

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EVALUACIÓN DASOMÉTRICA DE  
PLANTACIONES DE BOLAINA BLANCA  
(*Guazuma crinita*) EN LA PROVINCIA DE  
PUERTO INCA, HUÁNUCO**

Presentado por:

**Ana Cecilia Laura Schmidt**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL

---

Lima - Perú  
2018

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. ANA CECILIA LAURA SCHMIDT, intitulado “EVALUACIÓN DASOMÉTRICA DE PLANTACIONES DE BOLAINA BLANCA (*GUAZUMA CRINITA*) EN LA PROVINCIA DE PUERTO INCA, HUÁNUCO ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 15 de Diciembre de 2017

.....  
Mg. Sc. Carlos A. Llerena Pinto  
Presidente

.....  
Ing. Carlos Fernando Bulnes Soriano  
Miembro

.....  
Ing. Carlos Rafael Vargas Salas  
Miembro

.....  
Mg. Sc. Víctor Manuel Barrena Arroyo  
Asesor

.....  
Mg. Sc. Roxana Guillén Quispe  
Coasesor

## *DEDICATORIA*

*A mis padres y hermanos; por el amor, la confianza, el sacrificio y el apoyo brindado en cada momento de la vida.*

*A mi Nala, por estar ahí siempre, por ser una segunda mamá y ahora desde el cielo guía mis pasos y festeja mis logros.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, el profesor Víctor Barrena Arroyo por su apoyo y orientación durante el desarrollo de la tesis, por sus consejos, comprensión y paciencia. Muchas gracias por su valiosa ayuda.*

*A la empresa Reforestadora Amazónica SA y a todo su equipo por los datos e información brindada para el desarrollo de la presente tesis.*

*A André, por su amor, comprensión y mucha paciencia, por confiar en mí siempre.*

*A mi familia, los que están y los que ya no están físicamente con nosotros, por su cariño y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.*

*A todas aquellas personas que me brindaron su apoyo durante este largo proceso y que fueron pacientes y constantes, por el aliento y motivación.*

*Sin ustedes no habría sido posible esto.*

## *RESUMEN*

El presente estudio se realizó con datos de plantaciones comerciales de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) de cinco años de edad, pertenecientes a la empresa Reforestadora Amazónica SA en la provincia de Puerto Inca (Huánuco). El objetivo general fue contribuir al conocimiento del crecimiento de plantaciones comerciales de bolaina blanca en Selva Central, mediante la estimación del incremento medio anual (IMA) en dap y altura total, así como comparar su crecimiento según la cobertura inicial. Se clasificaron las parcelas en tres tratamientos (pastos, “purma” y bosque secundario joven) según la cobertura inicial y se seleccionaron 10 parcelas por tratamiento, de las cuales se determinó el área basal por hectárea y los promedios en dap y altura total. Luego se calculó el IMA en dap y en altura total por parcela. A fin de determinar diferencias entre tratamientos se comparó las variables dasométricas con el análisis de varianza y la prueba Tukey. También se comparó la tendencia de crecimiento mediante la prueba Chi-cuadrado. A los cinco años las plantaciones alcanzaron en promedio 15,1 cm de dap, 17,2 m de altura total y 15,2 m<sup>2</sup>/ha de área basal. El IMA logrado en dap fue de 3 cm/año y en altura total de 3,4 m/año. Las pruebas estadísticas manifestaron que no existen diferencias en el crecimiento a lo largo de los cinco años, a excepción del primer año donde se encontraron algunas diferencias entre las zonas de pasto y bosque secundario joven. Los resultados de la prueba Chi-cuadrado manifestaron que no existen diferencias en el crecimiento de los tratamientos comparados en el transcurso de los cinco años. Por lo tanto la cobertura inicial no influyó en el crecimiento de las plantaciones de bolaina blanca durante los cinco años.

Palabras claves: *Guazuma crinita*, crecimiento, plantaciones, dasometría, Puerto Inca

# ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>II. Revisión de Literatura.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Plantaciones forestales.....</b>	<b>3</b>
1.1. Definición .....	3
1.2. Clasificación.....	4
1.3. Importancia .....	5
1.4. La reforestación en el Perú.....	6
1.5. Demanda de productos forestales.....	7
<b>2. Crecimiento.....</b>	<b>8</b>
2.1. Crecimiento en altura y en diámetro.....	10
2.2. Crecimiento de rodales.....	11
2.3. Incremento.....	11
2.4. Métodos para el estudio de crecimiento y rendimiento .....	13
2.4.1. Parcelas permanentes de muestreo.....	14
2.4.2. Parcelas temporales .....	14
2.4.3. Análisis troncal o fustal.....	14
2.4.4. Barreno de Pressler .....	14
2.5. Modelos de crecimiento .....	15
<b>3. Bolaina blanca (<i>Guazuma crinita</i>).....</b>	<b>17</b>
3.1. Clasificación sistemática y descripción botánica .....	17
3.2. Distribución y ecología.....	18
3.3. Anatomía de la madera.....	19
3.4. Propiedades Físicas y mecánicas.....	19
3.5. Usos.....	19
3.6. Crecimiento.....	20
3.7. Sistemas de producción y/o aprovechamiento forestal de bolaina.....	21
3.7.1. Plantaciones puras.....	21
3.7.2. Plantaciones en fajas de enriquecimiento.....	22
3.7.3. Plantaciones en sistemas agroforestales.....	22
3.7.4. Bosques de regeneración natural de bolaina blanca asociadas con cultivos agrícolas .....	22
3.7.5. Bosques de sucesiones secundarias de regeneración natural de bolaina blanca sin manejo.	23
3.8. Experiencias .....	23
3.9. Demanda de madera de bolaina .....	24
<b>4. Bosque secundario.....</b>	<b>25</b>
<b>5. Pruebas Estadísticas .....</b>	<b>26</b>
5.1. Análisis de varianza (ANVA).....	26
5.2. Prueba de Tukey.....	28
5.3. Prueba Chi cuadrado.....	28
<b>III. Materiales y Métodos .....</b>	<b>29</b>
<b>1. Descripción del lugar de estudio. ....</b>	<b>29</b>
1.1. Ubicación y datos generales.....	29
1.2. Clima.....	30
1.3. Zona de vida.....	30
1.4. Fisiografía.....	30
1.5. Suelo .....	31

<b>2.</b>	<b>Materiales y equipos.....</b>	<b>31</b>
2.1.	Datos.....	31
2.2.	Equipos.....	32
2.3.	Software.....	32
<b>3.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>33</b>
3.1.	Búsqueda de información.....	33
3.2.	Análisis de datos.....	33
3.3.	Preparación de la información.....	33
3.4.	Procesamiento de la información.....	34
3.5.	Determinación de incrementos.....	34
3.6.	Pruebas estadísticas.....	35
<b>IV.</b>	<b>Resultados y discusión.....</b>	<b>37</b>
<b>1.</b>	<b>Búsqueda de la Información.....</b>	<b>37</b>
<b>2.</b>	<b>Análisis de datos.....</b>	<b>38</b>
<b>3.</b>	<b>Preparación de la información.....</b>	<b>39</b>
<b>4.</b>	<b>Procesamiento de la información.....</b>	<b>42</b>
4.1.	Área basal.....	42
4.2.	Número de árboles por hectárea.....	44
4.3.	Diámetro a la altura de pecho.....	46
4.4.	Altura total.....	48
<b>5.</b>	<b>Determinación de incrementos.....</b>	<b>50</b>
5.1.	Incremento medio anual en dap.....	50
5.2.	Incremento medio anual en altura total.....	52
5.3.	Incremento medio anual en área basal.....	54
<b>6.</b>	<b>Pruebas estadísticas.....</b>	<b>57</b>
6.1.	Análisis de varianza y prueba Tukey.....	57
6.2.	Chi Cuadrado.....	58
<b>V.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>61</b>
<b>VI.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>63</b>
<b>VII.</b>	<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>65</b>
<b>VIII.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>73</b>

## Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Bosques plantados entre los años 1990 - 2015.....	3
Tabla 2: Variables dasométricas a diferentes edades de bolaina blanca, Pucallpa. ....	20
Tabla 3: Síntesis de tasas de crecimiento promedio de bolaina blanca en algunas localidades de la cuenca del Río Aguaytía.....	21
Tabla 4: Volumen en metros cúbicos aprovechados de bolaina blanca a nivel nacional entre los años 2007 – 2015. ....	24
Tabla 5: Datos ordenados de los árboles durante los cinco años (parcela 46).....	37
Tabla 6: Parcelas seleccionadas por tratamiento .....	39
Tabla 7: Área basal por hectárea (m <sup>2</sup> /ha) de las 30 parcelas durante los cinco años. ....	43
Tabla 8: Número de árboles por hectárea de cada parcela durante los cinco años.....	45
Tabla 9: Promedios de dap (cm) por parcela durante los cinco años. ....	47
Tabla 10: Promedios de altura total (m) por parcela durante los cinco años. ....	49
Tabla 11: Incremento medio anual de dap (cm/año).....	51
Tabla 12: Incremento medio anual de altura total (m/año).....	53
Tabla 13: Incremento medio anual de área basal (m <sup>2</sup> /ha/año).....	55
Tabla 14: Resultados del análisis de varianza y la prueba Tukey .....	57
Tabla 15: Prueba Chi cuadrado para dap. ....	58
Tabla 16: Prueba Chi cuadrado para IMA dap. ....	58
Tabla 17: Prueba Chi cuadrado para altura total.....	59
Tabla 18: Prueba Chi cuadrado para IMA altura total. ....	59
Tabla 19: Prueba Chi cuadrado para área basal.....	59
Tabla 20: Prueba Chi cuadrado para IMA área basal.....	60



## *Índice de figuras*

	Página
Figura 1: Forma típica de la curva de crecimiento de un árbol. ....	9
Figura 2: Curvas típicas de crecimiento e incremento.....	12
Figura 3: Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	30
Figura 4: Captura de pantalla de un fragmento de los datos importados a Excel. ....	37
Figura 5: Relación entre edad y dap (parcela 5).....	38
Figura 6: Relación entre edad y altura total (parcela 5).....	39
Figura 7: Distribución de árboles por clase diamétrica del tratamiento I (pastos) a los cinco años.....	40
Figura 8: Distribución de árboles por clase diamétrica del tratamiento II (purma) a los cinco años.....	41
Figura 9: Distribución de árboles por clase diamétrica del tratamiento III (bosque secundario joven) a los cinco años.....	41
Figura 10: Área basal por hectárea de cada tratamiento durante los cinco años .....	44
Figura 11: Número de árboles por hectárea promedio por tratamiento. ....	46
Figura 12: Dap promedio por tratamiento para cada año de medición.....	48
Figura 13: Altura total promedio por tratamiento para cada año de medición.....	50
Figura 14: IMA dap promedio por tratamiento para cada año de medición. ....	52
Figura 15: IMA ht promedio por tratamiento para cada año de medición.....	54
Figura 16: IMA ab promedio por tratamiento para cada año de medición. ....	56

## *Índice de anexos*

	Página
Anexo 1 Clasificación de todas las parcelas según tratamiento .....	73
Anexo 2 Área basal (m <sup>2</sup> ) por parcela durante los cinco años.....	74
Anexo 3 Número de árboles vivos por parcela durante los cinco años.....	75
Anexo 4 Análisis de varianza y prueba Tukey para el N° árboles por hectárea.....	76
Anexo 5 Análisis de varianza y prueba Tukey para el dap.....	79
Anexo 6 Análisis de varianza y prueba Tukey para el IMA dap.....	82
Anexo 7 Análisis de varianza y prueba Tukey para la altura total .....	85
Anexo 8 Análisis de varianza y prueba Tukey para el IMA altura total .....	88
Anexo 9 Análisis de varianza y prueba Tukey para el área basal por hectárea .....	91
Anexo 10 Análisis de varianza y prueba Tukey para el IMA área basal .....	95

## I. INTRODUCCIÓN

Aunque las plantaciones originalmente fueron encaminadas para sustituir los casos de falla de la regeneración de los bosques naturales y para restaurar algunas áreas afectadas por daños ocasionados por el hombre o accidentes naturales, han crecido como una alternativa de producción intensiva más controlada, en cuanto a la uniformidad de sus productos y a la mayor productividad por unidad de superficie (Musálem 2006). El establecimiento de plantaciones forestales es una alternativa que varios países han estimulado en años recientes. Además de contribuir a suplir la creciente demanda de madera, las plantaciones proveen servicios ambientales, contribuyendo a la recuperación de suelos y de la biodiversidad de tierras degradadas (Montagnini 2004).

Desde las décadas de los 80 y 90, el Gobierno peruano ha realizado esfuerzos por promover el aumento de la superficie reforestada con fines de producción de madera y la producción de servicios ambientales, tales como la fijación de carbono, la regulación del régimen hídrico, la protección del suelo y la conservación de la diversidad biológica, entre otros. Asimismo, ha realizado esfuerzos por aumentar la inversión pública en ciencia, tecnología e innovación en el sector forestal, a fin de alentar la generación, difusión y adopción de nuevos conocimientos que permitan aumentar la productividad y competitividad del sector en general y de la industria forestal en particular (SERFOR 2016a). En los últimos años, emerge una voluntad política del gobierno central y apoyada por el sector privado, de apostar al sector forestal como uno de los nuevos motores de la economía en la lucha contra la pobreza, la deforestación y el cambio climático global (Guariguata *et al.* 2017)

El desarrollo del sector forestal del país es todavía débil, razón por la cual existe la necesidad de aumentar los recursos de inversión a este sector (SERFOR 2016a). Además, existe insuficiencia de elementos técnicos para la implementación de plantaciones comerciales, especialmente cuando se desea establecer especies nativas del bosque húmedo tropical (Flores 2002).

Una característica de las plantaciones forestales en Perú en la actualidad es su relativa baja productividad, resultado de un deficiente manejo silvicultural y del uso de semillas de baja

calidad genética. En la selva las especies forestales más utilizadas en las plantaciones forestales son nativas, como la bolaina (*Guazuma crinita*), la capirona (*Calycophyllum spruceanum*) y el tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), entre otras (Guariguata *et al.* 2017).

La bolaina blanca es una especie forestal nativa cuyo conocimiento silvicultural se encuentra muy fragmentado, con avances significativos en algunas áreas temáticas y descuidado en otros. Los logros en conocimiento básico son moderados; sin embargo, la información disponible permite conocer aspectos generales sobre la silvicultura de la especie. En cuanto al crecimiento y rendimiento, se realizaron algunas investigaciones dirigidas a conocer el crecimiento en diámetro y altura, faltando trabajos que permitan conocer el incremento corriente anual (ICA), incremento medio anual (IMA), modelos de simulación del crecimiento y estimación de biomasa (Manturano 2007). La falta de información veraz y oportuna y en tiempo (cuasi) real obstaculiza la toma de decisiones y la generación de las proyecciones necesarias de índole tanto silvicultural como de mercado a lo largo de la cadena de valor (Guariguata *et al.* 2017).

Ante la creciente importancia que va teniendo la madera de bolaina blanca en el mercado nacional y el incremento de plantaciones de esta misma especie, existe la necesidad de estudiar más su desarrollo y crecimiento. Por ello la presente investigación tiene como **objetivo general**: contribuir al conocimiento sobre el crecimiento de plantaciones comerciales de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en Selva Central, y como **objetivos específicos**: estimar el incremento medio anual (IMA) en dap y altura total de esta especie a los cinco años de edad en Puerto Inca (Huánuco), así como comparar el crecimiento en plantaciones comerciales establecidas en sitios con diferente cobertura inicial.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. PLANTACIONES FORESTALES

Los países que han desarrollado su industria forestal lo han hecho a través de plantaciones forestales comerciales con tecnología de punta. Chile, Ecuador, Uruguay y otros países ya han tomado decisiones de política pública para impulsar decididamente las plantaciones forestales con fines comerciales (Muñoz 2014).

En la Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 (FRA, por sus siglas en inglés), la FAO menciona que el Perú cuenta con 1 157 000 ha de bosque plantado con una tasa de cambio anual para el periodo 1990 - 2015 de 358 000 ha/año. En el Tabla 1 se visualiza las áreas y las tasas de cambio anual de algunos países sudamericanos para los últimos 25 años incluido Perú (FAO 2015a).

**Tabla 1: Bosques plantados entre los años 1990 - 2015.**

<i>País</i>	<i>Bosque Plantado (1 000 ha)</i>					<i>Tasa de cambio anual (1 000 ha/año)</i>			
	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2015</i>	<i>1990 - 2000</i>	<i>2000 - 2010</i>	<i>2010 - 2015</i>	<i>1990 - 2015</i>
Brasil	4 984	5 176	5 620	6 973	7 736	19,2	179,7	152,6	110,1
Chile	1 707	1 936	2 063	2 384	3 044	22,9	44,8	132,0	53,5
Ecuador	44	70	65	60	55	2,6	-1,0	-1,0	0,4
Perú	263	715	754	993	1 157	45,2	27,8	32,8	35,8
Uruguay	201	629	782	979	1 062	42,8	35,0	16,6	34,4

*FUENTE: FAO 2015a.*

#### 1.1. DEFINICIÓN

Según la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763, las plantaciones forestales son ecosistemas forestales constituidos a partir de la intervención humana mediante la instalación de una o más especies forestales, nativas o introducidas, con fines de producción de madera o productos forestales diferentes a la madera, de protección, de restauración ecológica, de recreación, de provisión de servicios ambientales o cualquier combinación de los anteriores (Congreso de la República del Perú 2011).

En la FRA 2000, se define a las plantaciones forestales como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies nativas o introducidas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0,5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10 por ciento de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 metros. Los términos “bosque hecho por mano humana” o “bosque artificial” son considerados sinónimos de plantaciones forestales (FAO 2002).

En los últimos años en la FRA se incorporó el concepto de bosques plantados, que es más amplio que el de plantaciones forestales, utilizado en anteriores evaluaciones mundiales. Los bosques plantados están compuestos de árboles establecidos por medio de plantación y/o de siembra deliberada de especies nativas o introducidas. El establecimiento se hace a través de forestación en terrenos que hasta entonces no estaban clasificados como bosques o mediante reforestación de áreas ya clasificadas como bosques, por ejemplo tras un incendio, una tormenta o un desbroce (FAO 2010).

La superficie de bosque plantado ha aumentado en más de 110 millones de hectáreas desde 1990 y representa el 7 por ciento de la superficie de bosque mundial. La tasa media anual de incremento entre 1990 y 2000 fue de 3,6 millones de hectáreas. La tasa alcanzó su máximo nivel y llegó a 5,2 millones de hectáreas por año en el período 2000 - 2010, para luego disminuir a 3,1 millones de hectáreas (2010 - 2015) por año, conforme se reducía la plantación en Asia oriental, Asia meridional y sudoriental, Europa y Norteamérica. La superficie de bosque plantado más extensa se encuentra en la zona templada y equivale a 150 millones de hectáreas, seguida por las zonas tropical y boreal con 57 millones de hectáreas cada una. Durante los últimos 25 años la superficie de bosque plantado se incrementó en todas las zonas ecológicas, y especialmente en la zona boreal, donde casi se duplicó. En las zonas tropical y templada, el aumento fue del 69 y el 57 por ciento, respectivamente (FAO 2015b).

## **1.2. CLASIFICACIÓN**

La Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 separa en tres grupos las plantaciones forestales: plantaciones de producción de madera y otros productos forestales, plantaciones de protección y plantaciones de recuperación o restauración (Congreso de la República del Perú 2011).

Lanly, citado por Wadsworth (2000) y también por Musálem (2006), distingue dos tipos de plantaciones, dependiendo de su objetivo: plantaciones industriales y plantaciones no industriales. La primera tiene como objetivo la producción de materia prima para la industria maderera (madera rolliza, aserrada, pulpa, tableros, postes para mina). La segunda su objetivo es la producción de leña y madera para carbón, producción de madera rolliza para uso agropecuario y doméstico en zonas rurales, productos no maderables y protección de suelos.

Otro criterio de clasificación mucho más amplio lo menciona Cabrera (2003), que clasifica en base al ecosistema utilizado (plantación en pleno, agroforestales, de enriquecimiento); en base a la composición de especies (puras y mixtas); en base al origen de las especies (nativas, exóticas, combinadas) y en base al destino de la producción (industrial, energética y de uso múltiple).

Musálem (2006) menciona que Jasso y Villarreal en la Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales, proponen una clasificación muy detallada que comprende cinco grandes grupos:

- Plantaciones comerciales
- Plantaciones de investigación, experimentales y demostrativas
- Plantaciones protectoras
- Plantaciones escénicas, recreativas y sociales
- Plantaciones de interés faunístico.

### **1.3. IMPORTANCIA**

El rol de las plantaciones forestales puede ser estrictamente de protección de suelos y conservación de los recursos hídricos o como fuente generadora de bienestar, a través de la recreación y turismo. Sin duda alguna, el beneficio social más importante generado por las plantaciones forestales, es el empleo en el área rural (FONAM 2007).

Las plantaciones forestales industriales, también llamadas comerciales, cumplen en forma precisa un objetivo de producción de bienes para la sociedad, y aparte de influir positivamente en la calidad de vida del ser humano, ayuda también en muchas ocasiones a

aliviar las presiones que la misma sociedad ejerce sobre los bosques naturales, que cada vez más están siendo reservados para la conservación de la biodiversidad y la regulación de otros recursos naturales como el suelo y el agua (Musálem 2006).

Además pueden mitigar la potencial escasez de madera en el futuro y brindar una continuidad de abastecimiento. El desarrollo de las plantaciones forestales forma parte de un complejo enfoque evolutivo de adaptación para satisfacer las futuras demandas de productos madereros y no madereros y de una gama de servicios ambientales y sociales que los bosques pueden ofrecer (Brown 2000).

