesante contar con mucha mayor información para ver el comportamiento de ésta, o probablemente sea el mismo sino similar, por lo que al igual que los anteriores modelos son una imagen preliminar de la especie, sujeta a modificaciones.

Las condiciones para la selección del modelo, son las mismas que se han venido empleando. Definiendo al modelo de Schumacher (eliminado la igualdad logarítmica) como el de mejor ajuste tanto numérico como gráfico para el crecimiento en diámetro y para la representación en altura se identificó la función logarítmica como la que mejor explica el crecimiento.

El modelo base sugerido es $H = a * \ln \text{edad} + b * \text{edad} + c$. Presentando un ajuste de 0.99 en Dap_{alto} , r^2 0.92 para Dap_{medio} , y Dap_{bajo} con r^2 0.96 en las curvas de crecimiento en diámetro y de r^2 0.99 en H_{alto} , 0.93 de H_{medio} , y r^2 0.97 para H_{bajo} en la variable altura.

Fueron analizados un total de tres modelos para proyectar el crecimiento en diámetro y cuatro modelos para altura. En el anexo 7 se presentan los resultados del análisis de regresión de todos los modelos opcionales.

En el cuadro 22 se presenta una comparación de las variables diámetro y altura promedio, medidas en el campo, contra las generadas por cada uno de los modelos seleccionados.

Cuadro 23. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de *Vochysia ferruginea*, para las edades de 1,3,5 y 8 años.

| Edad (años) | Dap Ob. (cm) | Dap Mod. (cm) | | | H Ob. (m) | H Mod. (m) | | |
|-------------|--------------|---------------|-------|------|-----------|------------|-------|------|
| | | Bajo | Medio | Alto | | Bajo | Medio | Alto |
| 1 | 3.5 | | | | 1.1 | 0.3 | 0.6 | 0.8 |
| 3 | 6.8 | 4.3 | 6.0 | 8.0 | 2.9 | 2.6 | 3.8 | 4.8 |
| 5 | 12.7 | 8.9 | 12.0 | 14.7 | 6.5 | 5.4 | 7.3 | 9.0 |
| 8 | 18.6 | 13.9 | 18.5 | 22.4 | 11.2 | 9.8 | 12.8 | 15.3 |

Dap Ob. : diámetro a la altura del pecho observado.

Dap Mod. : diámetro a la altura del pecho generado por el modelo.

H Ob. : altura observada.

H. Mod. : altura generada por el modelo.

Como fue mencionado anteriormente, para el caso del diámetro se corrió el modelo a partir de los 2 años de edad; pues, para efectos de análisis a partir de esta edad se registraron menos discrepancias, como crecimientos nulos o negativos.

Por otra parte se logró comparar en altura, presentándose una subestimación del modelo seleccionado; a pesar de ello, cada uno de los modelos tanto los sí como los no seleccionados, tendieron a subestimar o sobrestimar dependiendo de los valores extremos presentados en cada base de datos. Por lo que es normal que se presente algún tipo de anomalía.

El modelo viene a ser más preciso en edades intermedias; por lo que tenemos que, a la edad de 3 y 5 años, los valores observados se ubican dentro de la clasificación de crecimiento medio; como por ejemplo, en cuanto al diámetro a 3 años se muestra un valor de 6.8cm vrs. 6.0 cm, a los 5 años es de 12.7 vrs. 12.0cm; y en altura a la edad de 5 años es de 6.5m vrs. 7.3m.

Por último a los 8 años de edad el modelo sí predice con mayor exactitud el crecimiento medio de la especie, con 18.6cm de diámetro observado contra 18.5cm proyectados en la curva.

Pero en altura se sigue dando una diferencia de 1.6m comparando 11.2m contra 12.8m.

5.5. *Vochysia guatemalensis*.

Para desarrollar los modelos de esta especie se contaron con las mediciones de 26 parcelas permanentes distribuidas en 12 sitios de la Región Huetar Norte. Estas fueron medidas de forma continua año tras año contando con una base de datos, de edades comprendidas entre 1 y 11 años

Se emplearon un total de 202 observaciones, producto de la depuración de la base original. Eliminando las inconsistencias vistas de forma numérica y gráfica.

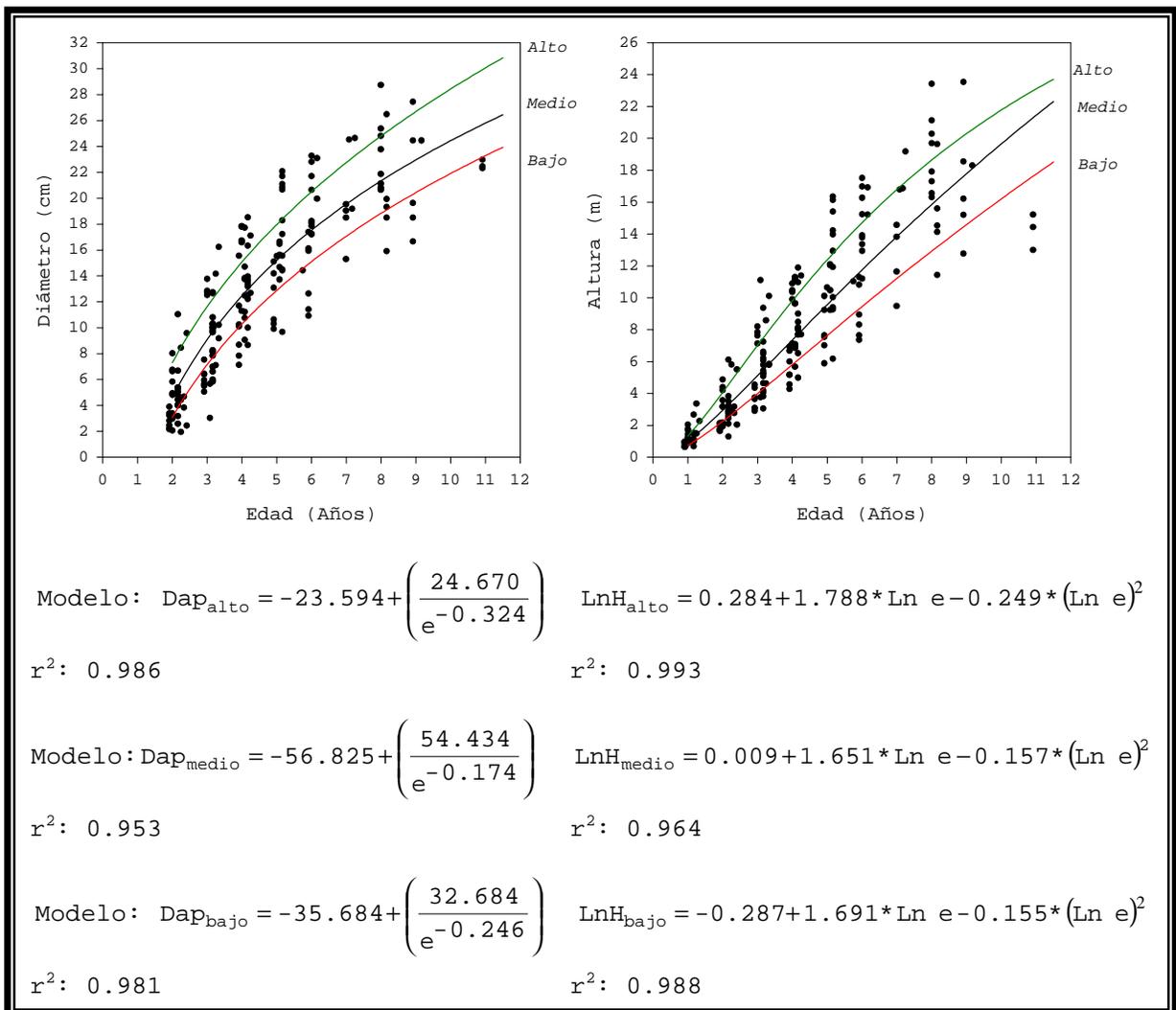


Figura 16. Curvas de crecimiento en diámetro y altura para *Vochysia guatemalensis* basadas en modelos de predicción; para la Región Huetar Norte de Costa Rica

En la figura 15 se presentan las tres curvas de crecimiento representativas de un crecimiento alto, medio y bajo tanto en diámetro como en altura.

Estas curvas de crecimiento representan la tendencia del diagrama de dispersión, de los 202 promedios de diámetro y altura total utilizados en el ajuste de los modelos.

La concentración de los datos se da en edades similares e inferiores a los 6 años, provocando un aumento en la pendiente de la curva en este rango de edades, lo que ocasiona una alta sobrestimación del modelo, principalmente en los valores de altura a los 10 años.

Al comparar los 5 modelos propuestos para la estimación del crecimiento en diámetro, se selecciona el modelo de Schumacher como el de mejor ajuste, con la variante de no incluir el logaritmo natural en la igualdad. De esta forma se obtiene para diámetro los ajustes de r^2 0.98, r^2 0.95 y r^2 0.98 para las curvas alto, medio y bajo respectivamente.

Por otra parte en cuanto a la altura el modelo base de doble logaritmo fue el que registró mejor la tendencia del crecimiento en función de la edad con $\ln H = a + b * \ln \text{edad} + c * (\ln \text{edad})^2$. Presentando ajustes de r^2 0.99 (H_{alto}), r^2 0.96 (H_{medio}) y r^2 0.98 (H_{bajo}).