Las plantaciones forestales no solo son importantes por su contribución a la economía nacional a través de los productos forestales maderables y diferentes a la madera. Es importante resaltar el rol estratégico de las plantaciones forestales en las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. El MINAGRI, a través del SERFOR, y el MINAM, mediante el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC), vienen trabajando, de manera coordinada y colaborativa, en la importante tarea de asegurar que el patrimonio forestal de la nación continúe brindando de manera permanente su provisión de bienes y servicios a la sociedad peruana y al mundo (Arce 2015).

#### **1.4. LA REFORESTACIÓN EN EL PERÚ**

En el Perú existen cerca de diez millones de hectáreas de suelos con capacidad de uso mayor forestal y agrícola, que están degradados, principalmente por problemas de erosión y pérdida de nutrientes debido a la remoción de la cobertura. A éstas se deben agregar cerca de 9 559 817 ha deforestadas en diferentes niveles (IIAP 2009).

Según el SERFOR (2016b), la instalación de plantaciones forestales para el año 2015 fueron de un total de 6 095 hectáreas. Siendo Ancash (1 450 ha), La Libertad (1 386 ha) y Cajamarca (1 022 ha) los departamentos con mayor reforestación en ese año. Cabe mencionar que en estas cifras no se tiene información del área reforestada en los departamentos de Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. De las 10 500 000 ha aptas para la reforestación, hasta el 2015 se han reforestado en todo el Perú 1 057 165 ha (el 10 por ciento), quedando un total de 9 448 814 ha (el 90 por ciento) por reforestar.



## 1.5. DEMANDA DE PRODUCTOS FORESTALES

El consumo total de madera rolliza proveniente de bosques plantados en América Latina y el Caribe ha pasado de 60 millones de metros cúbicos en 1980, a 180 millones de metros cúbicos en 2003, lo que significa un crecimiento del 200 por ciento para este período. Al contrario de lo ocurrido con el consumo de madera rolliza de bosques naturales (se observó una reducción constante durante este mismo período), la sustitución de las especies nativas por aquellas provenientes de las plantaciones se debió a la falta de disponibilidad de madera nativa en algunas regiones, pero el factor más importante fue el menor costo de la madera proveniente de las plantaciones (FAO 2006). La madera es el único “*commodity*” a nivel mundial cuya demanda irá en aumento. Con una proyección al 2050, la población mundial sería 9 mil millones, la demanda de madera rolliza 4 500 millones de metros cúbicos, cada persona consumiría 0,5 m<sup>3</sup> de madera al año (Muñoz 2014).

En cuanto al Perú se verifica un crecimiento de la demanda nacional de productos forestales maderables por el incremento de uso de madera en sector vivienda: viviendas de madera y acabados (puertas y ventanas), incremento de uso de madera en sector educación (módulos escolares e infraestructura), incremento de uso de madera en el sector agro exportación (tutores de frutales), y la demanda permanente en el sector minero (socavones) (Arce 2015).

En el año 2015 se exportó 191 503,26 m<sup>3</sup> de productos forestales maderables; dentro de ellos el 45 por ciento corresponde a madera para parquet, molduras y perfiladas, el 41 por ciento a madera aserrada, y el 14 por ciento restante se divide entre madera contrachapada, madera manufacturada, madera densificada, entre otros. Los principales países de destino fueron: México, Estados Unidos y China. Y la importación para ese mismo año fue de 727 518,39 m<sup>3</sup> de productos forestales maderables, encabezando la lista con un 44 por ciento los tableros (partícula, fibra y “*Oriented Board*”), 17 por ciento pasta de madera, 12 por ciento la madera aserrada y el 27 por ciento restante corresponde a muebles de madera, madera en bruto (rolliza), madera contrachapada, entre otros. Estos en su gran mayoría provienen de Chile, Brasil, España y Estados Unidos, según el producto importado. Genera un balance negativo para el año 2015 de 536 015,13 m<sup>3</sup> (SERFOR 2016b). En el año 2014 el balance fue - 445 603 m<sup>3</sup> (SERFOR 2015).

En términos monetarios se exportó US\$ 214 854 274,52 (valor FOB), de los cuales el 33 por ciento corresponde a madera para parquet, molduras y perfiladas, 30 por ciento a papel y cartón, 23 por ciento a madera aserrada y el 14 por ciento restante corresponden a madera

contrachapada, madera manufacturada, muebles de madera, entre otros. El monto que se importó fue US\$ 1 079 834 859,76 (valor CIF), de los cuales el 63 por ciento corresponde al papel y cartón, 11 por ciento a tableros (partícula, fibra y “*Oriented Board*”), 9 por ciento a muebles de madera y el 17 por ciento restante corresponde a pasta de madera, madera manufacturada, madera aserrada, entre otros. Genera un balance negativo para el 2015 de US\$ 864 980 585,2 (SERFOR 2016b). En el año 2014 el balance negativo fue de US\$ 852 116 748,19 (SERFOR 2015).

## **2. CRECIMIENTO**

El término crecimiento tiene una variedad de acepciones en biología. En lo relativo a mediciones forestales, se le utiliza para señalar el aumento de tamaño ya sea a nivel de árbol individual o a nivel de rodal (Cancino 2006). El crecimiento en un árbol se da de manera simultánea e independiente en sus diferentes partes y puede medirse través de varios parámetros, por ejemplo, el crecimiento en diámetro, en altura, en el tamaño de copa, en volumen, entre otros (Philip 1994).

Un árbol consiste en una serie de capas anuales, las cuales se sobrepone una sobre otra, como una serie de conos, envueltos y cubiertos por la corteza (Klepac 1983). El crecimiento se expresa en un cambio en el tamaño de los individuos, a causa del aumento de los tejidos (floema, xilema, tallo, parénquima) a través del tiempo, en el cual se produce la suma de la división celular, elongamiento del meristema secundario y se puede expresar en términos del diámetro, altura, área basal o volumen (Cancino 2006; Louman *et al.* 2001; Imaña y Encinas 2008).

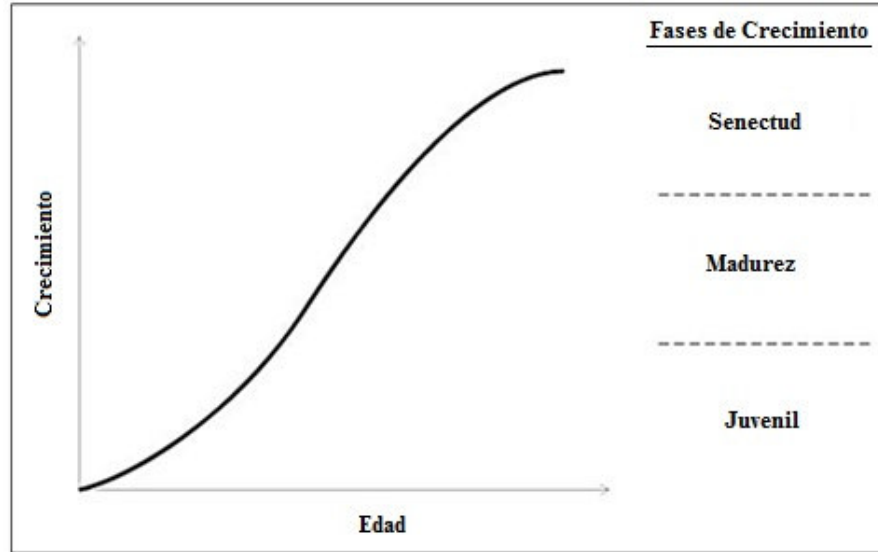
Galloway (2004) incorpora el concepto “espacio para crecer”, que es el conjunto de factores que influyen/limitan el crecimiento de plantas en un sitio. Menciona que los factores más importantes son luz solar, agua, nutrientes, temperatura, O<sub>2</sub>, y CO<sub>2</sub>. Por su parte Imaña y Encinas (2008) mencionan que el crecimiento está en función de diversos factores que no siempre pueden ser controlados o modificados, como los factores genéticos de las especies y sus interacciones con el medio ambiente.

Otras fuentes de influencia directa en el crecimiento son los factores climáticos (temperatura, precipitación, viento, sol, entre otros), topográficas (pendiente, elevación y exposición del terreno), edáficas (características químicas y físicas, humedad y microorganismos), biológico (plagas y enfermedades) y la competencia (intra e inter

especifica con otros árboles, con vegetación menor), además de la actividad antrópica (deforestación, incendios y otros) (Imaña *et al.* 2005)

En Europa, los árboles tienden a crecer más rápido en primavera y se detiene durante el frío invierno, en los trópicos los patrones de crecimiento son menos regulares; en áreas con una marcada estación húmeda y seca, el crecimiento puede detenerse y reiniciarse más de una vez al año, mientras que en los trópicos húmedos el crecimiento puede ser casi continuo (Philip 1994).

El crecimiento representado gráficamente (ver Figura 1), se parece a una curva sigmoideal o curva en “S”, en que la primera fase corresponde a la edad juvenil, la segunda a la edad madura o rectilínea y la tercera a la edad senil (vieja). Cada fase mantiene un ritmo de crecimiento característico de la vida total del árbol y juntos forman la curva de crecimiento. La edad juvenil se caracteriza por un crecimiento rápido muchas veces del tipo exponencial. En la edad madura, el árbol normalmente presenta periodos iguales con crecimiento semejantes (rectilíneos). La edad senil se caracteriza por un crecimiento cada vez más insignificante, desde un punto de vista relativo (Imaña y Encinas 2008).



**Figura 1:** Forma típica de la curva de crecimiento de un árbol.

*FUENTE:* Imaña *et al.* 2005.

En la producción forestal, esta curva se suele aplicar para analizar el aumento del diámetro, la altura, el área basal o el volumen de madera. El crecimiento es el proceso principal que se

pretende influir con la silvicultura pues conlleva al producto deseado: madera de ciertas dimensiones y cierta calidad (Louman *et al.* 2001).

## **2.1. CRECIMIENTO EN ALTURA Y EN DIÁMETRO**

Generalmente primero el árbol crece en altura y después en diámetro. El crecimiento en altura es el resultado de la actividad de los tejidos meristemáticos primarios (yema apical o terminal), a través de la división celular. Este crecimiento también es llamado crecimiento primario. Esta variable, altura del árbol, produce la modificación más notoria del crecimiento, especialmente en la edad juvenil en que es fácil observar la rapidez de la modificación de la altura en periodos cortos de tiempo. En árboles adultos el crecimiento en altura tiende a estabilizarse hasta llegar a ser nulo (Imaña y Encinas 2008).

Galloway (2004) menciona que un árbol en competencia sigue creciendo en altura, pero con el paso de tiempo, su copa es comparativamente más pequeña pues no aumenta su área foliar activa en fotosíntesis. Las demandas de energía aumentan con el crecimiento en altura, porque los tejidos activos en respiración (en el fuste y en las raíces) son cada vez mayores. Por lo tanto, hay menos energía disponible para invertir en el crecimiento en diámetro. Sin embargo, cuando la competencia entre árboles y la recesión de copas alcancen niveles extremos, el crecimiento en altura también disminuye.

El crecimiento en diámetro está influenciado directamente por la actividad del cambium, el cual forma madera hacia dentro y corteza hacia afuera, también es denominado crecimiento secundario. Este crecimiento no es igual a lo largo del fuste por ello para evaluar, por lo general se emplea la variable dap (diámetro a la altura de pecho: 1,30 m) (Klepac 1983; Imaña y Encinas 2008).

Numerosos estudios empíricos han indicado que el crecimiento en altura no se ve fuertemente influido por la densidad del rodal, mientras que el crecimiento en diámetro reacciona de manera sensible a los cambios en dicha densidad (Gadow *et al.* 2007). Galloway (2004), manifiesta que el crecimiento en diámetro es una prioridad baja en la distribución de energía dentro de un árbol, y la reducción de su tasa de crecimiento es una de las primeras manifestaciones de competencia en una plantación, la recesión y la falta de expansión lateral de copas producen una reducción del crecimiento en diámetro.

Según Cancino (2006), el ambiente es determinante para el crecimiento en diámetro, la calidad de sitio y el manejo influyen fuertemente, por lo general a mejor calidad de sitio

mayor es crecimiento diametral y más rápido se alcanza la edad de culminación del crecimiento en esta variable.

## **2.2. CRECIMIENTO DE RODALES**

Para la planificación del manejo de los rodales es importante conocer el crecimiento de la masa boscosa, se define como el aumento de tamaño, peso, volumen o valor por unidad de superficie (hectárea) a través del tiempo. Aunque el crecimiento de rodales es el resultado del crecimiento experimentado por los árboles individuales, incorpora elementos adicionales como la pérdida de masa, muchas veces ocasionada por la muerte de los árboles causados por enfermedades, catástrofes, vientos, nieve, u otros; así como también la corta o aprovechamiento de algunos árboles mediante el raleo. Por ello la mejor forma se evaluar el crecimiento en rodales es mediante mediciones repetidas a lo largo del tiempo, estableciendo parcelas de muestreo (Cancino 2006; Imaña y Encinas 2008).

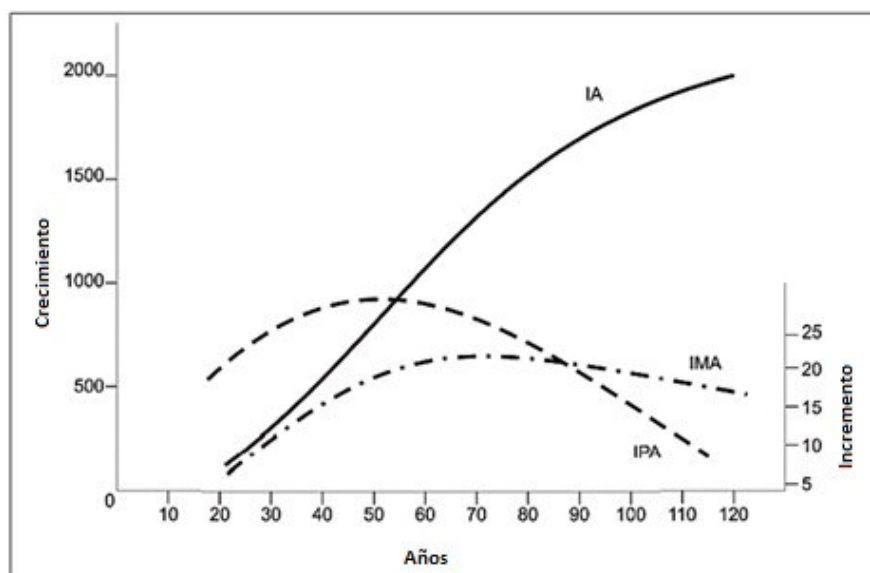
La fase inicial del desarrollo de una masa pura y coetánea (como una plantación forestal) está compuesta por un gran número de individuos, entre ellos se presenta una gran competencia por el espacio, que es insuficiente como para que todos puedan desarrollarse vigorosos y bien formados. Desde temprana edad los más vigorosos toman la delantera, sobresalen de su ambiente, dominan a los árboles cercanos a ellos. Mientras que los individuos oprimidos retrasan su crecimiento y gradualmente mueren o están destinados a ser retirados en el raleo (Klepac 1983). A este crecimiento irregular, donde se encuentra árboles de todo tamaño en una plantación, Galloway (2004) lo conoce como un proceso de diferenciación, y está influenciado por varios aspectos como: variación en la calidad de micrositios; variación en la calidad de las plantas y su cuidado y la variación en el espaciamiento.

## **2.3. INCREMENTO**

El incremento puede ser definido como el crecimiento del árbol o de un rodal forestal en un determinado periodo. Este periodo puede ser expresado en días, meses años o décadas (Imaña y Encinas 2008). Es la magnitud del crecimiento que se puede expresar en términos de diámetro, altura, área basal o volumen (Louman *et al.* 2001).

Entre los distintos incrementos se tiene:

- **Incremento total:** es el crecimiento de un árbol o una masa forestal durante toda su vida Klepac (1983), Louman *et al.* (2001) mencionan que es la diferencia entre el estado en un momento dado y el estado inicial.
- **Incremento corriente anual (ICA):** es el incremento del último año de medición (Louman *et al.* 2001). También es conocido como incremento anual (IA) (Imaña y Encinas, 2008).
- **Incremento periódico:** es el crecimiento de un árbol o una masa en un periodo determinado (Klepac 1983).
- **Incremento medio anual (IMA):** expresa la media del crecimiento total a cierta edad del árbol. Es obtenido por la división del valor actual de la variable considerada, dividida por la edad (Imaña y Encinas 2008).
- **Incremento periódico anual (IPA):** es el promedio por año durante un cierto periodo (Louman *et al.* 2001). Corresponde a lo que el árbol creció en promedio en un determinado periodo de años. El cálculo se realiza considerando los valores del inicio y final del periodo y el número de años (Imaña y Encinas 2008).



**Figura 2:** Curvas típicas de crecimiento e incremento.

FUENTE: Imaña y Encinas 2008.

En la Figura 2 se observa la tendencia de la curva de crecimiento anual o incremento (IA). También se observa que el incremento periódico anual (IPA) presenta su valor máximo antes que el incremento medio anual (IMA) y antes de que ambas curvas declinen su tendencia. El cruce de la curva del IPA con la del IMA determina la edad de rotación comercial del rodal forestal. Cuando el IMA alcanza su máximo valor, se define en los sistemas de manejo forestal como el mejor momento, desde el punto de vista silvicultural, para poder intervenir en los rodales a través de raleo o corta de explotación. Cuando el IPA es mayor que el IMA es señal que el IMA está creciendo; por otro lado, cuando el IPA es menor que el IMA significa que el IMA está decreciendo. De esta forma el punto de intersección del IMA/IPA indica el punto con el valor máximo de producción forestal por unidad de área (Imaña y Encinas 2008).

El patrón de crecimiento de un árbol en términos de los cambios de diámetro, área basal, altura, forma y volumen se ven afectados por el sitio, la estructura de la plantación, la competencia y la densidad. La plantaciones coetaneas y puras tienen patrones de crecimiento muy diferentes de las plantaciones discetaneas y mixtas (Philip 1994).

#### **2.4. MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO**

Conocer la evolución de una especie en un período de tiempo y ante diferentes condiciones, será una herramienta fundamental para una objetiva planificación en el manejo forestal (Groothusen y Alvarado 2000).

La producción forestal de un determinado rodal o bosque nativo puede ser estimada con bastante precisión a partir del estudio del crecimiento de los árboles individuales o del bosque como un todo. El crecimiento puede obtenerse a partir de muestras de incremento tomadas directamente de los árboles (tarugos de incremento) y a partir de análisis fustal, que consiste en el conteo y medición de anillos de crecimiento en rodela obtenidas en varios puntos a lo largo del fuste, pero esto es adecuado solo para especies que tienen anillos de crecimiento fáciles de identificar, como especies de climas templados. En los trópicos la mayoría de las especies no presentan anillos de crecimiento visibles y continuos. En este caso, tanto para los bosques plantados como para los bosques nativos, el crecimiento de los árboles y del bosque como un todo, es obtenido por medio de inventarios forestales con mediciones y remediciones en parcelas permanentes o temporales. (Cancino 2006; Imaña y Encinas 2008).

#### **2.4.1. PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO**

El método más generalizado en este tipo de estudios es el empleo de parcelas permanentes de muestreo (PPM), sean estas experimentales o bien representativas de un inventario continuo. La medición periódica de unidades de muestra permanentes entrega una estimación más precisa del crecimiento comparada con cualquier otro método aplicado con igual intensidad de muestreo. Mientras más corto es el período de tiempo entre mediciones, más alta es la correlación entre mediciones sucesivas y mayor es la ventaja proporcionada por este tipo de parcelas (Groothusen y Alvarado 2000).

#### **2.4.2. PARCELAS TEMPORALES**

Una solución rápida cuando no se dispone de ningún dato sobre el desarrollo forestal es la implantación de parcelas temporales. Una parcela temporal sólo se mide una vez, por lo tanto para obtener información relevante empleando este tipo de parcelas se requiere que, en su conjunto, se cubra un amplio espectro de estados de desarrollo y calidades de estación. De este modo se sustituye la medición sucesiva en el tiempo propia de las parcelas permanentes por una distribución espacial de parcelas que se miden una única vez (Gadow *et al.* 2007)

#### **2.4.3. ANÁLISIS TRONCAL O FUSTAL**

Es una técnica para la determinación del crecimiento, que puede implementarse en especies creciendo en regiones de clima templado, en las que es relativamente fácil la identificación de los anillos de crecimiento. Consiste en el conteo y medición de anillos de crecimiento en secciones transversales del fuste a diferentes alturas sobre el suelo. Este análisis entrega un registro completo del crecimiento pasado del árbol, muestra como creció el árbol en altura y diámetro y cómo cambia de forma a medida que incrementa en tamaño (Cancino 2006). Para este propósito el árbol debe ser tumbado, de este se toman secciones transversales de las cuales la primera debe tomarse a la altura del tocón (20 cm - 30 cm), la segunda a la altura del pecho (1,30 m), y las restantes se obtienen a igual distancia unas de otras (Klepac 1983).

#### **2.4.4. BARRENO DE PRESSLER**

Pressler inventó un barreno por medio del cual es posible extraer de los árboles muestras de madera, los llamados cilindros o virutas de incremento. Con este barreno se perfora el árbol en ángulo recto a su eje longitudinal y a una altura de 1,3 m sobre el suelo. Analizando los



cilindros se obtiene datos del crecimiento e incremento en diámetro de los árboles durante los años de su vida (Klepac 1983). De cada árbol a ser analizado se pueden extraer una o dos muestras, siendo lo usual mantener un ángulo de 90° entre los puntos de extracción de cada muestra (Imaña y Encinas 2008).

Estos métodos se usan en la zona templada en donde el incremento radial forma anillos de crecimiento más o menos visibles. En los trópicos y subtropicos, y aún en algunas especies mediterráneas, es muy difícil, y a veces casi imposibles distinguir los anillos de crecimiento (Klepac 1983).

Durante mucho tiempo se creyó que en los trópicos existen muy pocas especies que desarrollan marcadamente capas de crecimiento diferenciado por lo que se pensó que existía un crecimiento continuo durante todo el año. Investigadores de todo el mundo se interesaron en estudios fenológicos y anatómicos intentando determinar la formación de anillos de crecimiento anuales en trópicos. Notaron que pocas especies forman anillos diferenciados y que en pocos casos donde los anillos se han formado estos no indican necesariamente que sean anuales. La clave de los resultados estaba en la estacionalidad de alguna condición ambiental que induzca a dormancia y/o a una tendencia al crecimiento de capas cíclicas (Jacoby; Vetter; Botosso y Pova de Mattos citado por Rosero 2012).

La forma de obtener datos de manera rápida es realizando un análisis troncal o utilizando el barrenado de Pressler para evaluar el crecimiento pasado de un árbol, y sirva de base para la realización de inferencias sobre la producción maderera futura (Imaña y Encinas 2008). Sin embargo, estos métodos tienen el inconveniente de que la reconstrucción del conjunto de árboles de un rodal en el pasado lleve consigo errores, como por ejemplo la falta de información sobre algún árbol competidor del que solo se conoce su existencia por el tocón (Gadow *et al.* 2007).

## **2.5. MODELOS DE CRECIMIENTO**

Los modelos de crecimiento describen el desarrollo de los árboles a medida que incrementan en edad, o a medida que el tiempo pasa (Philip 1994). Proporcionan una perspectiva sobre las complejas interacciones entre las estructuras y los procesos en los ecosistemas forestales y posibilitan una mejor comprensión de la dinámica forestal natural (Pretzsch citado por Gadow *et al.* 2007), son herramientas para apoyar la toma de decisiones, ya que permiten obtener información sobre el desarrollo futuro de los bosques (Hynynen 2011).

En general, un modelo es una representación simplificada de algún aspecto de la realidad (Corral 1999) y para su construcción se requiere información histórica abundante proveniente de parcelas permanentes (Cancino 2006).

Los modelos pueden desarrollarse en forma de tablas de producción, funciones de crecimiento simples o sofisticados sistemas de apoyo a la toma de decisiones. El formato en el que se aplican puede variar según el uso previsto y el medio ambiente operacional (Hynynen 2011).

Los institutos forestales de los países europeos han construido tablas de producción para las especies forestales más importantes, llegando a la conclusión de que deben ser preparadas para áreas de manejo forestal individuales (Klepac 1983). Con la construcción de las primeras tablas de producción al final del siglo XVIII se crearon los primeros modelos de crecimiento, que reconstruyen el desarrollo del rodal en base a valores medios. Las tablas de producción publicadas en la mayor parte del mundo hasta la actualidad han sido principalmente tablas de producción regionales en base a datos de parcelas permanentes de los centros de investigación (Gadow *et al.* 2007).

Burkhardt citado por Hynynen (2011), manifiesta que los tipos más comunes de información proporcionada por los modelos de crecimiento son la actualización de inventarios, la evaluación de prácticas silviculturales, la planificación del manejo y la programación de la cosecha.

Según Corral (1999) existen diversas clasificaciones sobre los modelos de simulación del crecimiento y rendimiento del bosque, y su diferencia está principalmente en su enfoque de construcción, además menciona que los siguientes autores coinciden en su clasificación; Clutter *et al.* (1983), Davis y Johnson (1987) y Vanclay (1994) reconocen tres categorías de modelos empíricos: i) modelos de rodales completos, ii) modelos de clases de árboles o dimensiones y iii) modelos de árbol individual.

Philip (1994) señala que el diseño de un modelo de crecimiento para su uso en una situación en particular depende de los recursos disponibles y la estructura de las plantaciones, sean coetáneas o discetaneas, puras o mixtas. Los cuatro usos más comunes son:

- Predecir el crecimiento del bosque para que el responsable del manejo pueda coincidir sus planes de cosecha y venta con la predicción del crecimiento y concluir si está cortando más o menos, o una cantidad igual al crecimiento.
- Predecir el crecimiento de un sitio en particular, para permitir que el responsable tome decisiones racionales. A menudo, el modelo de crecimiento se requiere para proporcionar información que pueda ser convertida en términos económicos y así facilitar la comparación de una serie de opciones de inversiones factibles.
- Predecir el crecimiento de las plantaciones bajo diferentes regímenes de manejo y prácticas silvícolas para hacer comparaciones y una elección; por ejemplo, el mejor espaciamiento inicial, el tiempo de rotación y la intensidad de los raleos, etc.
- Predecir los programas de trabajo al presupuestar los costos e ingresos.

### **3. BOLAINA BLANCA (*Guazuma crinita*)**

#### **3.1. CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

*Guazuma crinita* Martius, pertenece a la familia Sterculiaceae, sus nombres comunes son bolaina o bolaina blanca, se le conoce también con el sinónimo taxonómico: *Guazuma rosea* Poeppig.

Reynel *et al.* (2003) describen a esta especie como un árbol de 25 cm - 28 cm de diámetro y 15 m - 30 m de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta. Con corteza externa lisa a finamente agrietada, color marrón claro a grisáceo; la corteza interna fibrosa y conformando un tejido finamente reticulado, color amarillo claro, oxida rápidamente a marrón; se desprende en tiras al ser jalada. Las ramitas terminales con sección circular, color oscuro cuando seca, de unos 3 mm - 4 mm de diámetro, usualmente con pubescencia ferrugínea hacia las partes apicales; la corteza se desprende en tiras fibrosas al ser jalada. Las hojas simples, alternas y dísticas, de 10 cm - 18 cm de longitud, y 5 cm - 7 cm de ancho, el peciolo de 1,5 cm - 2 cm de longitud, pulvinulado, las láminas ovadas, frecuentemente asimétricas, aserradas, la nervación palmeada, los nervios secundarios prominulos en haz y envés, el ápice agudo y acuminado, la base cordada, las hojas cubiertas de pubescencia de pelos estrellados y escamosos (10x) sobre todo por el envés. Las flores pequeñas, de 8 mm - 12 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola de 6 mm - 12 mm de longitud, de color rosado, con cinco pétalos, cada uno de ellos en forma de cuchara y

con dos largos apéndices en el extremo, el androceo formado por cinco columnas estaminales que portan en su extremo numerosas anteras, el gineceo con ovario súpero, ovoide, pequeño. Los frutos cápsulas globosas de unos 4 mm - 8 mm de diámetro con la superficie densamente cubierta de pelos lagos, de unos 3 cm - 4 cm de longitud.

### **3.2. DISTRIBUCIÓN Y ECOLOGÍA**

Su distribución es muy amplia en el Neotrópico desde Centroamérica a la región Amazónica, hasta el sur de Brasil y Bolivia, mayormente hasta los 1 500 msnm. La especie abunda en la Amazonia peruana (Reynel *et al.* 2003). Se encuentra en los departamentos de Loreto, Amazonas, Ucayali, Huánuco, San Martín, Madre de Dios, Junín y Cerro de Pasco, entre 0 - 1 000 msnm (INIA y OIMT 1996).

Es una especie que se caracteriza por su rápido crecimiento y alto poder de regeneración (IIAP 2009). Se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, pero también en zonas con una estación seca marcada, es una especie heliófita, característica de la vegetación secundaria temprana (Reynel *et al.* 2003). Generalmente se encuentran en bosques secundarios y a orillas de los ríos, se le puede encontrar formando rodales muy puros y coetáneos y en parcelas de reciente abandono de la actividad agrícola después de ser sometidas al ciclo de tumba y quema, es menos abundante en pastura o en áreas muy degradadas (Flores 2007).

Reynel *et al.* (2003) mencionan que esta especie suele presentarse en suelos limosos a arenosos, muchas veces de escasa fertilidad, a veces pedregosos, no tolera el anegamiento, sobre todo cuando es una plántula. Según Vidaurre (1992) se encuentra naturalmente en suelos ricos en nutrientes, sin embargo no es muy exigente en suelos, si bien se le encuentra naturalmente en suelos cambisoles (franco) con buen drenaje, también las encontramos en suelos gleysados con mal drenaje, arcillosos y compactables. Flores (2007) coincide con que esta especie prefiere suelos ricos con buen drenaje, inundables temporalmente. Y el IIAP (2009) manifiesta que también tolera suelos pobres con cierta deficiencia en el drenaje, pero es baja la tolerancia a la competencia.

Wightman *et al.* (2006), mencionan que la bolaina depende mucho de la calidad del sitio para su desarrollo. No se adapta bien a los suelos muy ácidos, porque es sensible al aluminio. Tampoco crece bien en suelos arenosos alejados de una corriente de agua permanente. La bolaina crece bien en sitios fértiles, de suelos francos, franco-arcillosos o

arcillosos. En general, la presencia de bolaina natural bien desarrollada es un buen indicador de un sitio apto para la plantación de esta especie.

Es una especie que rebrota vigorosamente después del aprovechamiento del fuste principal, por lo tanto es viable producir más cosechas de madera sin necesidad de replantar en el terreno. En términos generales, hasta el momento no se reportan plagas de consideración (IIAP 2009).

### **3.3. ANATOMÍA DE LA MADERA**

El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco similar a las capas internas (duramen), observándose entre ambas capas un leve y gradual contraste de color. En la madera seca al aire la albura se torna de color blanco y el duramen marrón muy pálido (INIA y OIMT 1996).

Presenta grano recto de textura media y homogénea. El veteado en corte radial se presenta en reflejos plateados en bandas estratificadas y desordenadas; en corte tangencial manifiesta arcos superpuestos poco pronunciados, no tan claros (IIAP 2009).

### **3.4. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS**

La madera es blanda y liviana, su densidad básica es de  $0,41 \text{ g/cm}^3$ , presenta 5,5 por ciento de contracción tangencial, 3,50 por ciento de contracción radial, 10,75 por ciento contracción volumétrica en corte tangencial y su relación T/R es de 1,60 (Aróstegui 1982).

### **3.5. USOS**

La madera de bolaina blanca se usa en carpintería, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforos y artesanía; en años recientes se le usa crecientemente en la industria de los tableros contrachapados. La corteza interna fibrosa es empleada localmente como material de amarre (Reynel *et al.* 2003). La madera también es usada en la construcción rural y urbana, cajonería, juguetería; es apta en pulpa para papel; presenta buen comportamiento al secado (INIA y OIMT 1996). Tiene muchos usos, pero sobresale la fabricación de tablillas para interiores, no es una madera resistente a las condiciones de intemperie, por eso no se emplea para revestimiento de exteriores (Wightman *et al.* 2006).

La empresa MAQUIWOOD ofrece productos con valor agregado: postes impregnados en diversos diámetros y longitudes según el rubro (ideales para cercos, jardinería, sectores

agrícola, avícola, ganadero, etc), así como madera dimensionada para carpintería, muebles, embalajes y pallets, marcos de puerta y ventanas, entre otros (MAQUIWOOD s.f).

### 3.6. CRECIMIENTO

En la estación experimental Alexander von Humboldt, plantaciones de 18 años de edad en faja de 5 m, se obtuvo dap promedio de 31,11 cm, altura comercial de 17,14 m y altura total de 27,41 m. En fajas de 10 m, dap promedio de 22,34 cm, altura comercial de 16,05 m y altura total de 24,99 m. Y en fajas de 30 m, dap promedio de 31,26 cm, altura comercial de 18,03 y altura total de 28,58 m (Guerra 2007).

Angulo citado por Manturano (2007), al tratar sobre el crecimiento y productividad de la bolaina blanca en plantación a campo abierto, densidad de 400 árboles por hectárea, suelo gleysol, relieve plano, reporta variables dasométricas para diferentes edades (ver Tabla 2).

**Tabla 2: Variables dasométricas a diferentes edades de bolaina blanca, Pucallpa.**

<i>Edad (años)</i>	<i>Dap (cm)</i>	<i>IMA dap (cm/año)</i>	<i>Altura (m)</i>
1,3	9,5	7,1	8,30
2,3	13,2	5,6	11,80
3,3	16,8	5,0	13,50
4,3	18,8	4,3	16,40
5,3	20,0	3,7	17,30
6,3	20,0	3,1	17,50
7,3	20,7	2,8	18,50
8,3	24,2	2,8	21,29
10,0	27,2	2,6	24,02
11,6	30,2	2,3	26,75

FUENTE: Manturano 2007.

En sistemas agroforestales establecidos en suelos ácidos y degradados en el Valle de Chanchamayo, se tiene una tasa de crecimiento de 4 cm/año para el dap y de 2,94 m/año para la altura total, en los primeros cinco años de plantación (Villachica *et al.* 1993). Por su parte, Baldoceda *et al.* (1991) han obtenido, para plantaciones en faja de 30 m situadas en la estación experimental Alexander Von Humboldt, un incremento promedio de 3,26 cm/año para el dap y 4,06 m/año para la altura y un rendimiento anual promedio de 14,5 m<sup>3</sup>/ha/año y calculan, para un turno de ocho años, un rendimiento máximo de 115,6 m<sup>3</sup>/ha. Vidaurre (1992) encontró que a los seis años en suelos gleysoles el IMA en altura es de 2,26 m/año y en suelos cambisoles es de 1,25 m/año.

El IIAP (2009) elaboró un cuadro con tasas de crecimiento promedio de bolaina blanca en algunas localidades de la cuenca del Río Aguaytía, basándose en diversas fuentes (Tabla 3).

**Tabla 3: Síntesis de tasas de crecimiento promedio de bolaina blanca en algunas localidades de la cuenca del Río Aguaytía**

<i>Plantación (sistema)</i>	<i>Edad (años)</i>	<i>IMA (promedio)</i>		<i>Sitio de estudio</i>	<i>Tipo de suelo</i>
		<i>dap (cm)</i>	<i>Altura total (m)</i>		
Faja de 5 m de ancho	3,4	0,97	1,71	A. von Humboldt, Irazola	Gleysol
Faja de 10 m de ancho	3,4	2,91	3,29	A. von Humboldt, Irazola	Gleysol
Faja de 30 m de ancho	3,4	3,26	4,06	A. von Humboldt, Irazola	Gleysol
Campo abierto	10	2,01	2,70	A. von Humboldt, Irazola	Gleysol
Campo abierto	6		2,26	A. von Humboldt, Irazola	Gleysol
Campo abierto	6		1,25	A. von Humboldt, Irazola	Cambisol
Campo abierto	6	3,82	3,33	Curimaná/ Nueva Requena	Cambisol - Fluvisol

FUENTE: IIAP 2009

### **3.7. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y/O APROVECHAMIENTO FORESTAL DE BOLAINA**

#### **3.7.1. PLANTACIONES PURAS**

El rendimiento de una plantación depende en gran parte de la capacidad productiva del sitio seleccionado, así como de la preparación y del manejo que se dé al mismo, indicando que en algunos sitios los árboles crecerán rápidamente alcanzando grandes volúmenes en poco tiempo, en tanto que en otros sitios, el crecimiento probablemente será menor (Vásquez y Ugalde citado por IIAP 2009).

En plantaciones, la densidad de siembra normalmente debe ser de 1 111 árboles por hectárea, lo cual significa un distanciamiento de siembra de 3 metros por 3 metros; el primer raleo debe realizarse al tercer año. La época de siembra a campo definitivo normalmente se realiza en la época lluviosa (noviembre - febrero). Esto asegurará buen prendimiento y supervivencia de las plantas; y estarán vigorosas para soportar la época de sequía, que deviene después de su establecimiento (IIAP 2009).

### **3.7.2. PLANTACIONES EN FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO**

Las plantaciones de enriquecimiento consisten en el establecimiento de árboles en líneas espaciadas a intervalos iguales (Flores 2002). Corresponde a plantaciones hechas en bosques intervenido, se abren fajas de 5 m, 10 m o 30 m, con entrefajas de 15 m, 20 m o 60 m de conservación selectiva del bosque. En las fajas se realiza la plantación con distanciamientos de 5 metros por 5 metros (Vidaurre 1992). Generalmente este sistema se da más que todo en las plantaciones experimentales como es el caso de las establecidas en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt entre los años 1982 y 1988 como parte del proyecto INFOR-JICA (Flores 2002).

### **3.7.3. PLANTACIONES EN SISTEMAS AGROFORESTALES**

Es un sistema manejado en asociación con otros cultivos, la densidad de siembra bajo este sistema de producción generalmente es de 555 árboles por hectárea, sembrados a una distancia de 3 metros por 6 metros. La asociación de las especies forestales con cultivos alimenticios de ciclo corto, se realiza desde el inicio de la plantación; las demás especies serán introducidas en forma progresiva, de acuerdo con la época de siembra para cada una de ellas y al sitio de siembra (IIAP 2009).

### **3.7.4. BOSQUES DE REGENERACIÓN NATURAL DE BOLAINA BLANCA ASOCIADAS CON CULTIVOS AGRÍCOLAS**

En este sistema se asocian simultáneamente cultivos como plátano, yuca, maíz, frejol, cítricos, cacao, con la regeneración natural de bolaina. Por lo general, el sistema se inicia con el rozo, tumba y quema de algún bosque secundario o residual; donde el productor siembra cultivos agrícolas, posteriormente aparecen entre estos cultivos abundantes plántulas de bolaina por regeneración natural, debido a la cercana presencia de árboles semilleros y a la sincronía entre la diseminación, apertura, quema de la chacras y la casi inmediata caída de lluvias (Soudre citado por IIAP 2009).

Años atrás, los productores desconocían el potencial comercial de la bolaina, razón por la cual era eliminada como “mala hierba” de la chacra. En la actualidad, la importancia económica que ha tomado la bolaina, hace que los productores manejen estos bosques junto con los cultivos agrícolas (IIAP 2009).



### **3.7.5. BOSQUES DE SUCESIONES SECUNDARIAS DE REGENERACIÓN NATURAL DE BOLAINA BLANCA SIN MANEJO.**

Las sucesiones secundarias dominadas por bolaina, se caracterizan por ser de superficie muy pequeña (entre 0,5 a 2 ha), coincidiendo por lo general con la capacidad del trabajo familiar y también, porque cubren casi espontáneamente la parcela agrícola luego del abandono. Los propietarios de estas parcelas no hacen ningún manejo sólo aprovechan los árboles, por lo general no esperan que alcancen los ocho años para ser aprovechadas, las aprovechan cuando el árbol alcanza un volumen comercial a partir de los cuatro años (Soudre citado por IIAP 2009).

### **3.8. EXPERIENCIAS**

Se han hecho plantaciones exitosas, aunque en pequeña escala, en la Selva Central (p.ej., en Chanchamayo) y en la Selva Baja (en Ucayali). En Ucayali, las mejores plantaciones han estado en zonas aluviales o de alta precipitación y en suelos que van de franco-arcillosos a arcillosos. En estos sitios, los árboles han alcanzado alturas de 10 metros a los cuatro años después de plantados. En zonas de suelos arenosos y ácidos (por ejemplo la zona cercana a Campo Verde, en Ucayali) algunas plantaciones no han tenido un desarrollo adecuado (Wightman *et al.* 2006).

En los distritos de Curimaná y Nueva Requena (provincia de Padre Abad, Ucayali), existen parcelas de regeneración natural y plantaciones de distintas edades (desde 1 hasta 10 años), perteneciente a pobladores de la zona, estas plantaciones son pequeñas y en algunos casos asociadas con cultivos agrícolas (IIAP 2009).

En los últimos años se han creado algunas empresas privadas de capital peruano que vienen trabajando en el tema de reforestación con especies nativas en la zona de Selva Central. Algunas de las empresas que cuentan con plantaciones de bolaina son:

- La empresa Reforestadora Latinoamericana SA (REFOLASA), fundada en 2002, cuenta con cultivos de bolaina en plantaciones a gran escala, un total de 1 200 hectáreas en la zona del Codo de Pozuzo (REFOLASA s.f).
- La empresa Reforestadora Amazónica SA (RAMSA), fundada el 2007, cuenta con plantaciones comerciales de bolaina, ubicadas en los departamentos de Huánuco (Puerto Inca y Yuyapichis) y Pasco (Puerto Bermúdez), en la actualidad ya vienen cosechando y transformando la madera proveniente de sus primeras plantaciones (RAMSA 2015).

- La empresa Agroforestal SAC (PLANTAR), fundada el 2008, cuenta con cultivos de árboles nativos, uno de ellos es la bolaina, en los distritos de Codo de Pozuzo y Puerto Inca (PLANTAR s.f).

### 3.9. DEMANDA DE MADERA DE BOLAINA

Hasta el año 2007, la bolaina se comercializaba a nivel local en el área del río Ucayali para la construcción de viviendas, mayormente en comunidades y en los crecientes vecindarios alrededor de ciudades como Pucallpa, donde en un momento dado el 65 por ciento de las viviendas tenía paredes fabricadas con tablillas de bolaina. El uso local de la bolaina empezó a aumentar con la comercialización a nivel internacional de especies maderables más valiosas. Después del terremoto de 2007, la demanda de tablillas de bolaina se disparó, por su uso en casas prefabricadas construidas para situaciones de emergencia (Putzel *et al.* 2013).