Para el caso de la altura se analizaron un total de 8 modelos, los cuales se presentan en el anexo 8.

En el cuadro 23 se presentan los resultados de la aplicación de cada uno de los modelos de predicción del crecimiento en diámetro y altura total en función de las edades de referencia 1,3,5,y 10 años. Así como los promedios de las mismas variables medidas en el campo.

Cuadro 24. Comparación de los valores observados con los calculados por los modelos de crecimiento en Dap y altura total de *Vochysia guatemalensis*, para las edades de 1,3,5 y 10 años.

| Edad (años) | Dap Ob. (cm) | Dap Mod. (cm) | | | H Ob. (m) | H Mod. (m) | | |
|-------------|--------------|---------------|-------|------|-----------|------------|-------|------|
| | | Bajo | Medio | Alto | | Bajo | Medio | Alto |
| 1 | 3.1 | | | | 1.4 | 0.8 | 1.0 | 1.3 |
| 3 | 10.0 | 6.9 | 9.1 | 11.6 | 5.5 | 4.0 | 5.1 | 7.0 |
| 5 | 16.4 | 12.7 | 15.2 | 18.0 | 10.7 | 7.6 | 9.6 | 12.4 |
| 10 | 23.2 | 21.7 | 24.4 | 28.4 | 13.8 | 16.2 | 19.7 | 21.8 |

Dap Ob. : diámetro a la altura del pecho observado.

Dap Mod. : diámetro a la altura del pecho generado por el modelo.

H Ob. : altura observada.

H. Mod. : altura generada por el modelo.

Se observa en el cuadro 24 que la igual que en el caso de *V. ferruginea*, no fue posible emplear la base de datos con 1 año de edad, debido a problemas de inconsistencias.

Por otra parte comparando el promedio observado de altura contra el generado por el modelo, se puede notar que este último tiende a subestimar, presentándose una altura de 1.4m versus 1.3m en la curva generada por el modelo de crecimiento alto.

A la edad de referencia 3 años el modelo base coloca los valores observados como crecimientos de tipo medio o alto. Esta situación se mantiene a la edad de 5 años con valores de diámetro observados de 16.4cm ubicado entre 15.2cm de crecimiento medio y 18.0cm de crecimiento alto; al igual que una altura de 10.7m ubicada entre los 9.6m y 12.4m de crecimiento respectivamente.

Esta condición pone en evidencia que el modelo hasta cierto punto subestima la capacidad productiva del sitio en etapas tanto iniciales como intermedias de crecimiento. Al igual que en las anteriores especies este responde a un estudio preliminar de la especie.

Por último en cuanto a los valores obtenidos a los 10 años se presenta una concordancia bastante aceptable entre el diámetro modelo medio y el observado. No así en altura donde el modelo sobrestima completamente el valor con 13.8m contra 16.2 (H_{bajo}). Sin embargo esto es debido a la falta de información en edades superiores.

6. Análisis Cualitativo de la Información

Cabe mencionar que las parcelas de muestreo evaluadas, como se ha mencionado anteriormente, fueron sometidas a un manejo inicial de raleos de baja intensidad, en su defecto los llamados raleos fitosanitarios. Posteriormente, según comunicaciones personales, los propietarios aducieron que ellos habían efectuado intervenciones esporádicas a algunos individuos como podas, deshijas, eliminación de malezas, etc.

Sin embargo, estas intervenciones no aportaron grandes diferencias al momento de evaluar las parcelas en conjunto. Por lo tanto, los datos presentados en el cuadro 25 reflejan las condiciones, hasta cierto punto naturales, propias de cada especie.

Dentro de las condiciones básicas para el uso de especies forestales nativas en la reforestación (Müller, 1993), se contempla: la capacidad de crecer en campo abierto, crecimiento aceptable, facilidad de propagación en vivero, amplia distribución natural y, tal vez, la más importante, madera comercializable en el mercado. Pues, que beneficio económico posee el reforestador si la especie que seleccionó para su programa cumple con las primeras condiciones. Pero no es aceptada por el industrial. Debido a su mala calidad, difícil procesamiento por la forma, nudos producto de un alto ángulo de inserción de ramás, grano en espiral, o por un consumidor exigente en calidad.

En el siguiente cuadro se presentan los promedios expresados en porcentaje de las variables cualitativas evaluadas en el proyecto COSEFORMA/ ITCR.

Estos valores han sido subdivididos dependiendo del grado de severidad con que se registraron por especie. Para cada variable se presenta en la casilla superior la mejor calificación y en la casilla inferior la peor calificación respectivamente.

Cuadro 25. Distribución del porcentaje promedio de árboles por hectárea, según la severidad de cada variable cualitativa, en ocho especies utilizadas para reforestación en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

| <i>Especie</i> | Bifurca ¹ . | Reitera. | Inclina. | Áng.Ram. | Gra.Esp. | Rectit. | Est.Fit. | Calidad |
|-------------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|
| | 1 ó 2 | 1 ó 2 | 1 ó 2 | 1 ó 2 | 1 ó 2 | 1 a 3 | 1 a 3 | 1 a 4 |
| <i>D. panamensis</i> | 86.16 | 70.45 | 66.43 | 69.62 | 100.00 | 25.58 | 99.68 | 10.71 |
| | | | | | | 71.49 | 0.03 | 38.99 |
| | 13.84 | 29.55 | 33.57 | 30.38 | 0.00 | 2.93 | 0.29 | 47.64 |
| <i>V. ferruginea</i> | | | | | | | | 2.66 |
| | 100 | 96.41 | 76.89 | 51.28 | 100.00 | 80.56 | 100.00 | 29.34 |
| | | | | | | 19.09 | 0.00 | 64.84 |
| <i>V. guatemalensis</i> | | | | | | | | 5.24 |
| | 91.02 | 88.43 | 84.24 | 84.13 | 100.00 | 17.12 | 100.00 | 6.94 |
| | | | | | | 75.75 | 0.00 | 71.16 |
| <i>E. deglupta</i> | | | | | | | | 19.86 |
| | 8.98 | 11.57 | 15.76 | 15.87 | 0.00 | 7.13 | 0.00 | 2.04 |
| | | | | | | | | |
| <i>V. koschnyi</i> | | | | | | | | |
| | 100 | 90.91 | 63.72 | 82.55 | 100.00 | 67.88 | 98.18 | 32.23 |
| | | | | | | 30.30 | 0.91 | 64.65 |
| <i>Z. mayanum</i> | | | | | | | | 3.12 |
| | 98.34 | 97.73 | 98.24 | 97.38 | 90.97 | 96.53 | 98.70 | 79.02 |
| | | | | | | 3.47 | 1.30 | 17.13 |
| <i>H. alchorneoides</i> | | | | | | | | 3.85 |
| | 1.66 | 2.27 | 1.76 | 2.62 | 9.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | | | | | |
| <i>S. microstachyum</i> | | | | | | | | |
| | 95.62 | 100 | 94.27 | 45.17 | 100.00 | 11.13 | 98.65 | 0.00 |
| | | | | | | 87.35 | 1.35 | 69.98 |
| <i>S. microstachyum</i> | | | | | | | | 28.50 |
| | 4.38 | 0.00 | 5.73 | 54.83 | 0.00 | 1.52 | 0.00 | 1.52 |
| | | | | | | | | |
| <i>S. microstachyum</i> | | | | | | | | |
| | 86.14 | 65.06 | 96.03 | 34.15 | 100.00 | 40.18 | 99.85 | 6.41 |
| | | | | | | 56.82 | 0.15 | 47.74 |
| <i>S. microstachyum</i> | | | | | | | | 44.28 |
| | 13.86 | 34.94 | 3.97 | 65.85 | 0.00 | 3.00 | 0.00 | 1.57 |
| | | | | | | | | |
| <i>S. microstachyum</i> | | | | | | | | |
| | 86.77 | 81.90 | 18.34 | 18.00 | 100.00 | 12.05 | 98.53 | 0.22 |
| | | | | | | 65.12 | 1.47 | 14.62 |
| <i>S. microstachyum</i> | | | | | | | | 64.23 |
| | 13.23 | 18.10 | 81.66 | 82.00 | 0.00 | 22.83 | 0.00 | 20.93 |
| | | | | | | | | |

¹Bifurca.:Bifurcación.
Reitera.:Reiteración
Inclina.:Inclinación

Rectit.:Rectitud Est. Fit.:Estado fitosanitario.
Calidad: Calidad total. Áng. Ram.: Ángulo de ramas.
Gan. Esp.:Grano en espiral

De esta forma tenemos que el análisis realizado evidencia los defectos que con mayor frecuencia se presentan en cada especie. Por lo que podemos observar que la variable grano en espiral no se registró en casi todas las especies, a excepción de *V koschnyi*, donde un 9.03% de los individuos evaluados registraron esta característica.

Luego en cuanto a bifurcación por especie tenemos que *D. panamensis* e *H. alchorneoides* seguidas por *S. microstachyum*, registraron los valores más altos pero no alarmantes. Cabe mencionar que esta variable fue evaluada tomando en consideración, la altura comercial del individuo, por lo que individuos que no presentaran esta característica dentro de la sección de fuste considerada como aprovechable industrialmente no fueron calificados como bifurcados.

Estas mismas especies registraron valores más altos de individuos con reiteración que la variable anterior.

En cuanto a la variable inclinación la especie *S. microstachyum* registró un 81.66% de individuos con éste defecto, seguida en menor porcentaje por *E deglupta* (36.28%) y *D. Panamensis* (33.57%).

A su vez en rectitud la especie *S. microstachyum* registró un 22.83% de los individuos severamente torcidos. Las demás especies oscilaron entre 0% (*V koschnyi*) y 7.13%, con valores más cercanos al primero que al segundo, lo que es satisfactorio.

Sin embargo, dentro del grado de severidad "2" casi todas las especies, a excepción *V. koschnyi* y *V. ferruginea* registraron más de un 56.82% hasta llegar a un 87.35% en *Z. mayanum*. Estos resultados colocan a *V. koschnyi*, *V. ferruginea* y en menor grado a *E. Deglupta* (No Nativa), como las especies con la mejor calificación en la variable rectitud.

Por otra parte las especies con ángulo agudo de inserción de las ramás en el fuste fueron, *V. koschnyi* (2.62%), *V. guatemalensis* (15.87) y *E deglupta* (17.45%) de los individuos. Las especies restantes superan el 30%, hasta un 82% en *S. microstachyum*.

Estas tres últimas variables evaluadas (inclinación, rectitud y ángulo de ramás), son características típicamente heredadas. Por lo que la semilla

empleada en estas plantaciones jugó un papel importante. El manejo silvicultural recibido influye poco en este tipo de defectos; sin embargo, la presencia de lianas, bejucos y trepadoras en el fuste pueden promover malformaciones de los individuos.

En general el estado fitosanitario de las plantaciones fue bueno. Se observaron casos aislados de comejen, canchros o protuberancias producidas por algún insecto (no identificados). Únicamente en el caso de *S. microstachyum* y *Z. mayanum* se observaron altos niveles de mortalidad.

Gran parte de los individuos presentaban muerte ascendente, por lo que las parcelas con esta particularidad no fueron sometidas a evaluación. Los porcentajes mostrados en el cuadro anterior corresponden a las parcelas con individuos rescatables del proyecto que no presentaban anormalidades en sanidad.

En términos de calidad total del árbol, esta variable resultó ser fácil y rápida de evaluar. Con base en ella se logró tener una estimación aceptable del potencial de aserrío de las especies nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Como se pudo analizar en apartados anteriores es variada, para el caso de *S. microstachyum* registró el porcentaje más alto de individuos de calidad 3, pero a su vez fue la especie con mayor número de individuos con calidad 4 (20.93%). Las restantes especies no superaron el 2.66% de individuos de baja calidad; sin embargo, para la edad actual de las plantaciones no se justifica la presencia de los mismos.

La especie *V. koschnyi* mostró ser la especie con mayor número de individuos de calidad 1 y a su vez la clase donde se encontraba mayormente representada (79.02%). En el caso de las demás nativas, se registraron porcentajes oscilando entre 0% para *Z. Mayanum*, con cero individuos de excelentes características, y no más de 32.23% para *E. deglupta*.

La especie *D. panamensis* registró un 38.99% y 47.64% de individuos calidad 2 y 3 respectivamente. *V. ferruginea* un 64.84% en la clase 2. Mientras que un 71.16%, 69.98, 64.65% de calidad 2 en *V. guatemalensis*, *Z. mayanum* y *E. deglupta* respectivamente. Mientras que *H alchorneoides*

registró porcentajes similares de calidad 2 y 3 con 47.74% y 44.28% de los individuos.

Quirós (1998), enfatiza en que los raleos realizados a estas parcelas no correspondieron a raleos de tipo comercial. Además en general, el desarrollo de las plantaciones de cualquier región, durante los primeros años depende de la calidad de manejo que hayan recibido y de la aplicación de los tratamientos silviculturales en forma adecuada y oportuna.

Se ha demostrado que la labor de mantenimiento es fundamental. De ésta dependerá el comportamiento futuro de cualquier especie y el éxito alcanzado según los objetivos de la reforestación.

Por otra parte el aporte genético de los individuos padre de cada progenie juega un papel muy importante en la anatomía y fisiología del organismo. Una gran cantidad de proyectos del país han sido un fracaso completo, pues se usó semilla de procedencia desconocida, inapropiada y de mala calidad.

Es fundamental para evitar este tipo de situaciones contar con una amplia gama de fuentes semilleras para reforestación. El inconveniente hasta el momento es que en el país no se incluye dentro de los programas de reforestación, un apartado donde se planifique un programa de mejoramiento genético, donde se conozcan las características cualitativas de los progenitores que preceden a la plantación.

Hasta el momento los programas se han desarrollado con fuentes semilleras donde se conoce el árbol madre de donde fue extraída la semilla, pero ¿Se conoce al padre?. Según Olman Murillo* el árbol madre aporta más de un 50% de las características genéticas de la progenie; sin embargo, esto no nos garantiza el comportamiento y características de dichos individuos.

* Olman Murillo Gamboa, Genetista del Instituto Tecnológico de Costa Rica
Comunicación personal.

7. Análisis socioeconómico.

Para la realización del análisis del componente socioeconómico se analizaron las características y preferencias de cada uno de los productores propietarios de los sitios donde fueron establecidas las parcelas de muestreo de especies nativas en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

7.1. Descripción de los propietarios.

Un 60% son oriundos de la llanura de San Carlos, mientras que el 40% emigraron de zonas como Guanacaste, Puntarenas y San José.

El 92% corresponden a hombres con edades entre los 38 y 62 años de edad con un promedio de 5 hijos por familia y de religión católica. El 8% es una mujer la propietaria, pero los encargados de velar por las actividades productivas son los hijos.

El ingreso mensual por familia en un 43% es de 400 a 600 mil colones, mientras que el 57% perciben entre 50 y 80 mil colones mensuales.

El 50% abarcó una educación formal en escuela primaria completa, el 7% recibieron secundaria incompleta hasta el tercer grado y el 43% realizaron estudios universitarios.

El 70% de los productores participan en asociaciones u organizaciones civiles en distintos cargos, ya sea como directivos, presidentes, gerentes, regidores y delegados o como socios y miembros.

El 40% si reside en la finca y sus actividades laborales corresponden al mantenimiento del lugar, de ocupación agrícola prioritariamente y ganadería no intensiva de doble propósito; mientras que los demás se dedican a otras actividades personales, en su mayoría comerciantes o profesionales.

El 35% poseen entre 100 y 200 has, el 15% entre 400 y 500 has y el 50% no supera las 50 has; además, tan solo el 30% poseen otras fincas de no más de 20 has.

El 100% de los entrevistados poseen título de propiedad, el 35% son dueños desde hace más de 30 años y el 65% hace 20 años. Estas últimas las obtuvieron por herencia de sus padres y piensan conservarlas. En la mayoría de los casos los padres aun viven.

7.2.Descripción de las fincas.

Las fincas de estos propietarios se encuentran distribuidos en 14 comunidades de la región, estas se ubican a no más de 15 kilómetros y no menos de 0.5 kilómetros del pueblo principal.

Sin embargo, aproximadamente el 60% no residen en ella, el 85% habitan en el centro poblacional más cercano, mientras que el 15% en centros urbanos a más de 100 kilómetros de distancia, realizando visitas esporádicas una vez por semana o dos veces al mes.

En algunos de los casos (30%) cuentan con un capataz o encargado de la finca; el cual, vive en ella con su familia, se contrata mano de obra que realiza trabajos en determinadas épocas del año; generalmente entre 3 y 4 peones; en actividades más que todo de limpias (chapeas) y labores silviculturales (podas y raleos).

El principal objetivo de las fincas es de un 8% ganadería lechera, 20% en reforestación, 20% a agricultura, y 52% es silvopastoril (ganadería de engorde asociado a reforestación).

Las fincas para reforestación, corresponden exclusivamente para dicha actividad, un 10% con más de 50 has e igualmente con menos de 10 has; sin embargo, se cuenta dentro de estas áreas con coberturas boscosas de más de 200 has y áreas de charral de menos de 20 has.

Las fincas de uso agrícola no superan las 50 ha. Mientras que la actividad silvopastoril involucra 50 ha promedio con no más de 30 cabezas de ganado y 100 ha para más de 80 cabezas.

El uso anterior de los terrenos corresponde a 85% pasto y/o charral, y el 15% en agricultura (café, caña, hortalizas). Corresponden en un 48% de relieve plano, 24% inclinados y 28% de tipo ondulado.

7.3. Generalidades acerca del establecimiento de las plantaciones.

Las actividades de reforestación se iniciaron entre los años 1990 y 1995 con las siguientes especies: *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum*, *Pinus sp*, *Cordia alliodora*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus deglupta*, *Terminalia sp* y recientemente las nativas *Dipteryx panamensis*, *Hyeronima alchorneoides*, *Stryphnodendrum microstachyum*, *Virola koschnyi*, *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis*, *Zanthoxylum mayanum*

Las principales ventajas en orden prioritario que el productor esperaba obtener con su plantación eran: Aporte a la reforestación, utilización de los terrenos, beneficio económico a futuro, protección de mantos acuíferos y corredores biológicos, rescate de especies nativas, fuente de trabajo familiar.

Dentro de las desventajas esperadas se pensó en: inestabilidad económica en el mercado, bajos precios, falta de información en cuanto al crecimiento de las especies, reducción del terreno agrícola y ganadería, eliminación de tacotales que se pudieron dejar como bosques a futuro, falta de comunicación entre productores e industriales (satisfacer necesidades), presencia de plagas y enfermedades, bajo costo de oportunidad, manejo de residuos posterior al aprovechamiento.