Según cifras de Perú Forestal en números el volumen de aprovechamiento de bolaina blanca a nivel nacional entre los años 2007 – 2015 de madera aserrada y madera rolliza en metros cúbicos es el siguiente (Tabla 4):

**Tabla 4: Volumen en metros cúbicos aprovechados de bolaina blanca a nivel nacional entre los años 2007 – 2015.**

<i>Año</i>	<i>Madera aserrada (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Madera rolliza (m<sup>3</sup>)</i>
2007	38 380,02	47 099,98
2008	11 475,66	70 944,98
2009	12 114,78	52 172,02
2010	13 347,57	63 922,96
2011	7 025,12	63 773,62
2012	5 546,75	27 521,59
2013	5 855,66	84 946,84
2014	6 062,40	83 060,97
2015	3 118,06	56 119,05

FUENTE: INRENA 2008, DGFFS 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, SERFOR 2015 y 2016b.

En el año 2007 la bolaina ocupaba el doceavo lugar de las especies de mayor producción de madera rolliza, el primer lugar lo ocupa el eucalipto, seguido de la cumala y el tornillo. En este mismo año la bolaina ocupa el séptimo lugar de las especies de mayor producción de

madera aserrada, el primero lugar lo tiene la cumala, seguido del tornillo y el cedro. (INRENA 2008).

En el año 2015, la bolaina ocupa el noveno lugar como la especie de mayor producción de madera rolliza, el primero lugar lo ocupa la cumala, seguido del shihuahuaco y el tornillo. (SERFOR 2016b).

#### **4. BOSQUE SECUNDARIO**

Bosque secundario, es el bosque que se desarrolla en sitios cuya vegetación original ha sido completamente destruida por la actividad humana (Finegan y Sabogal 1988). Mediante la sucesión secundaria, que es el proceso de recuperación del bosque después de que la vegetación ha sido destruida para darle un uso agrícola a estas tierras y luego de unos años ser abandonadas, la sucesión empieza con el desarrollo de una vegetación dominada por hierbas, para dar paso a una vegetación arbórea. Si este proceso ocurre en áreas grandes y continuas pasará por la fase denominada bosque secundario antes de llegar a una composición, estructura y equilibrio dinámico característico de los bosques primarios. La sucesión en estos casos tiene tres etapas: 1) está dominada por plantas herbáceas y arbustivas y es de muy corta duración, 2) está dominada por árboles de especies heliófitas efímeras, 3) en esta etapa la vegetación está dominada por heliófitas durables. Además el proceso de sucesión secundaria está influenciado por la intensidad y el periodo de uso de la tierra antes de que se inicie el proceso (Louman *et al.* 2001).

Dourojeanni (1987) indica que la mayor parte de los bosques secundarios son los barbechos forestales o purmas, como consecuencia de la práctica de actividades agrícolas en suelos cuya fertilidad disminuye rápidamente. Conforme aumenta la edad de los bosques, la textura de los suelos varía de franco arenoso a franco arcilloso tendiendo a arcilloso, el pH cambia de fuerte a extremadamente ácidos (Córdova y Barrena, 1993).

Dancé y Kómetter (1984), logran distinguir cuatro estadios de evolución del bosque secundario en la zona de La Merced – Satipo, denominándolos como:

- **Bosque secundario pequeño:** áreas cubiertas con una vegetación principalmente de tipo “purma”, de donde emergen plántulas de árboles que no llegan a tener 10 cm de dap, tienen pocas especies.

- **Bosque secundario joven:** está formado por árboles muy jóvenes que alcanzan excepcionalmente un máximo de 25 cm de dap, tienen mayor número de especies arbóreas que el anterior, pero siguen siendo pocas; en este estadio la purma empieza a desaparecer.
- **Bosque secundario adulto:** son áreas cubiertas por una vegetación completamente arbórea, que ya puede ser maderable, es lo que podría llamarse un bosque propiamente dicho; en este estadio hay un gran incremento de nuevas especies.
- **Bosque Clímax:** es el estadio superior de la evolución del bosque, con especies que caracterizan al secundario y además con gran número de nuevas especies, en su mayoría árboles de mayores diámetros y mayores alturas que constituyen el dosel superior del bosque.

## 5. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

### 5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA)

El ANVA, es un método estadístico cuya finalidad es probar hipótesis referidas a los parámetros de posición de dos o más poblaciones en estudio (Di Rienzo *et al.* 2008). La hipótesis que se somete a prueba generalmente se establece con respecto a las medias de las poblaciones en estudio o de cada uno de los tratamientos evaluados en un experimento. En experimentos con fines comparativos, usualmente se realiza la aplicación de varios tratamientos a un conjunto de unidades experimentales para valorar y comparar las respuestas obtenidas bajo cada tratamiento. (Balzarini *et al.* 2008).

Según Montgomery (2004) el procedimiento apropiado para probar la igualdad de varias medias es el análisis de varianza. Suponiendo que se tienen  $a$  tratamientos diferentes de un solo factor que se quieren comparar. La respuesta observada de cada uno de los  $a$  tratamientos es una variable aleatoria (por ejemplo,  $y_{ij}$ ), que representa la observación  $j$ -ésima tomada bajo el tratamiento  $i$ . Habrá, en general,  $n$  observaciones bajo el tratamiento  $i$ -ésimo. Estas observaciones se pueden describir con el siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Donde  $y_{ij}$  es la observación  $ij$ -ésima,  $\mu$  es un parámetro común de todos los tratamientos (**media global**),  $\tau_i$  es un parámetro único del tratamiento  $i$ -ésimo (efecto del tratamiento  $i$ -

ésimo), y  $\epsilon_{ij}$  es un componente del error aleatorio que incorpora todas las demás fuentes de variabilidad del experimento, incluyendo las mediciones, la variabilidad que surge de factores no controlados, las diferencias entre las unidades experimentales a las que se le aplican los tratamientos, y el ruido de fondo general en el proceso.

El objetivo del ANVA es contrastar la hipótesis de que los efectos de tratamientos son nulos versus que al menos uno no lo es, en otras palabras, las medias de los tratamientos que se comparan son idénticas vs. que no los son. Además supone que los datos observados son independientes unos de otros y que las observaciones bajo cada tratamiento tienen distribución normal centrada en su esperanza ( $\mu + \tau_i$ ) y varianza  $\sigma^2$ , idéntica para toda observación (homogeneidad de varianzas). El no cumplimiento de estas propiedades, conocidas como supuestos, puede invalidar la inferencia que se pueda realizar a partir de esta técnica (Di Rienzo *et al.* 2008).

El ANVA se basa en dos estimadores independientes de la varianza de las observaciones: uno basado en la variabilidad dentro de los tratamientos, y otro basado en la variabilidad entre los tratamientos. Si no hay diferencias entre las medias de los tratamientos, estos dos estimadores estiman al mismo parámetro, de lo contrario el segundo tiende a ser mayor cuanto mayor es la diferencia entre los tratamientos. Luego, a pesar de que la hipótesis de interés del ANVA se refiera a la igualdad de las esperanzas de dos o más distribuciones, la técnica del ANVA se basa en la comparación de varianzas para inferir acerca de la igualdad de las esperanzas. (Di Rienzo *et al.* 2008)

Si se comprueba la significancia de los tratamientos tras aplicar el ANVA, es decir se rechaza la hipótesis nula, se sabría entonces que al menos uno de los promedios de la variable respuesta determinado para un tratamiento, es diferente a los obtenidos para los otros tratamientos, la pregunta ahora es ¿cuál o cuáles de las medias poblacionales en estudio son diferentes? Para ello es necesario realizar pruebas adicionales, existe una diversidad de pruebas de comparaciones múltiples. Entre las que destacan la de Tukey, la de Scheffé, la de Duncan y la de Fisher. (Montgomery, 2004; Di Rienzo *et al.* 2008). La prueba de Tukey representa un método conservador, es decir controla la tasa de error de Tipo I (Di Rienzo *et al.* 2008).

## 5.2. PRUEBA DE TUKEY

Después de un análisis de varianza en el que se ha rechazado la hipótesis nula de la igualdad de las medias de los tratamientos, quieren probarse todas las comparaciones de las medias por pares, Tukey propuso un procedimiento para probar hipótesis (Montgomery, 2004). Esta prueba examina con un mismo estadístico todas las diferencias de medias muestrales en estudio, y con ello determina cual es o son las medias significativamente distintas (Di Rienzo *et al.* 2008).

## 5.3. PRUEBA CHI CUADRADO

Vega *et al.* (2014) mencionan que la distribución Chi cuadrado puede ser utilizada para diferentes propósitos. Entre las principales pruebas y sus respectivos usos tenemos:

- Prueba de bondad de ajuste, para verificar si un conjunto de datos se ajusta o no a una distribución teórica establecida.
- Prueba con tablas de contingencia, para analizar la independencia de dos variables cualitativas u homogeneidad de subpoblaciones.
- Prueba de homogeneidad de variancias, para verificar la homogeneidad de variancias de dos o más conjuntos de datos. (No pertenece al grupo de pruebas no paramétricas)

Monge y Juan (s.f) indican que la prueba de bondad de ajuste, consiste en determinar si los datos de cierta muestra corresponden a cierta distribución poblacional. En este caso es necesario que los valores de la variable en la muestra y sobre la cual se quiere realizar la inferencia esté dividida en clases de ocurrencia, o equivalentemente, sea cual sea la variable de estudio, se debe categorizar los datos asignando sus valores a diferentes clases o grupos. El estadístico de contraste es:

$$\chi^{2*} = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde se tratará de probar si las frecuencias observadas ( $O_i$ ) están o no en concordancia con las frecuencias esperadas ( $E_i$ ). El numerador de cada término es la diferencia entre la frecuencia observada y la frecuencia esperada. Por tanto, cuanto más cerca estén entre sí ambos valores más pequeño será el numerador, y viceversa. El denominador permite relativizar el tamaño del numerador.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

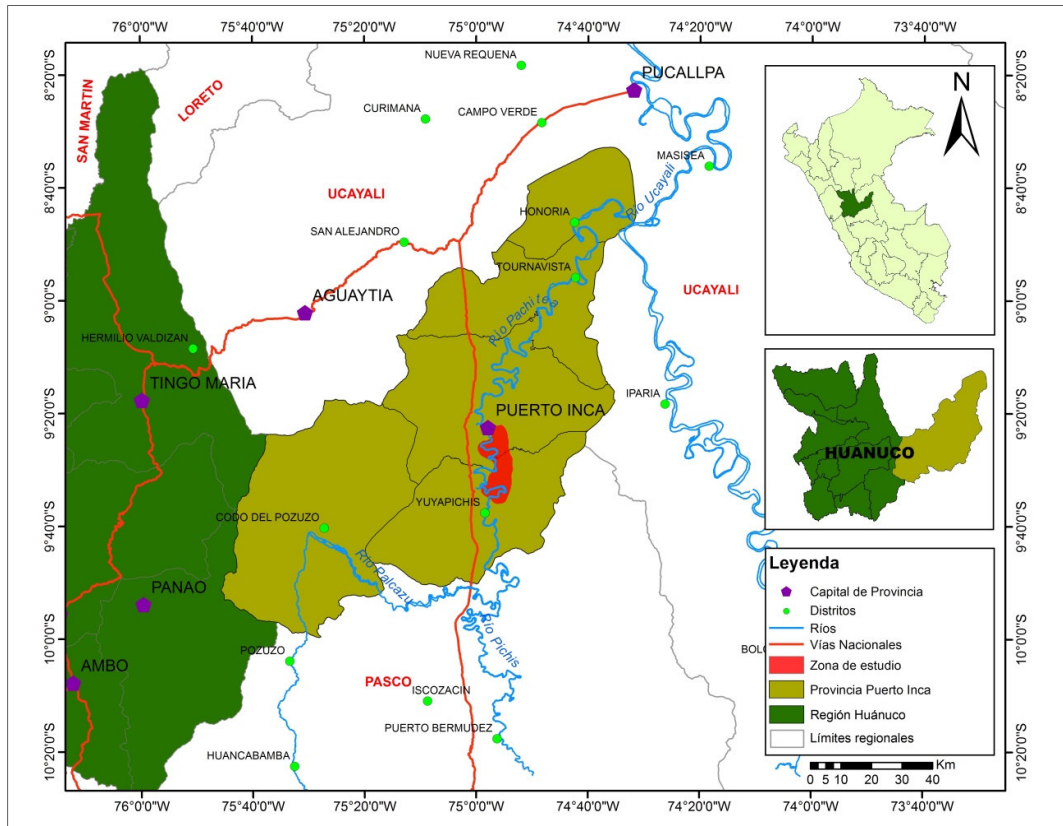
#### **1. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.**

##### **1.1. UBICACIÓN Y DATOS GENERALES**

El área de estudio se ubica en el departamento de Huánuco, provincia de Puerto Inca, en los distritos de Puerto Inca y Yuyapichis. La provincia de Puerto Inca ocupa la parte este y noreste de la región, la capital de la provincia del mismo nombre está enclavada en la parte central a la margen derecha del río Pachitea (MTC s.f).

La provincia limita por el noreste y este con la provincia de Padre Abad y Coronel Portillo del departamento de Ucayali, por el sur con la provincia de Oxapampa del departamento de Pasco y por el oeste con la provincia de Pachitea y la provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco. Conformada por cinco distritos (Figura 3): Puerto Inca, Codo de Pozuzo, Honoria, Tournavista y Yuyapichis (Congreso de la República del Perú 1984).

Según los datos del INEI (2007a) la población censada de la provincia de Puerto Inca fue de 31 032 habitantes, distribuidos en sus distritos (Puerto Inca 8 633 habs., Codo de Pozuzo 6 067 habs., Honoria 5 628 habs., Tournavista 5 052 habs. y Yuyapichis 5 652 habs.).



**Figura 3: Mapa de ubicación de la zona de estudio.**

*FUENTE: INEI 2007b, ANA 2009, MTC 2016.*

## 1.2. CLIMA

Se registra en el periodo 2010 - 2014 una temperatura promedio anual de 26 °C, temperatura máxima de 33 °C y temperatura mínima de 19 °C. La humedad relativa promedio es de 90 por ciento. La precipitación anual promedio es de 2 364,6 mm, los meses de mayor precipitación son diciembre - marzo y los meses de menor precipitación son julio - setiembre (DRA Huánuco 2010-2014).

## 1.3. ZONA DE VIDA.

Según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN 1976), el cual está basado en los criterios de Zonas de Vida de Holdridge, el área de estudio se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Tropical (bh-T).

## 1.4. FISIOGRAFÍA

Dentro del aspecto fisiográfico, en la zona predomina el relieve moderado; sin embargo, en el sector correspondiente a la Cordillera del Sira, que margina la parte oriental, la



constitución fisiográfica adopta diferentes formas y relieves, haciéndose más pronunciadas en las cercanías del núcleo de dicha Cordillera. En general, se distinguen cuatro zonas fisiográficas definidas: Zona de Tierras Bajas, que corresponde a las áreas planas o con muy escaso relieve; el Llano Amazónico, que se extiende hacia el este de la Cordillera del Sira y que se caracteriza por sus terrenos fácilmente erosionables y fuertemente lixiviados; la Zona de Lomadas y Cerros Bajos donde predomina el relieve suave y ondulado y la Cordillera del Sira, que corresponde a la cadena de cerros altos que se extiende en forma paralela al curso del río (ONERN 1966).

### **1.5. SUELO**

Los suelos de la región del río Pachitea, en relación a los aspectos fisiográficos y de origen, pertenecen a tres grandes grupos: residuales, sedimentarios y aluviales. Los suelos residuales o de formación "*in-situ*" constituyen las formaciones edáficas que tapizan las áreas montañosas de la zona, siendo de naturaleza ácida, poco fértiles y de baja capacidad productiva. Los sedimentarios conforman los suelos más extensos y representativos de la zona y comprenden dos sub-grupos: suelos de drenaje normal y suelos de drenaje imperfecto o hidromórfico. Los primeros ocupan las áreas de colinas o montículos que se distribuyen principalmente sobre la margen izquierda del río Pachitea y presentan fertilidad variable entre alta y baja. Los suelos sedimentarios hidromórficos son de drenaje imperfecto y de escaso valor para propósitos agrícolas. Los suelos aluviales ocupan las terrazas de altura intermedia o baja, distribuidas sobre las márgenes del río Pachitea, caracterizándose por ser fértiles y de gran potencialidad agrícola, principalmente aquellos no sujetos a los peligros de inundación (ONERN 1966).

## **2. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **2.1. DATOS**

El presente estudio se realizó con información obtenida de los inventarios forestales realizados anualmente por la empresa Reforestadora Amazónica S.A (RAMSA) en sus plantaciones comerciales de bolaina blanca.

Estas plantaciones fueron establecidas entre los meses de octubre 2010 y marzo 2011, con semillas obtenidas de rodales semilleros de PROSEMA (Asociación de Productores de Semilla Certificada y Madera de Calidad de la Cuenca del Aguaytia). Las plantaciones fueron instaladas a una densidad de tres por tres metros (1 100 árboles/ha). Los sitios donde

fueron instaladas corresponden a zonas que ya habían sido intervenidas por el hombre como áreas de pastos para ganado y áreas agrícolas abandonadas (Scheelje 2015).

Elera (2016) señala que el inventario forestal es ejecutado por la empresa a través de un sistema de evaluación y monitoreo de las plantaciones forestales. Este sistema permite medir el crecimiento de las plantaciones a través del muestreo aleatorio estratificado de las plantaciones. La metodología seguida para la ejecución del inventario forestal y monitoreo del crecimiento de la plantación es una variación a la propuesta por Murillo y Badilla, se basa en un muestreo aleatorio estratificado en parcelas permanentes de monitoreo (PPM). El tamaño de la parcela es variable pero el número de árboles por parcela es de 100 árboles. Se calcula el número de parcelas a ser instaladas (1 por cada 1,8 ha de plantación) y se ubica de manera aleatoria los puntos de muestreo dentro de la plantación y estos puntos estarán representados por una parcela de evaluación. El inventario forestal genera una base de datos que es propiedad de RAMSA y se administra a través del *software* del Sistema MiraSilv.

Para todas las mediciones realizadas entre el 2010 y 2016, se utilizó la metodología del Sistema MiraSilv. Dentro de cada parcela las variables evaluadas fueron el dap (medido a 1,3 metros), altura total (altura hasta la cima), sobrevivencia (árbol vivo, muerto o raleado), estado fitosanitario y estado del fuste. Todos los árboles originales (vivos y muertos) deben ser enumerados en forma secuencial (1 al 100) desde el primero hasta el último árbol de la parcela (Elera 2016). Los árboles que fueron cortados o raleados se consideran como árboles muertos y al momento de la medición se le asignó el código -99. Los árboles que por alguna razón no se midieron, (árboles quebrados, muy delgados que no ameritan medir el diámetro, etc.), pero que están vivos se le asignó el código -88. En una futura medición, cuando se considere apropiado, estos árboles pueden ser medidos (Ugalde 2003).

## **2.2. EQUIPOS**

- Computadora

## **2.3. SOFTWARE**

- ArcGis 10.2
- InfoStat 2015
- Microsoft Office 2010

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN**

La información de los inventarios forestales de la empresa RAMSA se encuentra almacenada en el *software* del Sistema MiraSilv. Para el ordenamiento de los datos lo primero que se realizó fue la exportación de los mismos a una hoja de cálculo de Excel. Luego se ordenaron los datos y se seleccionaron las parcelas que contaban con mediciones desde el año uno hasta el año cinco. Se codificaron estas parcelas en números correlativos iniciando desde uno.

#### **3.2. ANÁLISIS DE DATOS**

Como mencionan Torres y Magaña (2001), existe la posibilidad de errores al momento de digitalizar los datos y es necesario que la información se valide antes de pasar a la etapa de procesamiento. Para ello se realizaron graficas de dispersión por cada parcela, en el eje X se colocaron las edades en años y en el eje Y se colocaron los valores de dap o altura total de los árboles. Todo esto con la finalidad de detectar valores atípicos y analizar si fueron errores de medición, digitalización o son valores verdaderos de la medición.

#### **3.3. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Las parcelas fueron clasificadas en tres tratamientos, según la condición del sitio respecto a la cobertura inicial. Esta división se realizó basándose en la información de personas que conocían el lugar antes de la plantación.

**Tratamiento I:** Zonas donde la cobertura inicial fueron pastos tropicales introducidos, utilizados para la crianza de ganado vacuno. A este tratamiento se le denominó “pastos”.

**Tratamiento II:** Zonas cubiertas principalmente de plantas herbáceas y arbustivas (tipo “purma”), emergen plántulas de árboles que no llegan a tener 10 cm de dap, tienen pocas especies. Según la clasificación de Louman *et al.* (2001) se encontraría en la primera etapa de la sucesión. A este tratamiento se le denominó “purma”

**Tratamiento III:** Zonas en las que predominaban plántulas heliófitas efímeras de diámetros pequeños que alcanzan excepcionalmente un máximo de 25 cm de dap, tienen mayor número de especies arbóreas que el anterior, pero siguen siendo pocas; en este estadio la purma empieza a desaparecer. Dancé y Kómetter (1984) lo clasifican como bosque

secundario joven. Se encontraría en la segunda etapa de la sucesión según Louman *et al.* (2001). A este tratamiento se le denominó “bosque secundario joven”.

### 3.4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se calcularon las áreas basales de cada árbol dentro de las parcelas, la suma de las áreas basales de todos los árboles de la parcela será el área basal total por parcela. Con los valores de la superficie de cada parcela se calcularon las áreas basales por hectárea.

Para el cálculo del área basal se utilizó la siguiente fórmula:

$$AB = \pi * \frac{dap^2}{4}$$

Dónde:

$AB$ = área basal por individuo en  $m^2$

$dap$ = diámetro a la altura de pecho (m)

$\pi$ = 3,1416

La densidad de cada parcela se calculó sumando los árboles vivos, este dato también se llevó a la hectárea. Se prosiguió con el cálculo de los promedios de  $dap$  y altura total de cada parcela.

### 3.5. DETERMINACIÓN DE INCREMENTOS

Se determinaron los incrementos medios anuales de  $dap$ , altura total y área basal por hectárea de cada parcela y para cada edad de medición (1, 2, 3, 4 y 5 años). Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$IMA_x = \frac{x_E}{E}$$

Dónde:

$IMA_x$ = Incremento medio anual de la variable  $x$

$x_E$ = valor de la variable  $x$  ( $dap$ , altura total o área basal) en  $E$  años

$E$  = edad en años

### 3.6. PRUEBAS ESTADÍSTICAS.

Para la comparación de las variables dasométricas entre los tratamientos, se realizó el análisis de varianza (ANVA) con el fin de determinar diferencias estadísticas entre ellos, para cada edad de la plantación. La comparación entre medias individuales se realizó utilizando la prueba de Tukey. Estas pruebas se realizaron en el *software* InfoStat.

Para establecer la tendencia de crecimiento durante los cinco años, se compararon los tratamientos en pares, mediante la prueba de Chi cuadrado donde un tratamiento será el valor observado y el otro será el valor esperado. La regla de la prueba Chi-cuadrado dice que si  $\chi^2$  calculado es mayor o igual que  $\chi^2$  tabular, entonces la decisión es que los valores observados difieren significativamente de los valores esperados y por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada. Para que la hipótesis se acepte, en este caso que la tendencia de crecimiento de los tratamientos es similar,  $\chi^2$  calculado debe ser menor que  $\chi^2$  tabular.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. BÚSQUEDA DE LA INFORMACIÓN

En la Figura 4 se muestra la captura de pantalla de un fragmento de los datos importados a Excel desde el *software* MiraSilv.

Pais	Cód. Proyecto	Proyecto	Lote-Sitio	Cód. Lote	Nombre del Sitio	Fecha de Medición	Ns. de Medición	Edad en Meses	Edad en Años	ID. Lote	Cód. Experimento	Cód. Tratamiento	Ns. Tratamiento	Núm. de Repetición	Especie	Árbol	Eje	Diám./DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Código de Forma y Defecto	Código de Sanidad	Código de Árbol	Raleado
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	1	1.74	4.5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	2	1.76	5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	3	1.88	2	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	4	1.71	5	--	L			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	5	1.77	5.5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	6	1.99	--	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	7	1.75	4	--	5			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	8	1.53	4.5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	9	1.44	3.5	--		3,5		N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	10	1.83	5.5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	11	1.76	5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	12	1.78	4.5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	13	1.49	3	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	14	1.78	5	--	5			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	15	1.99	--	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	16	1.77	5.5	--		2,6		N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	17	1.48	4	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	18	1.86	5.5	--	L			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	19	1.7	5	--	L			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	20	1.73	5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	21	1.7	5	--	5			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	22	1.84	6	--	5			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	23	1.59	5	--	6			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	24	1.88	--	--				N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	25	1.64.5	--	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	26	1.61	4.5	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	27	1.82	6	--	2			N	
PE	PI	RAMSA - PUERTO INCA	1A/BO/10-02	BOLAINA 2010	GR. MARTIN	28/06/2012	1	12	1	1A/BO/10	1A/BO/10	GUAZCR03	01	0	GUAZCR	28	1.67	4.5	--	2			N	

**Figura 4: Captura de pantalla de un fragmento de los datos importados a Excel.**

Luego de ordenar los datos se obtuvo que el número de parcelas que contaban con las cinco mediciones fueron 52, las cuales se codificaron en orden correlativo. En la Tabla 5 se muestra un ejemplo de cómo se ordenaron los datos por parcela.

**Tabla 5: Datos ordenados de los árboles durante los cinco años (parcela 46).**

Edad (años)		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
N° PC	N° Árb.	Vivo o Muerto	Vivo o Muerto	Vivo o Muerto	Vivo o Muerto	Vivo o Muerto	DAP (cm)	DAP (cm)	DAP (cm)	DAP (cm)	DAP (cm)	HT (m)	HT (m)	HT (m)	HT (m)	HT (m)
46	1	V	V	V	V	V	6,1	11,5	15,2	16,2	17,2	4,5	11,0	18,6	16,8	18,8
46	2	V	V	V	V	V	5,9	10,0	12,7	14,0	15,4	4,5	10,0	16,9	15,8	18,0
46	3	V	V	V	V	V	6,4	12,3	16,6	17,8	19,3	4,5	13,0	18,2	17,3	19,6
⋮																
46	98	V	V	V	V	V	5,4	8,6	9,6	10,0	10,2	4,2	9,0	12,9	13,4	14,3
46	99	V	V	V	V	V	5,9	8,6	10,4	10,6	11,3	4,5	9,0	15,5	13,7	15,2
46	100	V	V	V	V	V	3,5	8,8	11,1	12,9	13,8	3,5	9,0	15,5	15,2	17,1

Al ordenar los datos por parcela, se pudo observar la existencia de una incongruencia entre las alturas totales de algunos árboles: a los cuatro años los árboles de algunas parcelas miden menos de lo que medían a los tres años, siendo esto imposible debido a que los árboles no decrecen. Se puede deducir que existen errores en la medición de las alturas totales. Al estar presente en todas las parcelas de los tres tratamientos se continuó con los procesos, debido a que no favorece ni perjudica a ningún tratamiento en particular.

## 2. ANÁLISIS DE DATOS

En las gráficas de dispersión dap vs edad (Figura 5) y altura total vs edad (Figura 6) se pudo observar que no existían datos atípicos que provengan de errores de digitalización; los datos que se alejaban del grupo promedio son datos verdaderos, pertenecientes a árboles que empezaron a diferenciarse del resto.

Este crecimiento irregular se explica en lo desarrollado por Galloway (2004), y está influenciado por varios aspectos como la variación de la calidad del sitio, variación de la calidad de las plantas, variación en el espaciamiento, entre otros aspectos.

En las Figuras 5 y 6 se muestran como ejemplo los gráficos de dap vs edad y altura total vs edad de la parcela 5.

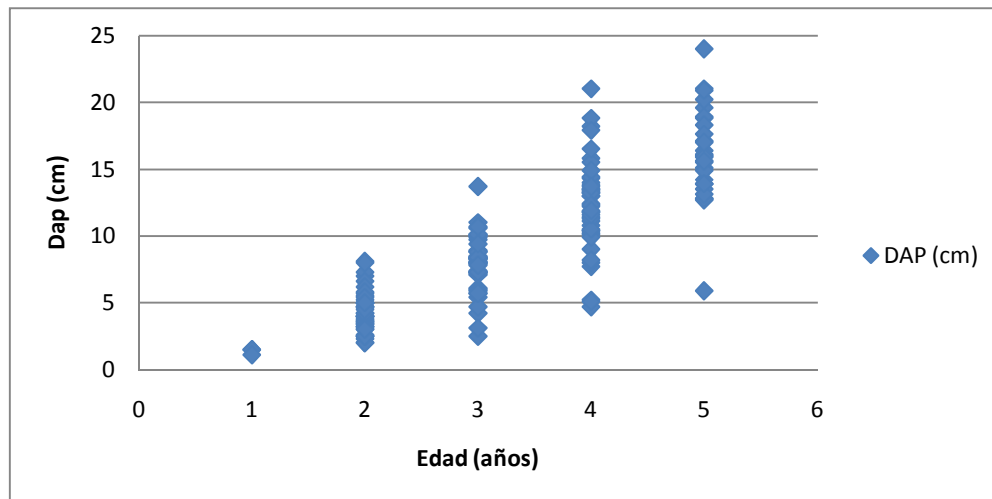
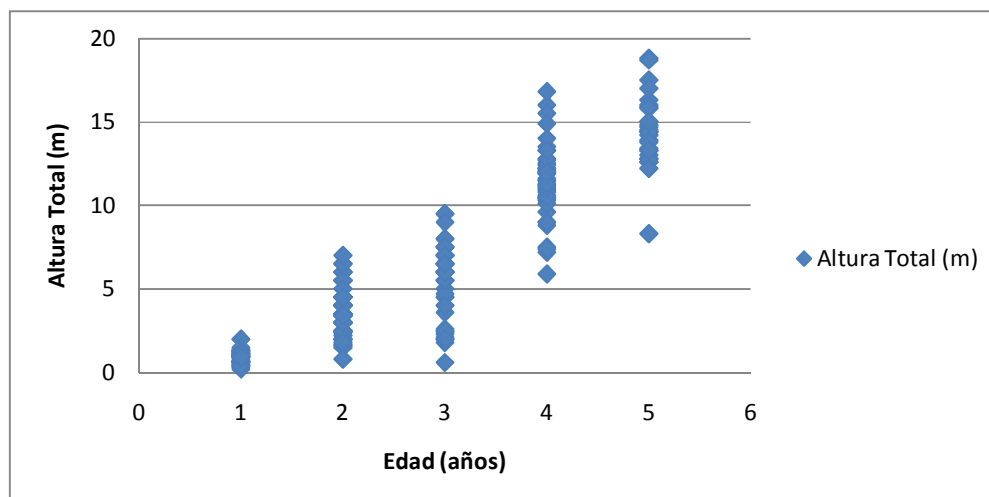


Figura 5: Relación entre edad y dap (parcela 5).





**Figura 6:** Relación entre edad y altura total (parcela 5).

### 3. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

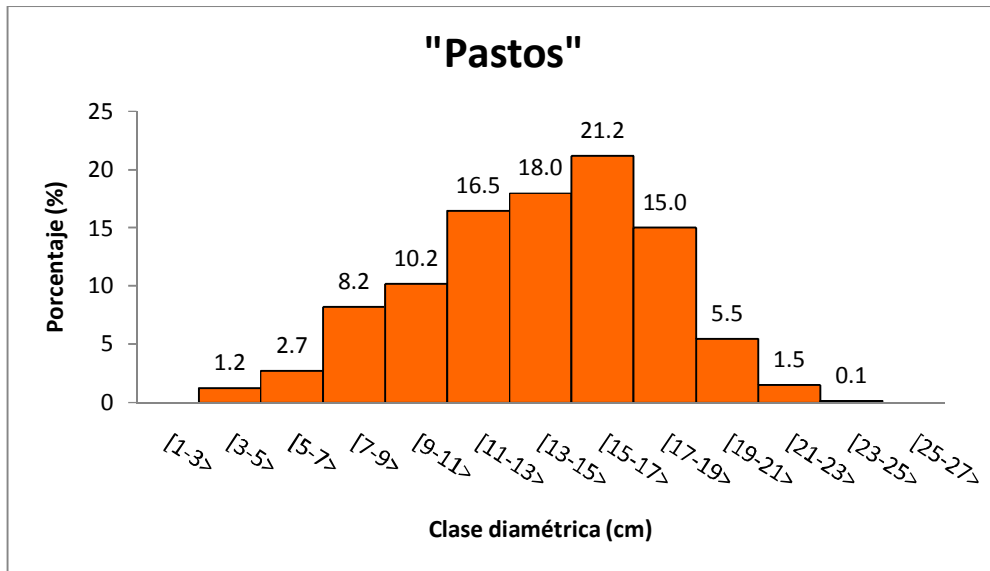
Al clasificar las 52 parcelas en los tres tratamientos (I: “pastos”, II: “purma” y III: “bosque secundario joven”) se obtuvo que 13 parcelas pertenecen al tratamiento I, 14 al tratamiento II y 25 al tratamiento III. La clasificación del total de parcelas se muestra en el Anexo 1.

Se seleccionaron 10 parcelas por tratamiento. Esta selección se realizó al azar, teniendo en cuenta que las parcelas seleccionadas a los cinco años deben tener un similar número de árboles vivos, para que la densidad no sea un factor influyente en el crecimiento. En la Tabla 6 se muestran las 10 parcelas seleccionadas por cada tratamiento y sus respectivos valores de superficie. En promedio las parcelas tienen un área de 874,59 m<sup>2</sup>. El menor valor es de 758,80 m<sup>2</sup> y el mayor es de 992,80 m<sup>2</sup>.

**Tabla 6:** Parcelas seleccionadas por tratamiento

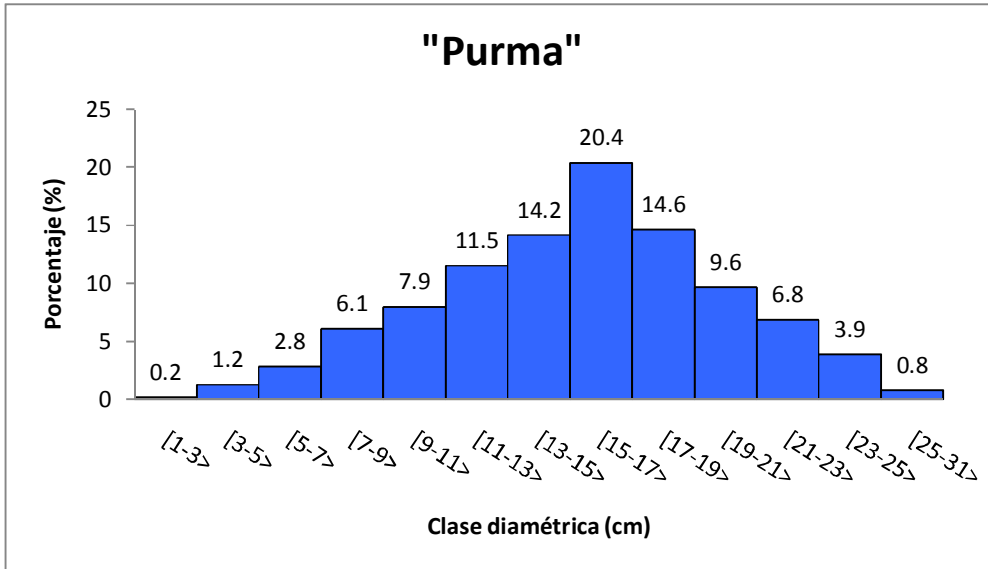
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>Área (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>Área (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>Área (m<sup>2</sup>)</i>
I Pastos	1	901,10	II Purma	6	962,60	III Bosque secundario joven	3	916,90
	4	758,80		8	992,80		14	815,80
	36	894,60		11	823,00		15	867,30
	44	878,00		12	843,90		21	800,20
	46	877,60		23	871,10		26	867,00
	47	879,10		24	820,60		32	840,10
	48	915,60		29	828,30		34	861,70
	49	907,10		31	976,70		37	818,50
	50	898,10		33	858,20		40	888,50
	52	936,00		35	877,80		41	860,70

En la Figura 7 se muestra un histograma de frecuencias de la distribución de árboles por clase diamétrica a los cinco años del tratamiento I. Presenta un dap promedio de 13,88 cm. El menor y mayor dap de los árboles es 3,9 cm y 24,7 cm respectivamente, un rango de 20,8 cm y con un coeficiente de variación de 27,1 por ciento. Además se observa que la mayor cantidad de individuos poseen diámetros entre 15 - 17 cm (el 21,2 por ciento), en general la mayoría de individuos presenta valores de dap por encima del promedio. Pero también existe un 12 por ciento de árboles que se encuentra por debajo de los 9 cm, estos individuos se deberían de sacar cuando se realice un raleo.



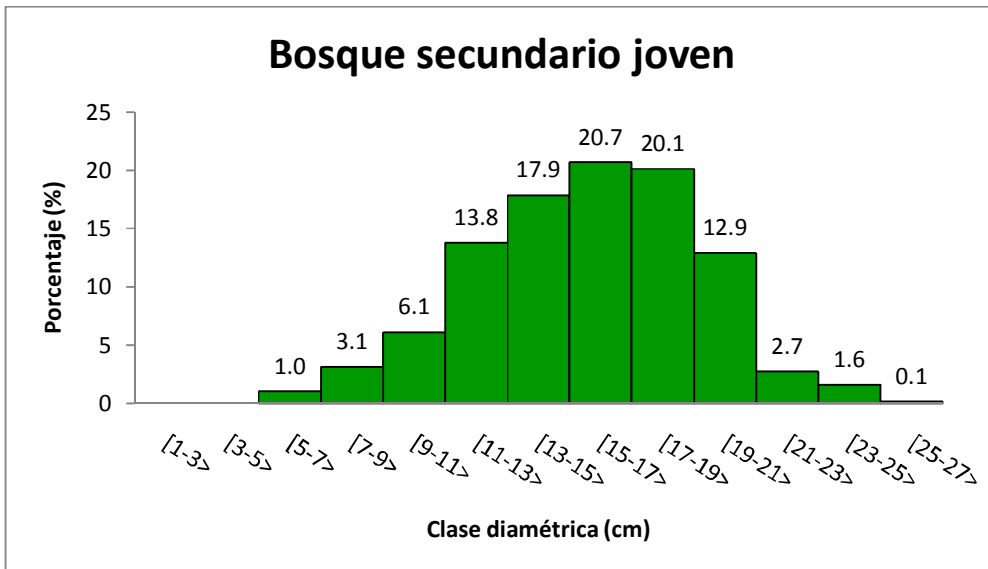
**Figura 7: Distribución de árboles por clase diamétrica del tratamiento I (pastos) a los cinco años.**

En la Figura 8 se muestra un histograma de frecuencia de la distribución de árboles por clase diamétrica a los cinco años del tratamiento II. Presenta un dap promedio de 15,27 cm. El menor y mayor dap de los árboles es de 2,5 cm y 29,4 cm respectivamente, con un rango de 26,9 cm y con un coeficiente de variación de 30,38 por ciento. Además se observa que la mayor cantidad de individuos se encuentra dentro del rango promedio, entre 15 - 17 cm (el 20,4 por ciento). A pesar de que el 49,1 por ciento de los diámetros se ubica en las tres clases centrales, los diámetros extremos están muy alejados de él, esto indica que este tratamiento no es homogéneo.



**Figura 8: Distribución de árboles por clase diamétrica del tratamiento II (purma) a los cinco años.**

En la Figura 9 se muestra un histograma de frecuencia de la distribución de árboles por clase diamétrica a los cinco años del tratamiento III. Presenta un dap promedio de 15,54 cm. El menor y mayor dap de los árboles es de 5,3 cm y 25,3 cm respectivamente, un rango de 20 cm y con un coeficiente de variación de 22,85 por ciento. Además se observa que la mayor cantidad de individuos poseen diámetros entre 15 - 19 cm (40,9 por ciento).



**Figura 9: Distribución de árboles por clase diamétrica del tratamiento III (bosque secundario joven) a los cinco años.**

Comparando los tres tratamientos, el que presenta el mayor número de individuos por debajo de los 9 cm de dap es el de pastos (12,1 por ciento), seguido por el de purma (10,3 por ciento) y por último el de bosque secundario joven (4,1 por ciento). Mientras que el tratamiento que cuenta con mayor número de individuos por encima de 19 cm de dap es el de pastos (21,2 por ciento), luego se encuentra el de purma (17,5 por ciento) y por último el de bosque secundario joven (7,1 por ciento). De esta comparación también se observa que el histograma de “pastos” se asemeja más a una típica curva normal. Además es el tratamiento que presenta mayor coeficiente de variación, cuenta con árboles de valores extremos tanto bajos como altos.

Esto podría deberse a la variación de la calidad de sitio en la que se encuentran ubicadas las parcelas de este tratamiento. Otros factores que podrían afectar, serían la calidad de la semilla y la de los plántones utilizados en la instalación y el manejo de la plantación durante el transcurso de los años. La competencia entre individuos empieza desde temprana edad y como dice Klepac (1983), los más vigorosos toman la delantera y los oprimidos se retrasan y gradualmente mueren. Por ello al realizar oportunamente actividades silviculturales adecuadas estos rangos de diferencias deberían disminuir.

## **4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

### **4.1. ÁREA BASAL**

El área basal por parcela es la suma de las áreas basales de los individuos dentro de ella. En el Anexo 2 se encuentran estos valores. En la Tabla 7 se muestran los valores de área basal por hectárea de todas las parcela en el transcurso de los cinco años.

En el primer año la mayor área basal es de 8,22 m<sup>2</sup>/ha y corresponde a la parcela 15 del tratamiento III, mientras que la menor área basal es de 0,05 m<sup>2</sup>/ha y corresponde a la parcela 4 del tratamiento I. A los cinco años se observa que la mayor área basal es de 23,70 m<sup>2</sup>/ha y corresponde a la parcela 33 del tratamiento II, mientras que la menor área basal es de 8,15 m<sup>2</sup>/ha y corresponde a la parcela 12 del tratamiento II, esto concuerda con lo observado en la distribución diamétrica del tratamiento II, al tener mayor amplitud cuenta con los valores más bajos y más altos a la vez y esto se ve reflejado en el área basal, dada la proporcionalidad que existe entre ambas variables.

Tabla 7: Área basal por hectárea (m<sup>2</sup>/ha) de las 30 parcelas durante los cinco años.