El 80% de los productores establecieron sus plantaciones con los incentivos económicos otorgados por el gobierno, una donación de entre ₡80000 /ha y ₡130000 /ha distribuida porcentualmente en 5 años; aportando cada productor la mano de obra e insumos necesarios. Mientras que el 20% lo realizó empleando fondos propios.

En general el 90% de los propietarios describieron su actitud al momento de establecer sus plantaciones como muy favorable, pues los incentivos económicos otorgados fueron en su momento de gran ayuda y satisfacían una necesidad tanto económica como ecológica, además cubrían una gran parte de los gastos de establecimiento.

Sin embargo; en el transcurso, se empezaron a sentir anomalías como tardanzas en la entrega de los fondos por las entidades intermediarias

encargadas de su distribución que reasignaron los montos y las fechas, y en ciertos casos la cantidad total nunca llegó a los productores.

La asesoría técnica ofrecida en ocasiones no se dio y la brindada no fue la más adecuada. El crecimiento de las especies seleccionadas no fue el proyectado inicialmente, comenzándose a dar problemas económicos por gastos de mantenimiento e insumos no recuperables a corto plazo. Además de que las políticas de reforestación en Costa Rica no se han definido a largo plazo, siendo muy cambiantes y riesgosas para el pequeño productor, como los permisos de corta, papeleos y trámites, etc.

El 92% de los reforestadores no recibieron críticas al momento de tomar la decisión y de plantar los árboles, por el contrario familiares y vecinos los motivaron, a excepción del 8% donde se registraron situaciones de inconformidad por terceros, aduciendo el hecho de no ser un negocio rentable para el pequeño finquero, pues para subsistir de la reforestación se requería de grandes extensiones de terreno.

Sin embargo, cada productor era consciente del objetivo de producción de su finca, por lo que la actitud al momento de decidirse por plantar fue completamente independiente de la opinión de terceros, pero dependiente a nivel familiar.

La principal razón que los productores consideran en cuanto al hecho de que sus vecinos hallan reforestado es el fin económico, y la limitante ha sido también la parte económica.

Por otra parte la incógnita de sí piensa el productor plantar más árboles en los próximos 5 años la respuesta fue: un 50% creen que sí es muy probable que lo hagan bajo las siguientes condiciones: que se otorguen nuevamente los incentivos con un reajuste económico, de acuerdo a los costos actuales. Contar con un verdadero apoyo por parte de un extensionista forestal, responsable y certero de las actividades a desarrollar en la plantación; realizar una adecuada selección de los sitios y las especies a plantar; que exista la debida administración de los recursos, eliminando intermediarios, entregando el gobierno los fondos directamente al productor en el momento oportuno y que se promueva el manejo de rebrotes post-cosecha.

El otro 50% de los entrevistados están seguros de no plantar más; pues, en Costa Rica no se cuenta con un adecuado ordenamiento territorial, que clasifique y asigne las áreas de aptitud forestal; el empleo de las zonas más productoras deben utilizarse para la agricultura como una actividad mucho más rentable a corto plazo, de la que el pequeño productor puede subsistir, además de que la actividad tradicional en la zona Norte ha sido la ganadería intensiva.

No existen en el país políticas que defiendan al pequeño campesino únicamente al gran productor y la dinámica del mercado ocasiona que el intermediario obtenga la mejor parte.

7.4.Aspectos Silviculturales.

El 57% de los propietarios han realizado en sus fincas labores silviculturales de poda, raleo, chapeas, replante y menor grado fertilización pues no es rentable.

El otro 43% ha realizado alguna o ninguna de las actividades anteriores, aduciendo que tienen poca información con respecto al momento oportuno, intensidad y técnica a emplear en la intervención silvicultural. Sin embargo, el primer grupo de entrevistados que si los aplicaron, el 15% tampoco tenían información, a pesar de ello lo realizaron en una forma empírica con conocimiento agrícola y no tuvieron problemas al respecto. Mientras que el 42% lo realizó bajo supervisión técnica, conocimientos adquiridos en algunos cursos impartidos por Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), y el Centro Agrícola Cantonal de la zona.

Ningún productor informó de haber sufrido problemas durante el desarrollo de sus plantaciones además de la falta de información sobre el manejo silvicultural de cada especie.

7.5.Tendencias de los productores.

Con respecto a la situación futura de las plantaciones por parte del propietario el 15% piensa dejar el material como una reserva o reducto, contribuyendo a la recuperación de los bosques en el país, principalmente de especies nativas. Otro 15% desea hacer lo mismo y además cortar y

vender parte del producto y vivir en la finca en su jubilación. Y con gran seguridad el restante 60% dijo que cortaría y vendería toda la madera al momento de cosecha.

En ninguno de los casos la finca abastece, ni tiene otros árboles como consumo de leña, madera u otros de uso doméstico, pero si suple de algunos productos agrícolas como: fríjol, maíz, yuca, tiquizque, banano, plátano, piña cultivados fuera de las plantaciones.

Un 50% se dedica al desarrollo de la ganadería de doble propósito supliendo de leche y/o carne a las familias.

Es importante mencionar que se asocian las tierras reforestadas con pastura, introduciendo ganado de menor peso, como una técnica para controlar malezas dentro de la plantación.

Cuadro 26. Calificación que el productor le asignó a cada especie empleada para reforestación en la Región Huetar Norte, según su criterio y experiencia personal.

| Especie | Crecimiento |
|--------------------------------------|----------------------|
| <i>Gmelina arborea</i> | Bueno a excelente |
| <i>Tectona grandis</i> | Bueno |
| <i>Bombacopsis quinatum</i> | Malo a regular |
| <i>Pinus sp</i> | Regular |
| <i>Acacia mangium</i> | Regular |
| <i>Terminalia sp</i> | Bueno a excelente |
| <i>Cordia alliodora</i> | Malo |
| <i>Eucalyptus deglupta</i> | Malo-regular a bueno |
| <i>Dipteryx panamensis</i> | Bueno |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i> | Regular a bueno |
| <i>Stryphnodendrum microstachyum</i> | Malo |
| <i>Virola koschnyi</i> | Bueno |
| <i>Vochysia ferruginea</i> | Bueno |
| <i>Vochysia guatemalensis</i> | Excelente |
| <i>Zanthoxylum mayanum</i> | Regular |

Como se observa en el cuadro anterior el productor calificó a *Cordia alliodora* y *Stryphnodendrum microstachyum* como especies con un crecimiento malo, seguidas de *Pinus sp.*, *Acacia mangium* y *Zanthoxylum mayanum* con un crecimiento regular.

Por otra parte la mejor especie, al parecer de los productores, corresponde a *Vochysia guatemalensis* (Cebo), la cual a mostrado un crecimiento muy rápido y les ha permitido recuperar en poco tiempo parte de la inversión con las intervenciones silviculturales.

Con crecimiento bueno a excelente se registraron *Gmelina arborea* y *Terminalia sp.* las cuales, han presentado en el caso de la Melina mucha competencia en el mercado y bajos precios, siendo principalmente adquirida por tarimeros y ebanistas.

En el caso de *Terminalia* la principal limitante la han presentado los industriales (aserraderos); pues, es una especie con problema de tensiones internas de la madera, siendo difícil e incluso imposible su venta. La práctica realizada en la región con madera de este tipo ha sido cortar en menguante y dejar el material durante un par de meses en la plantación y así reducir las tensiones, al respecto se manejan muchas teorías; sin embargo, ninguna da garantía de los resultados.

En apartados anteriores de este documento se analizó el crecimiento de algunas de las especies nativas de la región, encontrándose numéricamente, resultados como los definidos por los productores, por lo que se corrobora la situación real de las especies en la región Huetar Norte.

El 65% prefieren el uso de especies nativas, por razones como su buen crecimiento, adaptabilidad y calidad de la madera; y el 35% aducen que es mejor plantar especies exóticas pues son de más rápido crecimiento.

A pesar de ello se maneja en el ambiente una sensación de inseguridad por ambos grupos; pues al productor se le vendió la idea de reforestar; sin embargo, hasta cierto punto, no se le dio el seguimiento que ellos esperaban por parte del gobierno (eliminación de los incentivos) y de las personas y entidades involucradas, dejando al pequeño productor a la deriva.

7.6.Aspectos sociales.

7.6.1.Política forestal.

En cuanto a la pregunta acerca de ¿Qué opina sobre la política forestal existente en el país?; se obtuvieron variedad de respuestas que se resumen a continuación.

En el sector forestal se cuenta con buenas y malas políticas, en algunos casos estas han sido definidas a corto plazo, no beneficiando al pequeño productor que se ha involucrado en las actividades de reforestación.

Estas políticas han sido muy cambiantes provocando la inseguridad de dicha actividad, los trámites burocráticos, la corrupción de los permisos de corta, los bajos precios han desincentivado a la mayoría de pequeños campesinos, urgidos por desarrollar alguna actividad rentable para subsistir.

Se ha contado con una mala organización y administración de los recursos, que en muchos casos de haber sido otorgados a tiempo habrían sido de gran aporte al sector. Sin embargo, ha prevalecido el descontrol y manipuleo de los fondos asignados, ocasionando una situación desventajosa para el pequeño productor, que no puede competir con los precios de los grandes comerciantes.

Las políticas existentes protegen más a la ecología que al campesino, falta desarrollar más experiencias que permitan crear un equilibrio entre las necesidades de la gente y la naturaleza.