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>AB/ha</i>	<i>AB/ha</i>	<i>AB/ha</i>	<i>AB/ha</i>	<i>AB/ha</i>
I	1	0,29	1,45	5,46	8,00	9,39
	4	0,05	6,62	11,29	16,85	15,62
	36	5,43	10,99	17,41	17,69	20,47
	44	1,46	5,35	10,49	11,08	13,17
	46	2,50	8,32	13,31	15,31	17,45
	47	1,73	5,31	10,43	12,31	14,06
	48	1,54	5,68	11,32	12,86	14,78
	49	1,27	4,33	9,69	11,95	14,69
	50	0,23	4,69	8,10	10,31	12,32
	52	1,26	6,20	10,02	11,27	13,64
II	6	4,70	5,41	9,36	17,56	12,94
	8	4,12	5,11	10,43	13,26	13,54
	11	8,20	11,94	15,08	19,81	22,39
	12	0,59	1,16	4,34	7,25	8,15
	23	0,29	1,31	8,45	12,15	13,56
	24	0,69	1,48	6,85	8,87	11,52
	29	3,67	6,60	11,48	12,75	15,18
	31	0,47	7,37	10,04	12,71	14,43
	33	5,54	11,02	17,87	18,57	23,70
	35	1,93	4,57	8,19	9,13	10,47
III	3	5,68	8,04	10,99	14,37	16,13
	14	7,00	8,90	13,00	17,07	18,85
	15	8,22	9,65	13,84	18,30	20,60
	21	4,16	6,25	12,23	15,04	16,65
	26	6,06	9,50	15,30	18,07	19,39
	32	0,16	5,47	10,01	11,30	13,87
	34	3,86	8,43	12,62	13,30	15,57
	37	3,51	6,51	9,51	12,02	10,07
	40	5,05	8,12	10,73	12,98	15,57
	41	2,50	9,32	11,77	14,69	17,91

En la Figura 10 se observa que la curva del área basal del tratamiento III está por encima de los otros dos. Este tratamiento desde el primer año hasta los cinco años presenta mayores valores de área basal. Las curvas de los tratamientos I y II son muy similares en el transcurso de los cinco años.

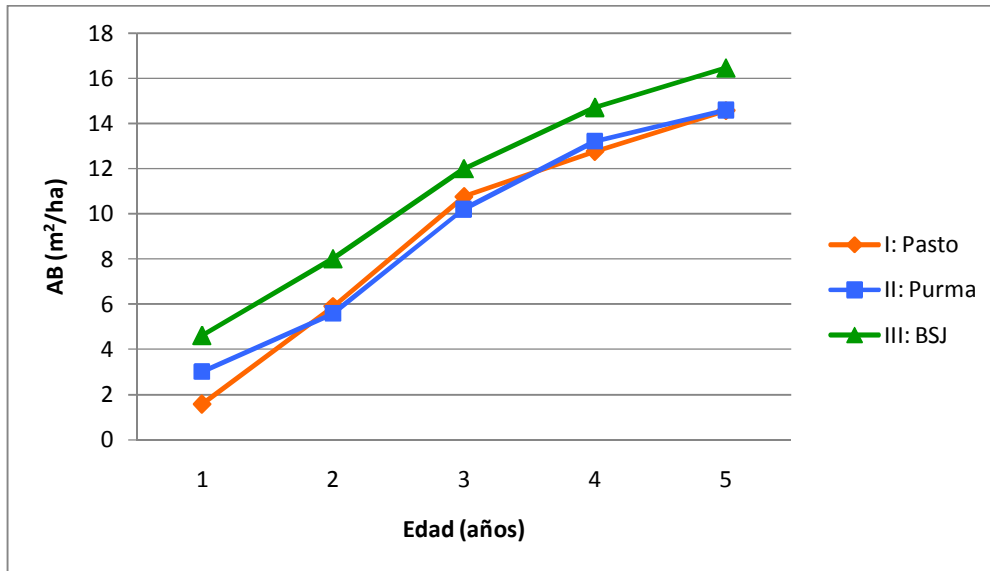


Figura 10: Área basal por hectárea de cada tratamiento durante los cinco años

#### 4.2. NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA

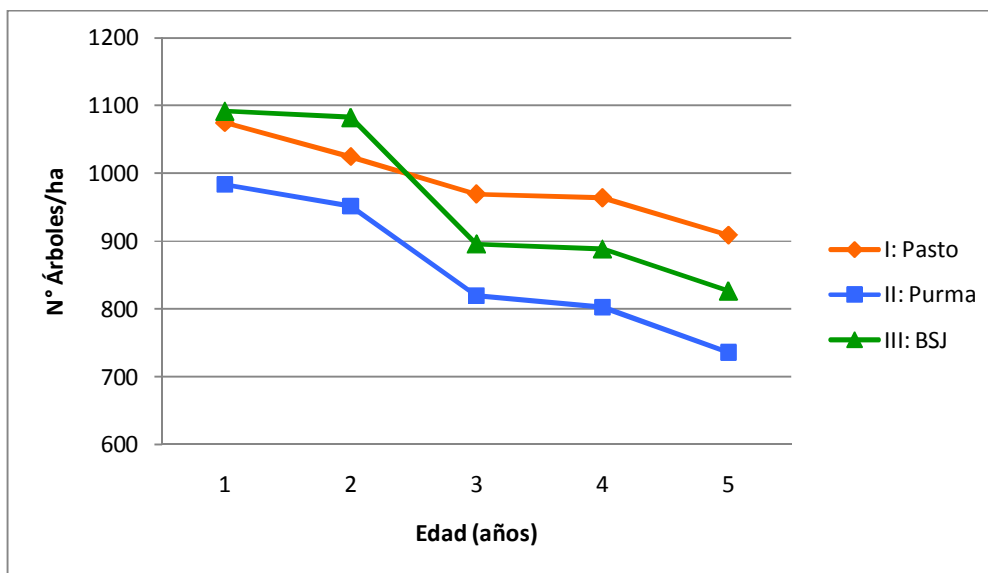
Con el número de árboles vivos por parcela y la superficie de cada parcela se calculó el número de árboles vivos por hectárea, los resultados se observan en la Tabla 8. El número de árboles vivos por parcela se encuentra en el Anexo 3.

Como lo menciona Torres y Magaña (2001) esta medida es sólo el número promedio de árboles por hectárea y se usa como referencia de la densidad. La plantación se realizó con distanciamiento inicial de 3 m por 3 m, por ello el promedio de árboles por hectárea en el primer año es de 1050.

**Tabla 8: Número de árboles por hectárea de cada parcela durante los cinco años**

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>N° Arb/ha</i>	<i>N° Arb/ha</i>	<i>N° Arb/ha</i>	<i>N° Arb/ha</i>	<i>N° Arb/ha</i>
I	1	1110	999	932	910	866
	4	1305	1278	949	949	633
	36	1062	1051	1040	1040	1028
	44	934	923	877	877	809
	46	1139	1128	1117	1105	1094
	47	1024	1012	978	978	956
	48	1038	1027	1016	1016	994
	49	970	959	904	904	893
	50	1102	824	857	846	824
	52	1068	1047	1026	1015	994
II	6	758	758	613	613	395
	8	786	715	574	574	403
	11	1166	1166	948	948	923
	12	841	711	569	569	557
	23	1056	1045	1045	1010	918
	24	1060	1060	987	926	853
	29	1014	990	700	688	664
	31	973	973	737	727	717
	33	1130	1130	1130	1130	1107
	35	1048	968	889	843	820
III	3	1025	1025	774	774	763
	14	1140	1140	883	870	858
	15	1026	1015	853	853	830
	21	1137	1137	1112	1075	1037
	26	1084	1073	1038	1027	980
	32	1095	1036	809	798	786
	34	1091	1079	1056	1056	998
	37	1173	1148	794	794	464
	40	1058	1047	777	777	709
	41	1092	1127	860	860	837

En la Figura 11 se puede observar que entre los 2 y 3 años los tratamientos II y III presentan una disminución de árboles, esto puede deberse a un primer raleo. Entre los 4 y 5 años ocurre algo similar en estos mismos tratamientos, podría deberse a un segundo raleo pero de menor intensidad. En cambio la disminución de árboles en el tratamiento I puede deberse a muerte natural de los individuos o a raleos de baja intensidad.



**Figura 11: Número de árboles por hectárea promedio por tratamiento.**

### 4.3. DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO

En la Tabla 9 se muestra el dap promedio de cada parcela durante los cinco años. En el primer año el menor dap es de 1,3 cm (parcela 4, tratamiento I) y el mayor dap es de 10 cm (parcela 15, tratamiento III). A los cinco años el dap promedio más bajo es 11,1 cm (parcela 1, tratamiento I), mientras que el dap promedio más alto es 20,5 cm (parcela 8, tratamiento II). Esto se explica con lo mencionado en la comparación de los histogramas de frecuencia de dap, el tratamiento I cuenta con el mayor porcentaje de árboles con dap bajos (menores a 9 cm) mientras que el tratamiento II cuenta con el mayor porcentaje de árboles con dap por encima de 19 cm.

Si bien en ambas edades (1 y 5 años) el dap promedio más bajo no pertenece a la misma parcela, las dos parcelas pertenecen al tratamiento I. En cambio el dap promedio más alto en el primer año pertenece a una parcela del tratamiento III, mientras que en el año 5 el dap más alto pertenece a una parcela del tratamiento II.

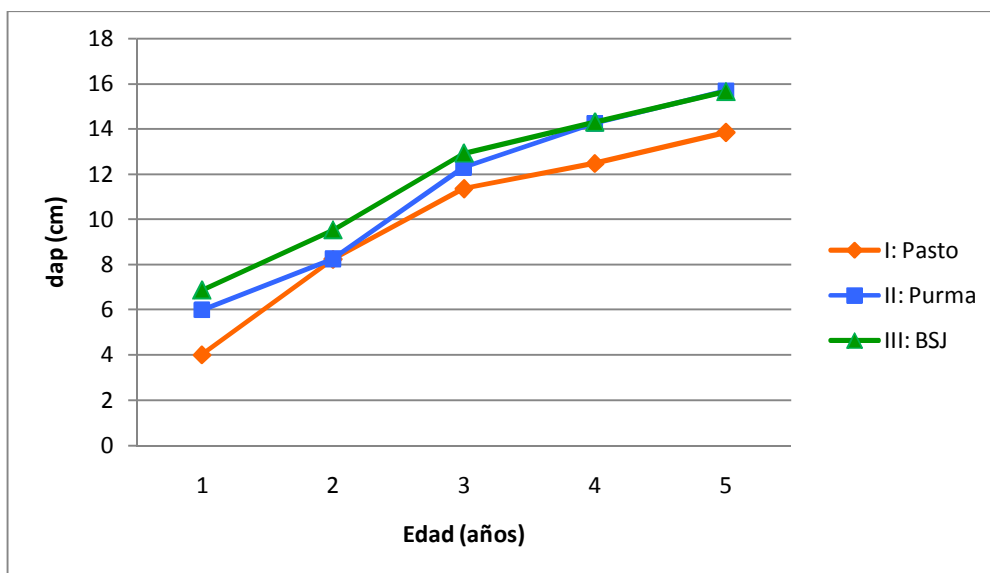


**Tabla 9: Promedios de dap (cm) por parcela durante los cinco años.**

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>dap (cm)</i>	<i>dap (cm)</i>	<i>dap (cm)</i>	<i>dap (cm)</i>	<i>dap (cm)</i>
I	1	3,5	4,7	8,1	9,9	11,1
	4	1,3	7,9	12,2	14,8	17,6
	36	8,0	11,4	14,3	14,5	15,6
	44	4,3	8,4	11,8	12,2	13,8
	46	5,2	9,5	12,0	13,0	13,9
	47	4,3	8,0	11,3	12,2	13,3
	48	4,1	8,1	11,5	12,3	13,3
	49	3,9	7,6	11,2	12,5	13,9
	50	1,8	8,3	10,6	12,1	13,5
	52	3,7	8,4	10,6	11,4	12,7
II	6	8,7	9,3	13,7	18,8	20,2
	8	8,3	9,5	15,2	17,3	20,5
	11	9,3	11,3	14,1	16,1	17,3
	12	3,6	4,9	9,4	12,4	13,3
	23	3,7	4,5	9,7	11,9	12,7
	24	3,8	4,9	9,0	10,8	12,4
	29	6,8	9,6	14,3	15,0	16,7
	31	2,5	9,7	13,2	14,8	15,7
	33	7,8	11,0	13,8	14,1	15,8
	35	5,5	8,1	10,6	11,4	12,3
III	3	8,2	9,8	13,3	15,3	16,1
	14	8,7	9,8	13,5	15,6	16,4
	15	10,0	10,9	14,2	16,4	17,5
	21	6,6	8,2	11,5	13,0	13,9
	26	8,3	10,6	13,3	14,6	15,4
	32	1,7	8,1	12,4	13,2	14,7
	34	6,4	9,7	12,1	12,2	13,5
	37	6,1	8,2	12,3	13,6	16,5
	40	7,5	9,8	13,1	14,4	16,4
	41	5,2	10,2	13,5	14,8	16,2

En la Figura 12 se muestran los dap promedio de los tres tratamientos para cada edad de la plantación. Se observa que los tratamientos II y III son los más parecidos durante los cinco años de crecimiento, mientras que el tratamiento I cuenta con los promedios más bajos en el transcurso de estos años.

Estos promedios durante los cinco años están por debajo de los valores obtenidos por Angulo citado por Manturano (2007) en plantaciones a campo abierto en Pucallpa. Esta diferencia podría deberse al manejo que recibió estas plantaciones y al tipo de suelo en donde se instalaron las plantaciones, entre otros factores.



**Figura 12: Dap promedio por tratamiento para cada año de medición.**

#### 4.4. ALTURA TOTAL

En la Tabla 10 se muestra la altura total promedio de cada parcela durante los cinco años de medición. En el primer año el menor valor de altura total es 1,3 m (parcela 4, tratamiento I) y el mayor valor es 9 m (parcela 15, tratamiento III). A los cinco años el menor valor de altura total es 12,5 m (parcela 1, tratamiento I) y el mayor valor es 21,7 m (parcela 8, tratamiento II). Como era de esperarse el comportamiento en altura es muy parecido al comportamiento en dap.

Al igual que en el dap, en ambas edades la altura total promedio más baja pertenece a parcelas del tratamiento I. Mientras que en el primer año la altura total promedio más alta pertenece al tratamiento III, en el año cinco pertenece al tratamiento II.

**Tabla 10: Promedios de altura total (m) por parcela durante los cinco años.**

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>Altura total (m)</i>
I	1	1,6	3,8	9,4	11,0	12,5
	4	1,3	7,3	10,7	17,0	18,3
	36	6,5	10,8	16,9	17,5	17,6
	44	3,4	7,9	13,7	13,9	15,6
	46	3,9	9,7	15,9	15,0	16,7
	47	3,6	6,9	13,7	14,7	16,1
	48	3,4	7,1	12,6	13,5	15,9
	49	3,3	7,4	14,6	14,3	16,4
	50	1,8	7,0	10,7	13,3	16,0
	52	3,1	7,8	11,6	14,7	15,7
II	6	5,6	9,0	14,3	16,4	20,6
	8	7,5	8,5	15,0	19,3	21,7
	11	8,2	10,9	16,0	17,0	19,6
	12	2,8	3,8	10,1	11,5	12,7
	23	2,5	3,5	10,3	9,7	13,2
	24	2,6	3,7	9,9	10,8	14,1
	29	4,7	8,0	14,7	17,3	18,4
	31	2,4	9,5	15,5	16,6	17,7
	33	6,8	10,7	15,6	19,6	20,7
	35	3,3	6,4	11,5	12,2	14,3
III	3	7,0	10,3	13,7	15,4	18,3
	14	8,0	10,4	15,7	16,7	19,5
	15	9,0	11,1	15,8	16,0	19,6
	21	4,7	7,6	12,2	11,6	16,5
	26	6,5	8,9	15,1	12,5	15,8
	32	1,7	8,8	14,8	16,5	18,1
	34	5,1	9,1	13,9	15,9	18,2
	37	4,6	7,0	13,6	14,6	18,5
	40	6,1	9,3	13,9	17,2	18,2
	41	3,9	10,0	14,3	17,8	20,0

En la Figura 13 se muestran las alturas totales promedios de los tres tratamientos para cada edad de la plantación. El tratamiento I cuenta con las alturas totales promedios más bajas en

comparación con los otros dos. El tratamiento I a los cinco años cuenta con un promedio de altura total de 16,1 m, mientras que el tratamiento III cuenta con altura total promedio de 18,3 m.

Los valores obtenidos para la altura en los primeros años están por debajo de los obtenidos por Angulo citado por Manturano (2007), mientras que en los últimos años estos valores se acercan más a los citados por el autor.

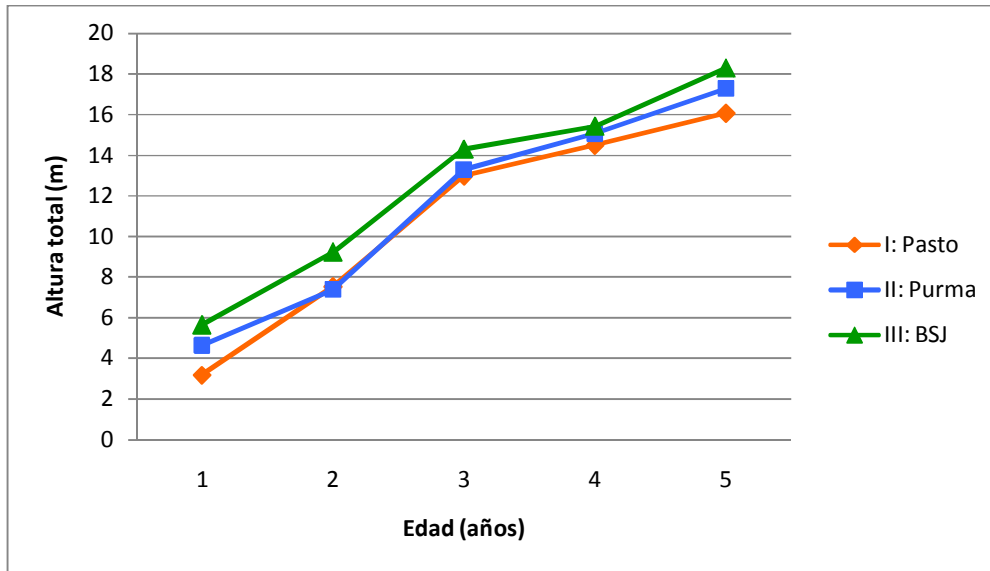


Figura 13: Altura total promedio por tratamiento para cada año de medición.

## 5. DETERMINACIÓN DE INCREMENTOS

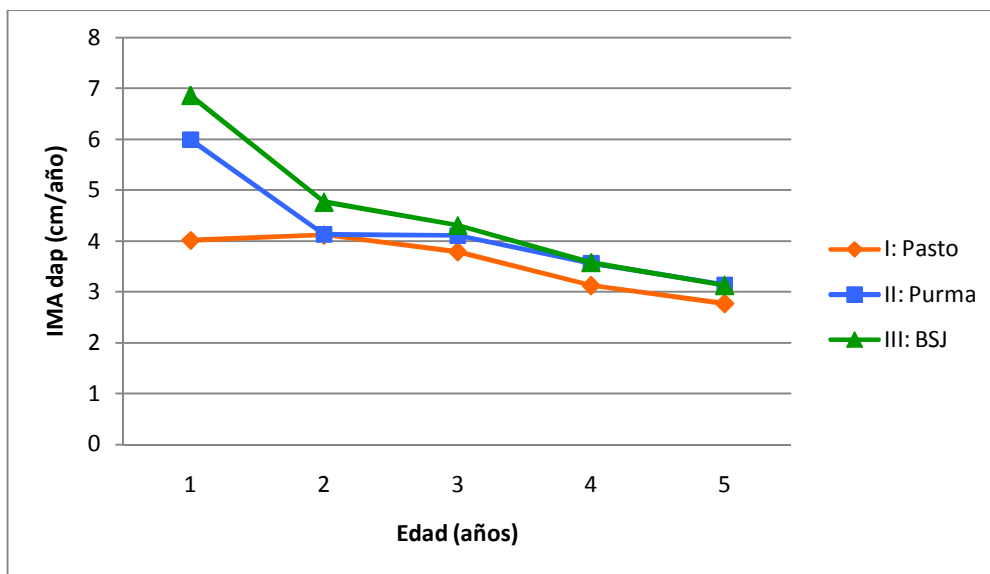
### 5.1. INCREMENTO MEDIO ANUAL EN DAP

En la Tabla 11 se muestran los valores del incremento medio anual en dap (IMA dap), para cada edad de medición. Los incrementos más altos se encuentran en el año 1, la parcela 15 del tratamiento III, cuenta con el mayor IMA dap (10 cm/año), mientras que el IMA dap más bajo (1,3 cm/año) pertenece a la parcela 4 del tratamiento I. A los cinco años el IMA dap más alto es de 4,1 cm/año y pertenece a la parcela 8 del tratamiento II y el más bajo es de 2,2 cm/año y pertenece a la parcela 1 del tratamiento I. Los valores más bajos en ambos años pertenecen a parcelas del tratamiento I, sin embargo, no es la misma parcela en ambos casos.

**Tabla 11: Incremento medio anual de dap (cm/año)**

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>IMA dap</i>	<i>IMA dap</i>	<i>IMA dap</i>	<i>IMA dap</i>	<i>IMA dap</i>
I	1	3,5	2,4	2,7	2,5	2,2
	4	1,3	4,0	4,1	3,7	3,5
	36	8,0	5,7	4,8	3,6	3,1
	44	4,3	4,2	3,9	3,0	2,8
	46	5,2	4,8	4,0	3,2	2,8
	47	4,3	4,0	3,8	3,1	2,7
	48	4,1	4,1	3,8	3,1	2,7
	49	3,9	3,8	3,7	3,1	2,8
	50	1,8	4,2	3,5	3,0	2,7
	52	3,7	4,2	3,5	2,8	2,5
II	6	8,7	4,6	4,6	4,7	4,0
	8	8,3	4,7	5,1	4,3	4,1
	11	9,3	5,6	4,7	4,0	3,5
	12	3,6	2,4	3,1	3,1	2,7
	23	3,7	2,2	3,2	3,0	2,5
	24	3,8	2,4	3,0	2,7	2,5
	29	6,8	4,8	4,8	3,7	3,3
	31	2,5	4,8	4,4	3,7	3,1
	33	7,8	5,5	4,6	3,5	3,2
	35	5,5	4,0	3,5	2,8	2,5
III	3	8,2	4,9	4,4	3,8	3,2
	14	8,7	4,9	4,5	3,9	3,3
	15	10,0	5,4	4,7	4,1	3,5
	21	6,6	4,1	3,8	3,3	2,8
	26	8,3	5,3	4,4	3,6	3,1
	32	1,7	4,1	4,1	3,3	2,9
	34	6,4	4,9	4,0	3,0	2,7
	37	6,1	4,1	4,1	3,4	3,3
	40	7,5	4,9	4,4	3,6	3,3
	41	5,2	5,1	4,5	3,7	3,2

En la Figura 14 se observa que el tratamiento con mayor incremento en dap durante el primer año es el tratamiento III, alcanzando un incremento medio anual en dap de 6,9 cm/año, seguido de 6,0 cm/año del tratamiento II y 4 cm/año del tratamiento I. El IMA decrece cada año y en el quinto año la diferencia de éste en los tres tratamientos es menor: en el tratamiento I el IMA en dap es de 2,8 cm/año y en los otros dos es de 3,1 cm/año.



**Figura 14:** IMA dap promedio por tratamiento para cada año de medición.

Al igual que los promedios de dap para los cinco años los valores obtenidos de IMA dap son menores que los reportados por Gonzales *et al.* citado por IIAP (2009), Angulo citado por Manturano (2007), Villachica *et al.* (1993) y Baldoceada *et al.* (1991).

## 5.2. INCREMENTO MEDIO ANUAL EN ALTURA TOTAL

En la Tabla 12 se muestran los valores del incremento medio anual en altura total (IMA ht), para cada edad de medición. Los incrementos más altos se encuentran en el año 1, la parcela 15 del tratamiento III, cuenta con el mayor IMA ht (9,0 m/año), mientras que el IMA ht más bajo (1,3 m/año) pertenece a la parcela 4 del tratamiento I.

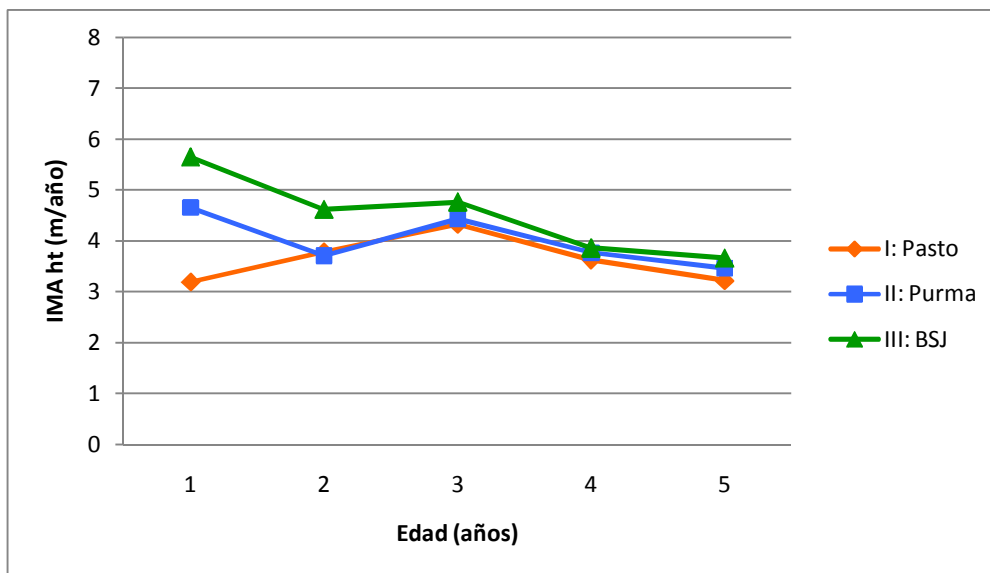
Para el año cinco el IMA ht más alto es de 4,3 m /año y pertenece a la parcela 8 del tratamiento II y el más bajo es de 2,5 m/año y pertenece a la parcela 1 del tratamiento I. Los incrementos en altura tienen el mismo comportamiento que los incrementos en dap.

**Tabla 12: Incremento medio anual de altura total (m/año)**

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N°PC</i>	<i>IMA ht</i>	<i>IMA ht</i>	<i>IMA ht</i>	<i>IMA ht</i>	<i>IMA ht</i>
I	1	1,6	1,9	3,1	2,8	2,5
	4	1,3	3,6	3,6	4,2	3,7
	36	6,5	5,4	5,6	4,4	3,5
	44	3,4	4,0	4,6	3,5	3,1
	46	3,9	4,8	5,3	3,8	3,3
	47	3,6	3,5	4,6	3,7	3,2
	48	3,4	3,5	4,2	3,4	3,2
	49	3,3	3,7	4,9	3,6	3,3
	50	1,8	3,5	3,6	3,3	3,2
	52	3,1	3,9	3,9	3,7	3,1
II	6	5,6	4,5	4,8	4,1	4,1
	8	7,5	4,2	5,0	4,8	4,3
	11	8,2	5,5	5,3	4,3	3,9
	12	2,8	1,9	3,4	2,9	2,5
	23	2,5	1,8	3,4	2,4	2,6
	24	2,6	1,9	3,3	2,7	2,8
	29	4,7	4,0	4,9	4,3	3,7
	31	2,4	4,7	5,2	4,1	3,5
	33	6,8	5,3	5,2	4,9	4,1
	35	3,3	3,2	3,8	3,1	2,9
III	3	7,0	5,1	4,6	3,9	3,7
	14	8,0	5,2	5,2	4,2	3,9
	15	9,0	5,5	5,3	4,0	3,9
	21	4,7	3,8	4,1	2,9	3,3
	26	6,5	4,4	5,0	3,1	3,2
	32	1,7	4,4	4,9	4,1	3,6
	34	5,1	4,5	4,6	4,0	3,6
	37	4,6	3,5	4,5	3,6	3,7
	40	6,1	4,6	4,6	4,3	3,6
	41	3,9	5,0	4,8	4,4	4,0

Se puede observar que en el primer año hay parcelas que han presentado incrementos bajos en comparación con otras parcelas de su mismo tratamiento, como lo indica Galloway (2004), esto puede deberse a que en el primer año estas parcelas han tenido mayores dificultades para adaptarse y producir follaje, raíces y otros tejidos necesarios, para sostener un buen desarrollo, luego de esto se recuperaron y sostienen un buen desarrollo.

En la Figura 15 se observa que el tratamiento con mayor incremento en altura total durante el primer año es el tratamiento III, alcanzando un incremento medio anual en altura total de 5,6 m/año, seguido de 4,6 m/año del tratamiento II y 3,2 m/año del tratamiento I. En el primer año las diferencias entre los tratamientos era mayores, sin embargo, ésta fueron reduciéndose con el transcurso de los años, en el año cinco el IMA ht del tratamiento I es de 3,2 m/año, del tratamiento II es de 3,5 m/año y del tratamiento III es 3,7 m/año.



**Figura 15: IMA ht promedio por tratamiento para cada año de medición.**

A los cinco años los valores obtenidos en IMA ht son menores que los reportados por Baldoceda *et al.* (1991) y mayores que los reportados por Villachica *et al.* (1993) y Vidaurre (1992).

### 5.3. INCREMENTO MEDIO ANUAL EN ÁREA BASAL

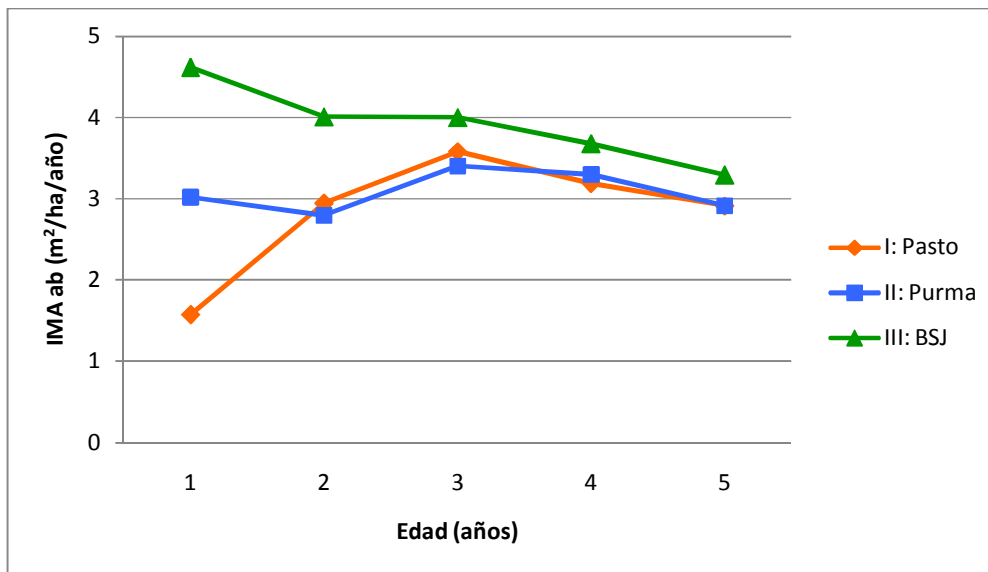
En la Tabla 13 se muestran los valores del incremento medio anual en área basal por hectárea (IMA ab), para cada edad de medición. Los incrementos más altos se encuentran en el primer año, la parcela 15 del tratamiento III cuenta con el mayor IMA ab (8,22 m<sup>2</sup>/ha/año), mientras que el IMA ab más bajo (0,05 m<sup>2</sup>/ha/año) pertenece a la parcela 4 del tratamiento I. Para el año cinco el IMA ab más alto es de 4,74 m<sup>2</sup>/ha/año y pertenece a la parcela 33 del tratamiento II y el más bajo es de 1,63 m<sup>2</sup>/ha/año y pertenece a la parcela 12 del tratamiento II.



**Tabla 13: Incremento medio anual de área basal (m<sup>2</sup>/ha/año)**

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>IMA ab</i>	<i>IMA ab</i>	<i>IMA ab</i>	<i>IMA ab</i>	<i>IMA ab</i>
I	1	0,29	0,72	1,82	2,00	1,88
	4	0,05	3,31	3,76	4,21	3,12
	36	5,43	5,50	5,80	4,42	4,09
	44	1,46	2,68	3,50	2,77	2,63
	46	2,50	4,16	4,44	3,83	3,49
	47	1,73	2,66	3,48	3,08	2,81
	48	1,54	2,84	3,77	3,22	2,96
	49	1,27	2,16	3,23	2,99	2,94
	50	0,23	2,34	2,70	2,58	2,46
	52	1,26	3,10	3,34	2,82	2,73
II	6	4,70	2,70	3,12	4,39	2,59
	8	4,12	2,56	3,48	3,32	2,71
	11	8,20	5,97	5,03	4,95	4,48
	12	0,59	0,58	1,45	1,81	1,63
	23	0,29	0,66	2,82	3,04	2,71
	24	0,69	0,74	2,28	2,22	2,30
	29	3,67	3,30	3,83	3,19	3,04
	31	0,47	3,68	3,35	3,18	2,89
	33	5,54	5,51	5,96	4,64	4,74
	35	1,93	2,29	2,73	2,28	2,09
III	3	5,68	4,02	3,66	3,59	3,23
	14	7,00	4,45	4,33	4,27	3,77
	15	8,22	4,82	4,61	4,58	4,12
	21	4,16	3,13	4,08	3,76	3,33
	26	6,06	4,75	5,10	4,52	3,88
	32	0,16	2,73	3,34	2,82	2,77
	34	3,86	4,21	4,21	3,33	3,11
	37	3,51	3,26	3,17	3,01	2,01
	40	5,05	4,06	3,58	3,25	3,11
	41	2,50	4,66	3,92	3,67	3,58

En la Figura 16 se observa que el tratamiento que presenta mayor IMA ab durante el primer año es el tratamiento III, alcanzando un IMA ab de 4,62 m<sup>2</sup>/ha/año, seguido de 3,02 m<sup>2</sup>/ha/año del tratamiento II y 1,58 m<sup>2</sup>/ha/año del tratamiento I. En el primer año las diferencias entre los tratamientos eran mayores, ésta diferencia fueron reduciéndose con el transcurso de los años, en el año cinco el IMA ab del tratamiento I es de 2,91 m<sup>2</sup>/ha/año, del tratamiento II es de 2,92 m<sup>2</sup>/ha/año y del tratamiento III es 3,29 m<sup>2</sup>/ha/año.



**Figura 16: IMA ab promedio por tratamiento para cada año de medición.**

En resumen a los cinco años las plantaciones alcanzaron en promedio 15,1 cm de dap, 17,2 m de altura total y 15,2 m<sup>2</sup>/ha de área basal. El IMA logrado en dap fue de 3 cm/año, en altura total de 3,4 m/año y en área basal de 3,04 m<sup>2</sup>/ha/año.

## 6. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

### 6.1. ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY

En la Tabla 14 se resumen los resultados obtenidos de las variables de crecimiento para cada uno de los tratamientos y edades bajo estudio. También se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). En los Anexos 4 al 10 se muestran los resultados completos del análisis de varianza y prueba Tukey para cada variable.

Con la prueba Tukey se obtuvo que en el primer año existe una diferencia significativa entre las variables de crecimiento de los tratamientos I (pasto) y III (bosque secundario joven), mientras que no existe evidencia significativa para afirmar que hay diferencias de crecimiento entre los tratamientos I (pasto) y II (purma) y los tratamientos II (purma) y III (bosque secundario joven).

**Tabla 14: Resultados del análisis de varianza y la prueba Tukey**

<i>Edad</i>	<i>Trata- miento</i>	<i>Número de árboles por ha</i>	<i>dap (cm)</i>	<i>IMA dap (cm/año)</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>IMA Altura total (m/año)</i>	<i>Área basal (m<sup>2</sup>/ha)</i>	<i>IMA Área basal (m<sup>2</sup>/ha/año)</i>
1	I	95% 1075 A	4,0 A	4,0 A	3,2 A	3,2 A	1,58 A	1,58 A
	II	87% 983 A	6,0 AB	6,0 A B	4,6 A B	4,6 A B	3,02 A B	3,02 A B
	III	93% 1092 A	6,9 B	6,9 B	5,6 B	5,6 B	4,62 B	4,62 B
2	I	90% 1025 A	8,2 A	4,1 A	7,6 A	3,8 A	5,89 A	2,95 A
	II	84% 952 A	8,3 A	4,1 A	7,4 A	3,7 A	5,60 A	2,80 A
	III	92% 1083 A	9,5 A	4,8 A	9,2 A	4,6 A	8,02 A	4,01 A
3	I	86% 970 A	11,4 A	3,8 A	13,0 A	4,3 A	10,75 A	3,58 A
	II	72% 819 A	12,3 A	4,1 A	13,3 A	4,4 A	10,21 A	3,40 A
	III	76% 896 A	12,9 A	4,3 A	14,3 A	4,8 A	12,00 A	4,00 A
4	I	85% 964 B	12,5 A	3,1 A	14,5 A	3,6 A	12,76 A	3,19 A
	II	71% 803 A	14,3 A	3,6 A	15,1 A	3,8 A	13,21 A	3,30 A
	III	76% 888 AB	14,3 A	3,6 A	15,4 A	3,9 A	14,71 A	3,68 A
5	I	81% 909 A	13,9 A	2,8 A	16,1 A	3,2 A	14,56 A	2,91 A
	II	64% 736 A	15,7 A	3,1 A	17,3 A	3,5 A	14,59 A	2,92 A
	III	71% 826 A	15,7 A	3,1 A	18,3 A	3,7 A	16,46 A	3,29 A

En el primer año las raíces de las plantas son débiles, dificultando su desarrollo si el suelo está compactado. El tratamiento I pertenece a zonas de pastura, y lo más probable es que el

suelo presentaba mayor compactación al momento de la plantación comparado con el tratamiento III que eran zonas de bosque secundario joven, suelos que llevan más tiempo recuperándose de las actividades antrópicas realizadas anteriormente.

Para los siguientes años las pruebas estadísticas mostraron que para todas las variables dasométricas no existe diferencia significativa en el crecimiento. Con el paso del tiempo las plantas van adaptándose mejor a las condiciones de sitio y las diferencias entre los tratamientos disminuyen.

## 6.2. CHI CUADRADO

Los resultados de la comparación para el dap se muestran en la Tabla 15. Se puede observar que en los valores del  $\chi^2$  calculado son menores que el  $\chi^2$  tabular, esto señala que no existe diferencia en cuanto al crecimiento de dap durante los cinco años. Cuanto más pequeño es el  $\chi^2$  calculado, menos diferencia presentan los tratamientos comparados. Por ello se puede decir que los tratamientos II y III presentan menor diferencia en cuanto a dap.

**Tabla 15: Prueba Chi cuadrado para dap.**

$\alpha = 0,05$	$g.l = 4$	$\chi^2_{tab} = 9,4877$
Variable	O - E	$\chi^2_{cal}$
dap	II - I	1,55
	III - II	0,35
	III - I	2,94

Los resultados de la comparación del IMA dap se muestran en la Tabla 16. Se puede observar que en los valores del  $\chi^2$  calculado son menores que el  $\chi^2$  tabular, esto señala que no existe diferencia en cuanto al IMA dap durante los cinco años.

**Tabla 16: Prueba Chi cuadrado para IMA dap.**

$\alpha = 0,05$	$g.l = 4$	$\chi^2_{tab} = 9,4877$
Variable	O - E	$\chi^2_{cal}$
IMA dap	II - I	1,11
	III - II	0,24
	III - I	2,31

Los resultados de la comparación de la altura total se muestran en la Tabla 17. Se puede observar que en los valores del  $\chi^2$  calculado son menores que el  $\chi^2$  tabular, esto señala que

no existe diferencia en cuanto al crecimiento en altura durante los cinco años. Cuanto más pequeño es el  $\chi^2$  calculado, menos diferencia presentan los tratamientos comparados.

**Tabla 17: Prueba Chi cuadrado para altura total.**

$\alpha = 0,05$	$g.l = 4$	$X^2_{tab} = 9,4877$
Variable	O - E	$X^2_{cal}$
ht	II - I	0,79
	III - II	0,81
	III - I	2,77

Los resultados de la comparación del IMA ht se muestran en la Tabla 18. Se puede observar que en los valores del  $\chi^2$  calculado son menores que el  $\chi^2$  tabular, esto señala que no existe diferencia en cuanto al IMA ht durante los cinco años. Cuanto más pequeño es el  $\chi^2$  calculado, menos diferencia presentan los tratamientos comparados.

**Tabla 18: Prueba Chi cuadrado para IMA altura total.**

$\alpha = 0,05$	$g.l = 4$	$X^2_{tab} = 9,4877$
Variable	O - E	$X^2_{cal}$
IMA ht	II - I	0,7
	III - II	0,48
	III - I	2,21

Los resultados de la comparación para el área basal se muestran en la Tabla 19. Se puede observar que en los valores del  $\chi^2$  calculado son menores que el  $\chi^2$  tabular, esto señala que no existe diferencia en cuanto al crecimiento en área basal durante los cinco años. Cuanto más pequeño es el  $\chi^2$  calculado, menos diferencia presentan los tratamientos comparados.

**Tabla 19: Prueba Chi cuadrado para área basal.**

$\alpha = 0,05$	$g.l = 4$	$X^2_{tab} = 9,4877$
Variable	O - E	$X^2_{cal}$
AB	II - I	1,38
	III - II	2,62
	III - I	7,34

De la comparación de los tratamientos III y I resultó un  $\chi^2$  calculado de 7,34 aunque este valor está por debajo del  $\chi^2$  tabular, es un valor alto en comparación de los demás valores de

$\chi^2$ , pero no es lo suficiente como para decir que la tendencia del área basal de estos tratamientos se comportan diferente.

Los resultados de la comparación del IMA ab se muestran en la Tabla 20. Se puede observar que en los valores del  $\chi^2$  calculado son menores que el  $\chi^2$  tabular, esto señala que no existe diferencia en cuanto al IMA ab durante los cinco años. Cuanto más pequeño es el  $\chi^2$  calculado, menos diferencia presentan los tratamientos comparados.

**Tabla 20: Prueba Chi cuadrado para IMA área basal.**

$\alpha = 0,05$	$g.l = 4$	$\chi^2_{tab} = 9,4877$
Variable	O - E	$\chi^2_{cal}$
IMA ab	II - I	1,35
	III - II	1,57
	III - I	6,44

Como en el caso anterior, de la comparación de los tratamientos III y I resultó un  $\chi^2$  calculado de 6,44 aunque este valor está por debajo del  $\chi^2$  tabular, es un valor alto en comparación de los demás valores de  $\chi^2$ , pero no es lo suficiente como para decir el IMA ab de estos tratamientos se comportan diferente.

Con los resultados obtenidos de las pruebas chi-cuadrado realizados para cada variable se demostró que no existe diferencia significativa entre los tres tratamientos para afirmar que el crecimiento de las variables dasométricas se ve influenciado con la cobertura inicial de la plantación.

A pesar de las diferencias de crecimiento encontradas en los primeros años, al finalizar el tercer año estas diferencias disminuyeron, habría que seguir observando el crecimiento para ver si se mantiene en el transcurso de los años hasta alcanzar el turno de corta que maneja la empresa (8 años, depende del producto final) y comparar los rendimientos del aprovechamiento.