Por otra parte se cuenta con mucha información silvicultural, pero para los extensionistas, no para el que realmente planta; se debe buscar la manera de que esos conocimientos sean aplicados al campo y no estén únicamente escritos.

Las entidades encargadas de dar las asesorías técnicas se presentan esporádicamente, teniendo el productor que actuar por su cuenta en el mejor de los casos, con poco o ningún conocimiento.

¿Cómo se mejoraría el sistema de reforestación en el país?

Se mejora mediante una adecuada planificación y administración de los recursos, reactivando los incentivos, promoviendo políticas que mejoren las condiciones del mercado enfocadas hacia el productor y no al intermediario.

Se debe promover un cambio de actitud no en los productores; pero sí, en las personas de entidades involucradas; pues, realmente se tiene la convicción de reforestar, pero el desvío de dineros y la corrupción, desmotivan a los interesados

Buscar aportes económicos internacionales de países desarrollados dando a conocer el país como reforestador y que sea el gobierno mismo el encargado de asignar los fondos a los pequeños productores, eliminando las entidades intermediarias, creando un efecto multiplicador que le ayude al campesino a independizarse.

Consolidar el ordenamiento territorial del país y que se le informe al propietario de cada finca la aptitud de sus tierras, para lograr una mejor utilización y aumentar su productividad.

7.6.2.Situación económica

El 50% aseguraron que su situación económica iba a mantenerse igual en los próximos 10 años, aduciendo el 15% que la situación del país empeoraría de leve a sustancialmente, mientras que los otros confiaban en que también seguiría igual.

Un 30% afirmaron que su situación empeoraría algo, al igual que la del país, esta última, a causa de la mala administración de las entidades del gobierno. Mientras que el 20% confía plenamente en que económicamente se superaran por si mismos, independientemente de la situación del país, indicando que esta o se mantendría o empeoraría.

CONCLUSIONES.**1. Crecimiento de especies nativas.**

Las plantaciones forestales con las especies nativas *Hieronima alchorneoides* (Pilón), *Vochysia ferruginea* (Botarrama) y *Vochysia guatemalensis* (Cebo) registraron los mayores crecimientos, en términos de diámetro y altura total. Además son consideradas como las más promisorias para reforestación en la Región Huetar Norte de Costa Rica junto con *Dipteryx panamensis* y *Virola koschnyi*.

Las especies *Vochysia ferruginea* (Botarrama) y *Vochysia guatemalensis* (Cebo) registraron los valores más altos de volumen en la región y productividad en área basal con 24.9 m² /ha para *V. guatemalensis* a los 11 años de edad; *V. ferruginea* con 19.2 m² /ha a los 8 años y *V. koschnyi* con 19.2. m² /ha con 11 años de edad

Las plantaciones forestales de *Stryphnodendrum microstachyum* (Vainillo) y *Zanthoxylum mayanum* fueron las especies nativas que registraron el más bajo potencial para la reforestación en la Zona Norte de Costa Rica en términos de crecimiento. Además registraron una mortalidad superior al 50% y en caso contrario los individuos presentes mostraban fuertes defectos a nivel de fuste como: Reiteraciones, bifurcaciones, inclinación y ramas con un alto ángulo de inserción.

Las especies *S. microstachyum*, *Z. mayanum* y *E. deglupta* (testigo) no registraron el comportamiento en crecimiento esperado; por lo que no fueron consideradas dentro del análisis total de este trabajo. A pesar de ello estas especies presentaron mejores crecimiento en biomasa, por lo que se debe considerar el objetivo de la plantación.

Las plantaciones forestales bajo condiciones de manejo silvicultural, disminuyen considerablemente el número de individuos en las calidades 3 y 4. Sin embargo las parcelas evaluadas presentaron individuos en estas calidades, por lo que los resultados registrados son de plantaciones con características bastante naturales de crecimiento.

Las especies nativas seleccionadas por el proyecto COSEFORMA /ITCR para reforestación en la RHN de Costa Rica, demostraron una alta adaptación a

condiciones como: suelos arcillosos, de muy ácidos a moderadamente ácidos (pH 4.5-6), poco fértiles pero bien drenados, de textura franca, franco-arcillosas y planicies muy húmedas aluviales.

Por lo anterior se concluye que las especies nativas consideradas como promisorias para reforestación son las más aptas para el crecimiento en las zonas edafoclimáticas de la región.

Se encontraron diferencias significativas entre los incrementos ICA e IMA en las variables diámetro y altura total entre las zonas edafoclimáticas de la Región Huetar Norte donde fueron establecidas las especies nativas. Sin embargo, análisis preliminares demuestran que estas diferencias no son permanentes año tras año, por lo que la zona edafoclimática no es un factor determinante en el crecimiento de estas plantaciones.

El crecimiento en cada zona esta en función de las características particulares de desarrollo de cada una de las especies.

Las variables cualitativas y cuantitativas demuestran ser adecuadas en cuanto al uso e interpretación de los resultados en este tipo de trabajos. Estas variables representan ser las más indicadas para definir rápidamente el potencial a futuro de plantaciones forestales.

La especie *V koschnyi*, fue la que registró los menores porcentajes de defectos donde el único severo fue la presencia de grano en espiral con un 9.03% de los individuos evaluados.

Las especies *D. panamensis* e *H. alchorneoides* seguidas por *S. microstachyum* registraron los valores más altos en cuanto a bifurcación y reiteración. *S. microstachyum*, *E deglupta* y *D. Panamensis* registraron el mayor número de individuos con problemas de inclinación

2.Aspectos socioeconómicos.

La participación en programas de incentivos a la reforestación ha influido en la toma de decisiones del productor en cuanto al tipo de sistema de producción y las especies a utilizar en la reforestación.

Las plantaciones existentes hoy en día corresponden mayoritariamente a plantaciones establecidas con incentivos del estado y minoritariamente establecidas mediante fondos propios de los productores.

Las principales limitantes al igual que las motivaciones del pequeño productor para la reforestación son la situación económica, las políticas a corto plazo y las condiciones de mercado. Por lo que la reactivación de los incentivos y la eliminación de intermediarios, vendrían a ser de gran aporte nuevamente al productor.

LITERATURA CITADA.

- A**rguedas, M; Chaverri, P. 1997. Nuevo reporte en siete especies forestales nativas en Costa Rica. III Congreso Forestal Nacional, del 27 al 29 de agosto de 1997. San José, Costa Rica.
- B**arraza, D; Días, J. 1999. Clasificación preliminar de sitios para plantaciones con *Hyeronima alchorneoides*, *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea*, *Virola koschnyi* y *Terminalia amazonia* en la zona Nor.-Atlántica de Costa Rica. Tesis de grado para optar por el título de Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia Costa Rica. 88 p.
- Butterfield, R. 1990. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress. Volumen 2. Montreal, Canadá. 3-14 p.
- _____; Fisher, R. 1994. Untapped potential: native species for reforestation. *Journal of Forestry*. 92(6): 37-40 p.
- _____. 1995a. Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 42 p.
- _____. 1995b. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. *Forest Ecology and Management* 75, 111-121 p.
- _____; Espinoza, M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests*, 9, 135-145 p.
- C**lutter, J.L.; Fortson, J.C.; Peinar, H.G.; Bailey, R.L. 1983. *Timber Management: A quantitative approach*. New York, Willey. 333 p.
- E**vans, J. 1987. Site and species selection- Changing perspectives. *Forest Ecology and Management* 21, 299-310 p.

_____. 1992. Plantation forestry in the tropics. Clarendon Press, Oxford. Segunda edición. 403 p.

_____. 1999. Planted forests of the wet and dry tropics: their variety, nature, and significance. *New Forests* 17, 25-36 p.

Guevara, C; Zamora, N. 1997. Evaluación del crecimiento y productividad de cinco especies nativas plantadas en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales (con énfasis en Manejo Forestal). Universidad Nacional. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia, Costa Rica.

González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70, 159-167 p.

Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106, 195-203 p.

Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Por H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 220 p.

Lamb, D. 1998. Large scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6(3): 271-279 p.

_____; Mendelsohn, R. 1997. Managing forest fallows: improving the economics of swidden agriculture. *Ambio* 26(2): 118-123 p.

Müller, E. 1993. estado actual del conocimiento sobre especies forestales nativas para la reforestación en Costa Rica. Documento del proyecto COSEFORMA /ITCR. Costa Rica. 29 p.

- N**ichols, D; González, E. 1992. Especies nativas y exóticas para la reforestación en la zona Sur de Costa Rica. San José, Costa Rica. 84 p.
- _____. 1994. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell.: development of native species for reforestation and agroforestry. Commonwealth Forestry Review 73(1): 9-13 p.
- P**arrotta, JA. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 41, 115-133 p.
- Piotto, D. 2001. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua: Comportamiento de las especies y preferencias de los productores. Tesis de maestría Escuela de Postgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación). Turrialba, Costa Rica. 130 p.
- Q**uirós, M. 1999. Evaluación de la calidad de las plantaciones forestales del Proyecto de Especies Nativas de la Región Huetar Norte, Costa Rica. Tesis de Ing. For. Departamento de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- S**age, L y Müller, E. 1995 Resultados preliminares de un ensayo con especies forestales nativas en sitios con problemas de inundación en la Región Huetar Norte. N 42. COSEFORMA /ITCR. San José, Costa Rica. 15 p.
- Segura, O. 2000. Sustainable systems of innovation: the forest sector in Central America. SUDESCA Research Papers n° 24. Department of Business Studies, Aalborg, Denmark.
- _____. ed. 1997b. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Costa Rica. Turrialba, CR., CATIE. 162 p. (Serie Técnica. Informe técnico no. 290)
- _____. 2000a. Guía para el establecimiento y medición de parcelas para el monitoreo y evaluación del crecimiento de árboles en

investigación y en programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 15 p.

_____. 2000b. El sistema MIRA, Componente de Silvicultura. Manual del usuario. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 82 p.

Wadsworth, FH. 1997. Forest Production for Tropical America. United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 710. Washington, DC.

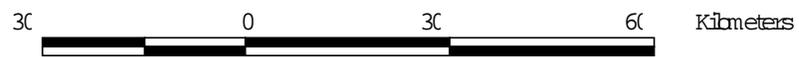
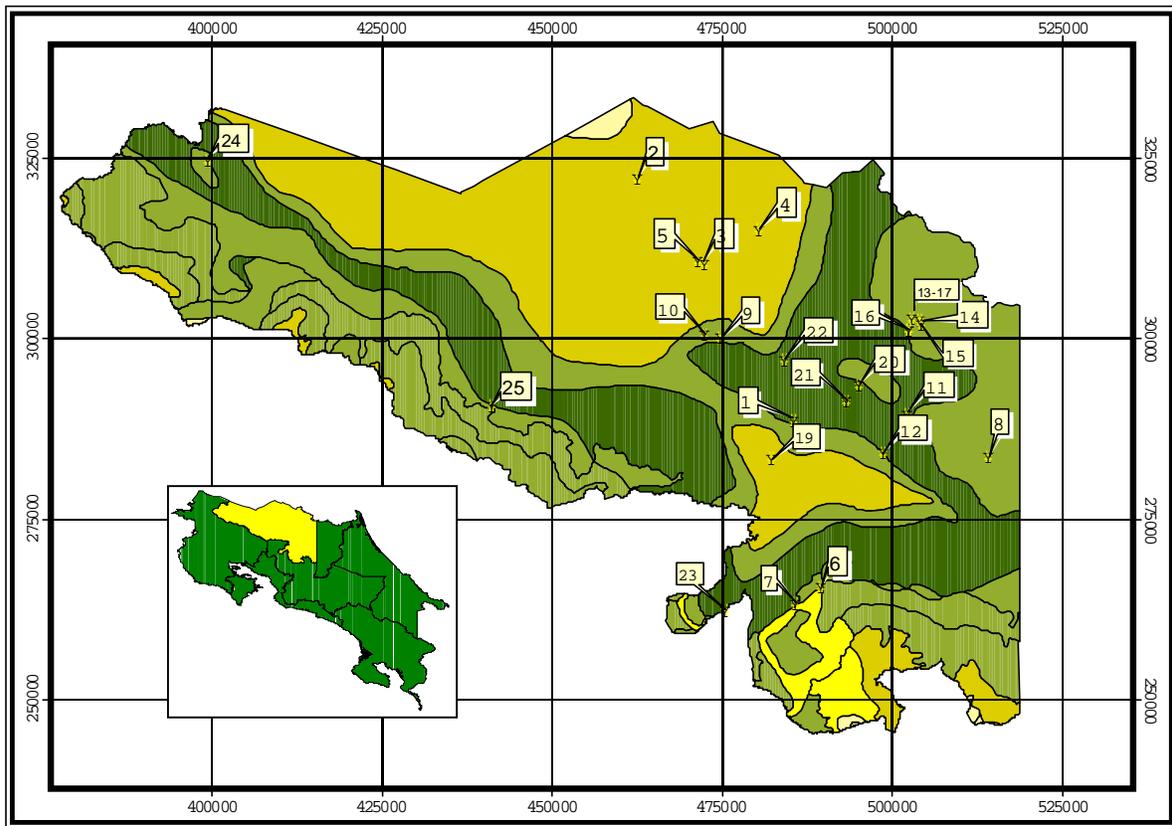
ANEXOS.

Anexo 1. Fecha de establecimiento y fertilización de algunos de los proyectos en estudio.

| Tipo de ensayo | Fecha de Plantación | Especies | Ubicación |
|----------------|---------------------|---|----------------------------|
| Fertilización | 10-10-90 | <i>D. panamensis</i> <i>V. koschnyi</i> | Aguas Zarcas, San Carlos |
| | 24-10-90 | <i>D. panamensis</i> <i>V. koschnyi</i> | Coopevega, San Carlos |
| | 31-10-90 | <i>D. panamensis</i> <i>V. guatemalensis</i> | Colegio Los Chiles |
| | 06-11-90 | <i>D. panamensis</i> <i>V. guatemalensis</i> <i>V. koschnyi</i> | El Amparo, Los Chiles |
| | 14-11-90 | <i>D. panamensis</i> <i>V. koschnyi</i> | Cutris, Los Chiles |
| | 04-12-90 | <i>D. panamensis</i> <i>V. koschnyi</i> | C. Quesada, San Carlos |
| | Area piloto | 10-91 | <i>Zanthoxylum sp.</i> |
| 08-92 | | <i>H. alchorneoides</i> <i>V. guatemalensis</i> | Cutris, Los Chiles |
| -- | | <i>H. alchorneoides</i> <i>V. guatemalensis</i> | Los Chiles |
| 11-92 | | <i>S. microstachyum</i> <i>H. alchorneoides</i> | Chimurria, Los Chiles |
| 10-92 | | <i>H. alchorneoides</i> <i>S. microstachyum</i> <i>V. guatemalensis</i> <i>E. Deglupta</i> | Coopevega, San Carlos |
| Comportamiento | 10-92 | <i>H. alchorneoides</i> <i>S. microstachyum</i> <i>V. guatemalensis</i> <i>E. Deglupta</i> | Chimurria, Los Chiles |
| | 11-92 | <i>H. alchorneoides</i> <i>S. microstachyum</i> <i>V. guatemalensis</i> <i>E. Deglupta</i> | Boca Escaleras, Los Chiles |
| | 08-93 | <i>H. alchorneoides</i> <i>S. microstachyum</i> <i>V. guatemalensis</i> <i>E. Deglupta</i> | Los Chiles |

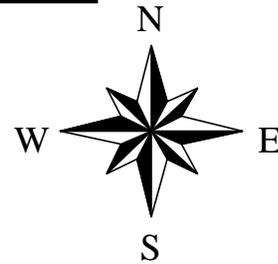
Fuente: Müller, E.1993. Fechas modificadas mediante base de datos del Proyecto de Especies Nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica. Enero de 2002

Anexo 2.



SIMBOLOGÍA

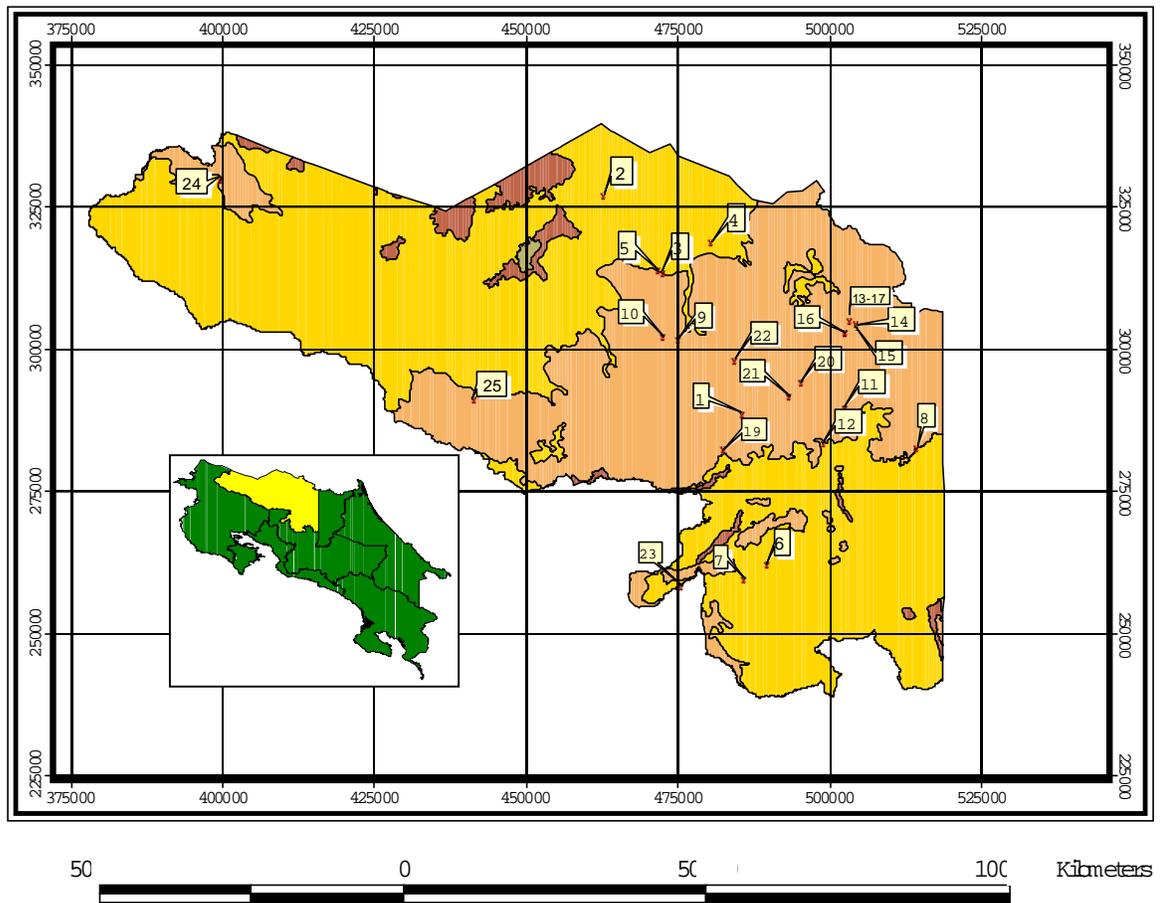
- Fincas.shp
 Zvda.shp
- Bh-T Trans Seco
- Bmh-MB
- Bh-T
- Bh-T Trans Perhum
- Bmh-P Trans Basal



Fuente:
 Mapa de Zonas de Vida de la RHN de CR.
 Ubicación de proyectos, datos de GPS

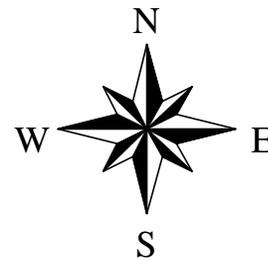
Figura 1. Distribución de los sitios de estudio según Zona de Vida en la Región Huetar Norte de Costa Rica

Anexo 3.



SIMBOLOGÍA

- ★ Fincas.shp
- Orden.shp
- ENTISOLES
- INCEPTISOLES
- NA
- ULTISOLES



Fuente:
 Mapa de Suelos de la RHN CR.
 Ubicación de proyectos, datos de GPS.

Figura 1. Distribución de los sitios de estudio según orden de suelo en la Región Huetar Norte de Costa Rica

Anexo 5a. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en diámetro de *Dipteryx panamensis*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95% | alto | | |
| $a + (b / edad^c)$ | | | | | | |
| a | -3.192 | 1.988 | -7.106 | 0.722 | 0.959 | 0.770 |
| b | 4.923 | 1.732 | 1.513 | 8.332 | | |
| c | -0.481 | 0.099 | -0.677 | -0.286 | | |
| $a*(1-\exp(-b* edad))^c$ | | | | | | |
| a | 13.699 | 1.018 | 11.695 | 15.703 | 0.953 | 0.805 |
| b | 0.214 | 0.041 | 0.132 | 0.295 | | |
| c | 1.396 | 0.171 | 1.059 | 1.733 | | |
| $a* edad^2 + b* edad + c$ | | | | | | |
| a | -0.085 | 0.011 | -0.107 | -0.063 | 0.953 | 0.806 |
| b | 2.075 | 0.125 | 1.830 | 2.321 | | |
| c | -0.675 | 0.294 | -1.253 | -0.096 | | |
| $a* \ln edad^2 + b* \ln edad + c$ | | | | | | |
| a | 0.889 | 0.135 | 0.623 | 1.155 | 0.953 | 0.807 |
| b | -1.856 | 0.967 | -3.760 | 0.048 | | |
| c | 0.211 | 1.697 | -3.128 | 3.551 | | |
| $a*(edad^2)+b* \exp(\ln edad)+c$ | | | | | | |
| a | -0.085 | 0.011 | -0.107 | -0.063 | 0.953 | 0.806 |
| b | 0.173 | 0.010 | 0.153 | 0.193 | | |
| c | -0.675 | 0.294 | -1.253 | -0.096 | | |
| $a*edad^2+b*(edad)+c*\exp(edad)^d$ | | | | | | |
| a | -0.067 | 0.021 | -0.109 | -0.025 | 0.960 | 0.773 |
| b | 1.828 | 0.234 | 1.367 | 2.288 | | |
| c | 0.349 | 0.863 | -1.351 | 2.048 | | |
| d | -0.313 | 2.166 | -4.578 | 3.952 | | |

Anexo 5b. Resultados del análisis de regresión para cada uno de los modelos de crecimiento en altura para *Dipteryx panamensis*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95% | alto | | |
| $\ln H = a + (b / edad^c)$ | | | | | | |
| a | 5.170 | 1.533 | 2.152 | 8.188 | 0.934 | 0.650 |
| b | -4.823 | 1.497 | -7.769 | -1.877 | | |
| c | 0.280 | 0.120 | 0.044 | 0.516 | | |
| $H = a + (b / edad^c)$ | | | | | | |
| a | -6.497 | 3.712 | -13.803 | 0.808 | 0.897 | 0.632 |
| b | 7.988 | 3.437 | 1.223 | 14.752 | | |
| c | -0.409 | 0.114 | -0.633 | -0.184 | | |
| $H = a*(1-\exp(-b* edad))^c$ | | | | | | |
| a | 15.140 | 1.269 | 12.642 | 17.639 | 0.901 | 0.644 |
| b | 0.268 | 0.064 | 0.142 | 0.39 | | |
| c | 1.623 | 0.309 | 1.015 | 2.230 | | |
| $\ln H = a*(1-\exp(-b* edad))^c$ | | | | | | |
| a | 2.571 | 0.089 | 2.397 | 2.745 | 0.933 | 0.656 |
| b | 0.484 | 0.077 | 0.332 | 0.635 | | |
| c | 1.818 | 0.339 | 1.152 | 2.485 | | |
| $a* edad + b* \ln edad + c$ | | | | | | |
| a | -0.062 | 0.030 | -0.121 | -0.004 | 0.933 | 0.658 |
| b | 1.205 | 0.113 | 0.983 | 1.428 | | |
| c | -2.525 | 0.308 | -3.131 | -1.918 | | |

Anexo 6a. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en diámetro de *Hyeronima alchorneoides*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>Dap = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| | -5.996 | 4.250 | -14.386 | 2.395 | 0.951 | 0.743 |
| | 7.363 | 3.786 | -0.110 | 14.836 | | |
| | -0.459 | 0.145 | -0.745 | -0.172 | | |
| <i>DAP = a*(1-exp(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 16.436 | 1.916 | 12.654 | 20.218 | 0.952 | 0.749 |
| b | 0.243 | 0.071 | 0.103 | 0.383 | | |
| c | 1.511 | 0.295 | 0.929 | 2.093 | | |
| <i>DAP = a+b*edad+c*edad²</i> | | | | | | |
| a | -1.065 | 0.653 | -2.353 | 0.223 | 0.952 | 0.749 |
| b | 2.764 | 0.299 | 2.175 | 3.354 | | |
| c | -0.125 | 0.030 | -0.184 | -0.067 | | |
| <i>DAP = a*Ln(edad)²+b*(Ln(edad))+c*edad+d</i> | | | | | | |
| a | 5.543 | 2.117 | 1.363 | 9.723 | 0.952 | 0.751 |
| b | 1.458 | 1.115 | -0.743 | 3.660 | | |
| c | -2.346 | 1.207 | -4.730 | 0.037 | | |
| d | 4.749 | 1.685 | 1.423 | 8.075 | | |

Anexo 6b. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en altura de *Hyeronima alchorneoides*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>H = a*(1-EXP(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 23.326 | 4.065 | 15.307 | 31.344 | 0.953 | 0.846 |
| b | 0.173 | 0.053 | 0.069 | 0.278 | | |
| c | 1.633 | 0.245 | 1.149 | 2.117 | | |
| <i>H = a*edad^b</i> | | | | | | |
| a | -0.057 | 0.024 | -0.105 | -0.009 | 0.953 | 0.845 |
| b | 2.445 | 0.232 | 1.987 | 2.902 | | |
| c | -1.339 | 0.466 | -2.259 | -0.419 | | |
| <i>H = a*Ln(edad)²+b*Ln(edad)+c</i> | | | | | | |
| a | 2.767 | 0.305 | 2.165 | 3.369 | 0.953 | 0.846 |
| b | 0.626 | 0.664 | -0.683 | 1.936 | | |
| c | 1.345 | 0.336 | 0.682 | 2.008 | | |
| <i>H = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| a | -1.985 | 1.037 | -4.031 | 0.061 | 0.952 | 0.843 |
| b | 3.057 | 0.782 | 1.514 | 4.600 | | |
| c | -0.815 | 0.098 | -1.009 | -0.621 | | |
| <i>LnH = a*Ln(edad)²+b*edad²+c*edad+d</i> | | | | | | |
| a | -1.376 | 0.316 | -2.000 | -0.753 | 0.976 | 0.880 |
| b | -0.065 | 0.005 | -0.074 | -0.055 | | |
| c | 1.789 | 0.230 | 1.335 | 2.243 | | |
| d | -1.527 | 0.269 | -2.057 | -0.996 | | |
| <i>LnH = a+b*Ln(edad²)+c*ead²</i> | | | | | | |
| a | 0.211 | 0.048 | 0.116 | 0.305 | 0.976 | 0.880 |
| b | 1.522 | 0.068 | 1.388 | 1.655 | | |
| c | -0.004 | 0.002 | -0.008 | -0.001 | | |

Anexo 7a. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en diámetro de *Vochysia ferruginea*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------|---------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>DAP = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| a | -29.565 | 43.782 | -116.885 | 57.756 | 0.925 | 0.728 |
| b | 25.469 | 40.866 | -56.037 | 106.974 | | |
| c | -0.305 | 0.340 | -0.983 | 0.372 | | |
| <i>DAP = a*(1-exp(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 21.291 | 3.069 | 15.170 | 27.412 | 0.926 | 0.735 |
| b | 0.398 | 0.130 | 0.139 | 0.657 | | |
| c | 3.655 | 1.462 | 0.740 | 6.570 | | |
| <i>DAP = a*edad²+b*edad+c</i> | | | | | | |
| | -0.261 | 0.108 | -0.476 | -0.047 | 0.926 | 0.734 |
| | 5.311 | 1.088 | 3.141 | 7.480 | | |
| | -7.659 | 2.424 | -12.494 | -2.824 | | |

Anexo 7b. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en altura de *Vochysia ferruginea*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>H = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| a | -1.046 | 0.961 | -2.955 | 0.863 | 0.930 | 0.814 |
| b | 1.517 | 0.606 | 0.313 | 2.722 | | |
| c | -1.059 | 0.170 | -1.398 | -0.720 | | |
| <i>H = a*(1-exp(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 18.581 | 4.946 | 8.750 | 28.413 | 0.933 | 0.821 |
| b | 0.230 | 0.099 | 0.033 | 0.426 | | |
| c | 2.332 | 0.668 | 1.005 | 3.659 | | |
| <i>H = a*Ln(edad)+b*edad+c</i> | | | | | | |
| a | -0.647 | 0.917 | -2.470 | 1.177 | 0.930 | 0.814 |
| b | 1.929 | 0.280 | 1.373 | 2.485 | | |
| c | -1.321 | 0.369 | -2.054 | -0.588 | | |
| <i>LnH = a*Ln(edad²+b*(edad²))+c*Ln(edad)+d</i> | | | | | | |
| | 0.341 | 0.082 | 0.178 | 0.503 | 0.941 | 0.851 |
| | -0.011 | 0.006 | -0.023 | 0.000 | | |
| | 0.977 | 0.094 | 0.789 | 1.165 | | |
| | -0.226 | 0.077 | -0.380 | -0.072 | | |

Anexo 8a. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en diámetro de *Vochysia guatemalensis*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|--|--------------------|---------------------|-------------------------|---------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>DAP = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| a | -56.825 | 59.310 | -173.900 | 60.249 | 0.953 | 0.776 |
| b | 54.434 | 57.963 | -59.980 | 168.849 | | |
| c | -0.174 | 0.149 | -0.468 | 0.120 | | |
| <i>DAP = a*(1-exp(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 24.344 | 1.423 | 21.535 | 27.154 | 0.955 | 0.789 |
| b | 0.385 | 0.063 | 0.260 | 0.509 | | |
| c | 2.766 | 0.533 | 1.713 | 3.819 | | |
| <i>DAP = a*edad²+b*edad-c</i> | | | | | | |
| a | -0.279 | 0.042 | -0.362 | -0.196 | 0.955 | 0.787 |
| b | 5.643 | 0.467 | 4.721 | 6.565 | | |
| c | 5.700 | 1.133 | 3.463 | 7.937 | | |
| <i>DAP = a*edad²+b*Ln(edad)²+c</i> | | | | | | |
| a | -0.153 | 0.032 | -0.215 | -0.090 | 0.955 | 0.790 |
| b | 36.279 | 2.969 | 30.418 | 42.139 | | |
| c | 1.724 | 0.571 | 0.598 | 2.850 | | |
| <i>DAP = a*edad²+b*Ln(edad)+c</i> | | | | | | |
| a | 0.004 | 0.021 | -0.039 | 0.046 | 0.952 | 0.774 |
| b | 27.380 | 2.425 | 22.594 | 32.166 | | |
| c | -3.873 | 1.055 | -5.955 | -1.791 | | |

Anexo 8b. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en altura de *Vochysia guatemalensis*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>H = a*edad²+b*Ln(edad)+c</i> | | | | | | |
| a | 0.076 | 0.013 | 0.049 | 0.102 | 0.929 | 0.787 |
| b | 11.816 | 1.131 | 9.585 | 14.047 | | |
| c | -0.073 | 0.433 | -0.928 | 0.781 | | |
| <i>H = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| a | -4.391 | 1.744 | -7.830 | -0.952 | 0.936 | 0.807 |
| b | 4.832 | 1.404 | 2.064 | 7.601 | | |
| c | -0.688 | 0.102 | -0.890 | -0.486 | | |
| <i>H = a*Ln(edad)²+b*exp(edad)²+c</i> | | | | | | |
| a | 3.543 | 0.131 | 3.284 | 3.802 | 0.931 | 0.793 |
| b | -0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 | | |
| c | 1.252 | 0.299 | 0.662 | 1.841 | | |
| <i>H = a*(1-exp(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 20.194 | 1.609 | 17.021 | 23.368 | 0.942 | 0.827 |
| b | 0.308 | 0.055 | 0.200 | 0.416 | | |
| c | 2.621 | 0.454 | 1.726 | 3.516 | | |
| <i>LnH = a+b*Ln(edad)</i> | | | | | | |
| a | 0.187 | 0.048 | 0.091 | 0.282 | 0.970 | 0.868 |
| b | 1.276 | 0.035 | 1.206 | 1.345 | | |
| <i>LnH = a/b*Ln(edad)</i> | | | | | | |
| a | 3.529 | 0.045 | 3.440 | 3.619 | 0.968 | 0.858 |
| b | 2.532 | - | - | - | | |
| <i>LnH = a/b+Ln(edad)</i> | | | | | | |
| a | 0.177 | - | - | - | 0.961 | 0.828 |
| b | 0.343 | 0.018 | 0.307 | 0.379 | | |
| <i>LnH = a+b*Ln(edad)-c*(Ln(edad))²</i> | | | | | | |
| a | 0.009 | 0.069 | -0.126 | 0.145 | 0.964 | 0.844 |
| b | 1.651 | 0.129 | 1.397 | 1.906 | | |
| c | -0.157 | 0.057 | -0.270 | -0.044 | | |

Anexo 9a. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en diámetro de *Virola koschnyi*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|--|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>DAP = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| a | -6.402 | 4.290 | -14.898 | 2.095 | 0.950 | 0.785 |
| b | 4.678 | 2.984 | -1.231 | 10.587 | | |
| c | -0.665 | 0.195 | -1.052 | -0.278 | | |
| <i>DAP = a*(1-exp(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 20.154 | 2.654 | 14.898 | 25.409 | 0.952 | 0.793 |
| b | 0.235 | 0.063 | 0.109 | 0.360 | | |
| c | 2.808 | 0.739 | 1.345 | 4.270 | | |
| <i>DAP = a*edad²+b*edad-c</i> | | | | | | |
| a | -0.066 | 0.030 | -0.125 | -0.007 | 0.950 | 0.788 |
| b | 2.570 | 0.397 | 1.784 | 3.356 | | |
| c | 3.931 | 1.201 | 1.552 | 6.311 | | |
| <i>DAP = a*edad²+b*Ln(edad)²+c</i> | | | | | | |
| | -0.006 | 0.021 | -0.047 | 0.035 | 0.950 | 0.788 |
| | 16.260 | 2.517 | 11.275 | 21.246 | | |
| | -0.492 | 0.708 | -1.894 | 0.909 | | |

Anexo 9b. Resultados del análisis de regresión de cada uno de los modelos para el crecimiento en altura de *Virola koschnyi*.

| Modelo | Parámetro estimado | Desviación estándar | Intervalos de confianza | | r ² | r ² ajustado |
|---|--------------------|---------------------|-------------------------|--------|----------------|-------------------------|
| | | | bajo < 95%> | alto | | |
| <i>H = a*edad²+b*exp(Lnedad)+c</i> | | | | | | |
| a | 0.096 | 0.008 | 0.080 | 0.113 | 0.929 | 0.815 |
| b | 0.243 | 0.099 | 0.047 | 0.438 | | |
| c | 0.714 | 0.350 | 0.022 | 1.406 | | |
| <i>H = a*Lnedad+b*edad²</i> | | | | | | |
| a | 1.408 | 0.189 | 1.034 | 1.783 | 0.932 | 0.824 |
| b | 0.093 | 0.006 | 0.081 | 0.105 | | |
| <i>H = a+(b/edad^c)</i> | | | | | | |
| a | -0.854 | 0.585 | -2.011 | 0.303 | 0.941 | 0.848 |
| b | 0.837 | 0.262 | 0.320 | 1.355 | | |
| c | -1.193 | 0.122 | -1.435 | -0.952 | | |
| <i>H = a*(1-exp(-b*edad))^c</i> | | | | | | |
| a | 0.046 | 0.014 | 0.018 | 0.074 | 0.948 | 0.779 |
| b | 14.442 | 2.444 | 9.602 | 19.282 | | |
| c | -3.888 | 1.303 | -6.469 | -1.308 | | |
| <i>LNH = a*Lnedad²+b*edad²+c*edad+d</i> | | | | | | |
| | 0.543 | 0.037 | 0.469 | 0.616 | 0.948 | 0.877 |
| | -0.024 | 0.004 | -0.031 | -0.017 | | |
| | 0.297 | 0.047 | 0.205 | 0.390 | | |
| | -0.887 | 0.113 | -1.109 | -0.664 | | |
| <i>LNH = a+b*Lnedad+c*Lnedad²</i> | | | | | | |
| | -0.685 | 0.097 | -0.875 | -0.494 | 0.944 | 0.869 |
| | 0.907 | 0.158 | 0.594 | 1.221 | | |
| | 0.229 | 0.063 | 0.105 | 0.353 | | |