## V. CONCLUSIONES

- 1) Se ha logrado determinar el incremento de la especie bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en plantaciones comerciales, lo que representa un aporte al conocimiento del crecimiento de esta especie en la zona.
- 2) Con la metodología propuesta el incremento medio anual en dap que se obtuvo resultó menor que los obtenidos por otros autores, mientras que el incremento medio anual en altura obtenido está dentro del rango encontrado en otros estudios. Con esto se confirma que el crecimiento está en función de las condiciones de sitio.
- 3) No se encontró diferencias en el crecimiento de la especie a lo largo de los cinco años a excepción del primer año, donde se encontraron algunas diferencias entre las zonas de pasto y bosque secundario joven.
- 4) De acuerdo con la metodología planteada y la información trabajada, la cobertura inicial de la plantación no afecta al crecimiento de esta especie en plantaciones comerciales.





## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es importante que el personal que tome los datos de la medición esté familiarizado con el uso de los instrumentos y sea cuidadoso en la recolección de la información.
- Se recomienda una rigurosa supervisión en la medición para evitar datos inconsistentes.
- Tener mayor detalle de las operaciones realizadas y a la vez homogenizarlas para disminuir posibles variaciones que afecten el crecimiento.
- Para determinar la influencia del suelo en el crecimiento de la especie y en la calidad de sitio, se recomienda realizar estudios acerca de las propiedades físicas y químicas del mismo.
- Para conocer mejor el crecimiento y desarrollo de la bolaina blanca se recomienda continuar con el análisis hasta el turno de corta final.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). 2009. Cuencas hidrográficas (en línea). Lima, PE. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en <http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/download.aspx>
- Arce, R. 2015. Mapeo de los principales actores de plantaciones forestales con fines comerciales. Lima, PE, SERFOR. 80 p. (Documento de trabajo).
- Aróstegui, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Lima, PE, Ministerio de Agricultura. 57 p. (Documento de trabajo n° 2).
- Baldoceca, R; Pinedo, J; Castillo, A; Vidaurre, H. 1991. Silvicultura de la bolaina blanca. Pucallpa, PE, INIA. 38 p. (Temas Forestales n° 10).
- Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, JA; Robledo, CW. 2008. Manual del Usuario InfoStat. Córdoba, AR, Brujas. 336 p.
- Brown, C. 2000. Perspectivas mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones forestales. Roma, IT, FAO. 152 p. (Documento de trabajo No: GFPOS/WP/03)
- Cabrera, C. 2003. Plantaciones forestales: Oportunidades para el desarrollo sostenible. Guatemala, IARNA-URL. 20 p. (Serie de documentos técnicos n°. 06)
- Cancino, J. 2006. Dendrometría básica. Concepción, CL, UDEC. 163 p.
- Congreso de la República del Perú. 1984. Ley N° 23994, Crean en el departamento de Huánuco, la provincia de Puerto Inca. Diario Oficial El Peruano. 19 nov.
- \_\_\_\_\_. 2011. Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763. Diario Oficial El Peruano. 22 jul.
- Córdova, N; Barrena, V. 1993. Regeneración natural de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, en bosques secundarios de Nueva Requena, Pucallpa. Revista Forestal del Perú 10(1): 13-22.

- Corral, S. 1999. Tecnologías matemáticas para el desarrollo de modelos de crecimiento de bosques mixtos e irregulares de Durango, México. Tesis Mag. Sc. Nuevo León, MX, Universidad Autónoma de Nuevo León. 140 p.
- Dancé, J; Kómetter, R. 1984. Algunas características dasométricas en los diferentes estadios del bosque secundario. *Revista Forestal del Perú* 12 (1-2): 1-15.
- DGFFS (Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, PE).2009. Perú Forestal en números año 2008. Lima, PE. 67 p.
- \_\_\_\_\_. 2010. Perú Forestal en números año 2009. Lima, PE. 64 p.
- \_\_\_\_\_. 2011. Perú Forestal en números año 2010. Lima, PE. 65 p.
- \_\_\_\_\_. 2012. Perú Forestal en números año 2011. Lima, PE. 128 p.
- \_\_\_\_\_. 2013. Perú Forestal en números año 2012. Lima, PE. 204 p.
- \_\_\_\_\_. 2014. Perú Forestal en números año 2013. Lima, PE. 212 p.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Gonzalez, LA; Tablada, EM; Díaz, MP; Robledo, CW; Balzarini, MG. 2008. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Córdoba, AR, Brujas. 356 p.
- Dourojeanni, M. 1987. Aprovechamiento del barbecho forestal en áreas de agricultura migratoria en la Amazonía peruana. *Revista Forestal del Perú* 14 (2): 1-33.
- DRA Huánuco (Dirección Regional de Agricultura Huánuco, PE). 2010 - 2014. Informe de datos meteorológicos estación Puerto Inca (en línea). Huánuco, PE. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en <http://www.huanucoagrario.gob.pe/index.php/meteorologia/estaciones/estacion-puerto-inca>
- Elera, D. 2016. Monitoreo de plantaciones y los modelos de crecimiento de *Guazuma crinita*. Puerto Inca, PE, RAMSA. Sin publicar. (Documento Técnico Interno).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000: informe principal. Roma, IT. 468 p. (Estudio FAO Montes 140)
- \_\_\_\_\_. 2006. Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y El Caribe. Roma, IT. 178 p. (Estudio FAO Montes 148)

- \_\_\_\_\_. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: informe principal. Roma, IT. 346 p. (Estudio FAO Montes 163)
- \_\_\_\_\_. 2015a. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015: compendio de datos. Roma, IT. 245 p.
- \_\_\_\_\_. 2015b. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015: ¿cómo están cambiando los bosques del mundo? Roma, IT. 47 p.
- Finegan, B; Sabogal, C. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura. Un estudio de caso en Costa Rica. El Chasqui 17: 3-24.
- Flores, Y. 2002. Crecimiento y productividad de plantaciones de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el bosque Alexander von Humboldt, Amazonía Peruana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 137 p.
- Flores, Y. 2007. Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.). Pucallpa, PE, INIA. 8 p.
- FONAM (Fondo Nacional del Ambiente, PE). 2007. Guía práctica para la instalación y manejo de plantaciones forestales. Lima, PE. 46 p.
- Gadow, K von; Sánchez, S; Álvarez, JG. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. Lugo, ES, UNICOPIA. 287 p.
- Galloway, G. 2004. Dinámica de rodales. Turrialba, CR, CATIE. 20 p.
- Groothousen, C; Alvarado, C. 2000. Las parcelas de muestreo permanente: bases para estudios de crecimiento y rendimiento en bosques de pino en Honduras. Siguatepeque, HN, AFE-COHDEFOR. 84 p.
- Guariguata MR, Arce J, Ammour T; Capella JL. 2017. Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. Bogor, ID, CIFOR. 29 p. (Documento Ocasional 169).
- Guerra, WF. 2007. Elaboración de tabla de volumen comercial de *Guazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) procedente de una plantación experimental con diferentes anchos de faja, Alexander von Humboldt, Ucayali. Tesis Ing. Forestal. Pucallpa, PE, UNU. 85 p.
- Hynynen, J. 2011. Conceptos básicos para la modelación del crecimiento forestal. Revista Recursos Naturales y Ambiente (64): 22-27.

- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, PE). 2009. Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de bolaina blanca, *Guazuma crinita*, en el departamento de Ucayali. Iquitos, PE. 51 p. (Avance Económico n° 11).
- Imaña, J; Encinas, O. 2008. Epidometría forestal. Brasilia, BR, Universidad de Brasilia. 68 p.
- \_\_\_\_\_; Silva, GF da; Pinto, JRR. 2005. Idade e crescimento das árvores. Brasília, BR, Universidade de Brasília. 40 p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2007a. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Lima, PE. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <http://desa.inei.gob.pe/censos2007/tabulados/>
- \_\_\_\_\_. 2007b. Límites departamentales, provinciales y distritales (en línea). Lima, PE. Consultado 13 feb. 2017. Disponible en <http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/download.aspx>
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, PE)/ OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, JP) 1996. Manual de identificación de especies forestales de la Subregión Andina. Lima, PE. 489 p.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, PE). 2008. Perú forestal en números año 2007. Lima, PE. 70 p.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2 ed. Chapingo, MX, Universidad Autónoma Chapingo. 297 p.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 265 p. (Manual Técnico n° 46)
- Manturano, GD. 2007. Contribución al conocimiento silvicultural de las especies forestales establecidas con fines de producción maderera en la provincia de Satipo. Tesis Mag. Sc. Lima, PE, UNALM. 218 p.
- MAQUIWOOD. s.f. Productos sitio web (en línea). Perú. Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <http://www.maquiwood.pe>

- Monge, JF; Juan, AA. s.f. Estadística no paramétrica: Prueba Chi cuadrado  $\chi^2$  (en línea). Cataluña, ES, UOC. 20 p. Consultado 8 oct. 2016. Disponible en [https://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Chi\\_cuadrado.pdf](https://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Chi_cuadrado.pdf)
- Montagnini, F. 2004. Plantaciones forestales con especies nativas. Revista Recursos Naturales y Ambientales (43): 28-35.
- Montgomery, DC. 2004. Diseño y análisis de experimentos. 2 ed. México DF, MX, Limusa Wiley. 686 p.
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, PE). s.f. Plan vial de la Provincia de Puerto Inca, versión final. PROVIAS RURAL (en línea). Perú. 134 p. Consultado 24 may. 2017. Disponible en [http://www.proviasdes.gob.pe/planes/huanuco/pvpp/PVPP\\_Puerto\\_Inca.pdf](http://www.proviasdes.gob.pe/planes/huanuco/pvpp/PVPP_Puerto_Inca.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2016. Red vial nacional (en línea). 2017. Lima, PE. Consultado 20 may. 2017. Disponible en <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html>
- Muñoz, F. 2014. Presente y futuro del sector forestal peruano: el caso de las concesiones y las plantaciones forestales (en línea). Lima, PE, DGFFS. 32 p. Consultado 14 abr. 2015. Disponible en <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Seminarios/2014/forestal/forestal-2014-munoz.pdf>
- Musálem, MA. 2006. Silvicultura de plantaciones forestales comerciales. Chapingo, MX, Universidad Autónoma de Chapingo. 213 p.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, PE). 1966. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona del río Pachitea. Lima, PE. 233 p.
- \_\_\_\_\_. 1976. Mapa Ecológico del Perú. Lima, PE. Esc. 1: 1.000.000. Color.
- Philip, MS. 1994. Measuring Trees and Forests. 2 ed. Wallingford, UK, CAB International. 310 p.
- PLANTAR (Consortio Agroforestal SAC, PE). s.f. Quienes somos sitio web(en línea). Perú. Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <http://plantarperu.com>

- Putzel, L; Cronkleton, P; Larson, A; Pinedo, M; Salazar, O; Sears, R. 2013. Producción y comercialización de bolaina (*Guazuma crinita*), una especie amazónica de rápido crecimiento (en línea). Lima, PE, CIFOR. 6 p. (Boletín Brief n° 25). Consultado 26 may. 2015. Disponible en [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/infobrief/4483-infobrief.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/infobrief/4483-infobrief.pdf)
- RAMSA (Reforestadora Amazónica SA, PE). 2015. Inversiones en reforestación sostenible sitio web (en línea). Perú. Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <http://reforestadoraamazonica.com>
- REFOLASA (Reforestadora Latinoamericana SA, PE). s.f. Información general sitio web (en línea). Perú. Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <http://www.refolasa.com>
- Reynel, C; Pennington, RT; Pennington, TD; Flores, C; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Lima, PE, ICRAF. 509 p. (DARWIN INITIATIVE Project 09/017)
- Rosero, J. 2012. Análisis dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque Seco Ecuatorial Estacional. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE, UNALM. 103 p.
- Scheelje, M. 2015. Plantaciones comerciales de bolaina blanca en Puerto Inca (comunicación oral). Puerto Inca, PE, RAMSA.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, PE). 2015. Perú forestal en números 2014. Lima, PE. 204 p.
- \_\_\_\_\_. 2016a. Lineamiento de política de inversión pública en desarrollo forestal 2015-2021. Lima, PE. 32 p.
- \_\_\_\_\_. 2016b. Perú forestal en números 2015. Lima, PE. 206 p.
- Torres, JM; Magaña OS. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. México DF, MX, Limusa. 472 p.
- Ugalde, LA. 2003. Guía para 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 MiraSilv. Turrialba, CR, CATIE. 18 p.
- Vega, E; Vargas, A; Ángeles, H; Febres, G; Valencia, R. 2014. Libro de texto del Curso Métodos Estadísticos para la Investigación I. Lima, PE, DEI-UNALM. 238 p.



- Vidaurre, HE. 1992. Silvicultura y manejo de *Guazuma crinita* Mart. Programa Suelos Tropicales. Ucayali, PE, INIAA. 22 p.
- Villachica, H; Julca, A; Alván, G; Canchucaja, J; Parraga, R. 1993. Evaluación de tres especies forestales de rápido crecimiento para embalaje de frutas. Lima, PE, FUNDEAGRO. 43 p.
- Wadsworth, FH. 2000. Producción Forestal para América tropical. Washington, US, USDA Forest Service. 601 p. (Manual de Agricultura 7 10-S).
- Wightman, KE; Cornelius, JP; Ugarte, LJ. 2006. ¡Plantemos Madera! : manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para productores de la Amazonía peruana. Lima, PE, ICRAF. 193 p. (Manual técnico n° 4)



## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1

#### CLASIFICACIÓN DE TODAS LAS PARCELAS SEGÚN TRATAMIENTO

<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>
I	1	II	11	III	17
I	4	II	12	III	18
I	5	II	23	III	19
I	36	II	24	III	20
I	44	II	27	III	21
I	45	II	29	III	22
I	46	II	30	III	25
I	47	II	31	III	26
I	48	II	33	III	28
I	49	II	35	III	32
I	50	III	2	III	34
I	51	III	3	III	37
I	52	III	10	III	38
II	6	III	13	III	39
II	7	III	14	III	40
II	8	III	15	III	41
II	9	III	16	III	42
				III	43

*FUENTE: Elaboración propia*

## ANEXO 2

### ÁREA BASAL (m<sup>2</sup>) POR PARCELA DURANTE LOS CINCO AÑOS

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>AB</i>	<i>AB</i>	<i>AB</i>	<i>AB</i>	<i>AB</i>
I	1	0,03	0,13	0,49	0,72	0,85
	4	0,00	0,50	0,86	1,28	1,19
	36	0,49	0,98	1,56	1,58	1,83
	44	0,13	0,47	0,92	0,97	1,16
	46	0,22	0,73	1,17	1,34	1,53
	47	0,15	0,47	0,92	1,08	1,24
	48	0,14	0,52	1,04	1,18	1,35
	49	0,12	0,39	0,88	1,08	1,33
	50	0,02	0,42	0,73	0,93	1,11
	52	0,12	0,58	0,94	1,06	1,28
II	6	0,45	0,52	0,90	1,69	1,25
	8	0,41	0,51	1,04	1,32	1,34
	11	0,67	0,98	1,24	1,63	1,84
	12	0,05	0,10	0,37	0,61	0,69
	23	0,03	0,11	0,74	1,06	1,18
	24	0,06	0,12	0,56	0,73	0,95
	29	0,30	0,55	0,95	1,06	1,26
	31	0,05	0,72	0,98	1,24	1,41
	33	0,48	0,95	1,53	1,59	2,03
	35	0,17	0,40	0,72	0,80	0,92
III	3	0,52	0,74	1,01	1,32	1,48
	14	0,57	0,73	1,06	1,39	1,54
	15	0,71	0,84	1,20	1,59	1,79
	21	0,33	0,50	0,98	1,20	1,33
	26	0,53	0,82	1,33	1,57	1,68
	32	0,01	0,46	0,84	0,95	1,17
	34	0,33	0,73	1,09	1,15	1,34
	37	0,29	0,53	0,78	0,98	0,82
	40	0,45	0,72	0,95	1,15	1,38
	41	0,22	0,80	1,01	1,26	1,54

*FUENTE: Elaboración propia*

### ANEXO 3

#### NÚMERO DE ÁRBOLES VIVOS POR PARCELA DURANTE LOS CINCO AÑOS

<i>Edad</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>N° PC</i>	<i>N° Arb</i>	<i>N° Arb</i>	<i>N° Arb</i>	<i>N° Arb</i>	<i>N° Arb</i>
I	1	100	90	84	82	78
	4	99	97	72	72	48
	36	95	94	93	93	92
	44	82	81	77	77	71
	46	100	99	98	97	96
	47	90	89	86	86	84
	48	95	94	93	93	91
	49	88	87	82	82	81
	50	99	74	77	76	74
	52	100	98	96	95	93
II	6	73	73	59	59	38
	8	78	71	57	57	40
	11	96	96	78	78	76
	12	71	60	48	48	47
	23	92	91	91	88	80
	24	87	87	81	76	70
	29	84	82	58	57	55
	31	95	95	72	71	70
	33	97	97	97	97	95
	35	92	85	78	74	72
III	3	94	94	71	71	70
	14	93	93	72	71	70
	15	89	88	74	74	72
	21	91	91	89	86	83
	26	94	93	90	89	85
	32	92	87	68	67	66
	34	94	93	91	91	86
	37	96	94	65	65	38
	40	94	93	69	69	63
	41	94	97	74	74	72

*FUENTE: Elaboración propia*

## ANEXO 4

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY PARA EL N° ÁRBOLES POR HECTÁREA

Edad: 1 año

N° árb/ha

Edad Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1.00 N° árb/ha	30	0.19	0.13	9.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	68583.74	2	34291.87	3.12	0.0602
Error	296400.49	27	10977.80		
Total	364984.23	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=116.17756

Error: 10977.7959 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	983.33	10	33.13 A
I	1075.20	10	33.13 A
III	1092.17	10	33.13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Edad: 2 años

N° árb/ha

Edad Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2.00 N° árb/ha	30	0.17	0.11	12.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	86143.23	2	43071.62	2.85	0.0752
Error	407776.43	27	15102.83		
Total	493919.66	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=136.26800

Error: 15102.8306 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	951.71	10	38.86 A
I	1024.80	10	38.86 A
III	1082.67	10	38.86 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 3 años

N° árb/ha

Edad Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3.00 N° árb/ha	30	0.16	0.10	16.46

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	113171.67	2	56585.84	2.61	0.0921
Error	585600.60	27	21688.91		
Total	698772.27	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=163.29902

Error: 21688.9112 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	819.16	10	46.57 A
III	895.64	10	46.57 A
I	969.60	10	46.57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 4 años

N° árb/ha

Edad Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4.00 N° árb/ha	30	0.20	0.14	15.93

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	130031.24	2	65015.62	3.27	0.0534
Error	536441.61	27	19868.21		
Total	666472.85	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=156.29462

Error: 19868.2077 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	802.83	10	44.57 A
III	888.32	10	44.57 A B
I	964.00	10	44.57 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Edad: 5 años

N° árb/ha

Edad Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
5.00 N° árb/ha	30	0.14	0.08	22.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	150371.69	2	75185.85	2.25	0.1246
Error	901654.31	27	33394.60		
Total	1052026.00	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=202.62958

Error: 33394.6039 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	735.74	10	57.79 A
III	826.28	10	57.79 A
I	909.10	10	57.79 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



## ANEXO 5

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY PARA EL DAP

#### Edad: 1 año

dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1.00	dap	30	0.24	0.19	39.50

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	42.80	2	21.40	4.34	0.0232
Error	133.16	27	4.93		
Total	175.96	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.46244

Error: 4.9318 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I	4.01	10	0.70	A
II	5.99	10	0.70	A B
III	6.87	10	0.70	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Edad: 2 años

dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2.00	dap	30	0.11	0.04	21.49

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	11.08	2	5.54	1.59	0.2216
Error	93.85	27	3.48		
Total	104.93	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.06723

Error: 3.4758 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I	8.23	10	0.59	A
II	8.26	10	0.59	A
III	9.54	10	0.59	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 3 años

dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3.00	dap	30	0.14	0.08	13.91

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	12.56	2	6.28	2.18	0.1327
Error	77.82	27	2.88		
Total	90.37	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.88245

Error: 2.8822 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	11.36	10	0.54 A
II	12.31	10	0.54 A
III	12.93	10	0.54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 4 años

dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4.00	dap	30	0.18	0.12	13.82

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	21.49	2	10.75	3.00	0.0665
Error	96.66	27	3.58		
Total	118.16	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.09805

Error: 3.5801 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	12.49	10	0.60 A
II	14.26	10	0.60 A
III	14.31	10	0.60 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Edad: 5 años

dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
5.00	dap	30	0.15	0.09	14.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	21.78	2	10.89	2.36	0.1133
Error	124.45	27	4.61		
Total	146.24	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.38061

Error: 4.6094 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	13.87	10	0.68 A
III	15.66	10	0.68 A
II	15.70	10	0.68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## ANEXO 6

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY PARA EL IMA DAP

#### Edad: 1 año

##### Ima dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1.00	Ima dap	30	0.24	0.19	39.50

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	42.80	2	21.40	4.34	0.0232
Error	133.16	27	4.93		
Total	175.96	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.46244

Error: 4.9318 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	4.01	10	0.70 A
II	5.99	10	0.70 A B
III	6.87	10	0.70 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Edad: 2 años

##### Ima dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2.00	Ima dap	30	0.10	0.04	21.39

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.66	2	1.33	1.54	0.2325
Tratamiento	2.66	2	1.33	1.54	0.2325
Error	23.34	27	0.86		
Total	26.00	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.03083

Error: 0.8643 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	4.13	10	0.29 A
I	4.14	10	0.29 A
III	4.77	10	0.29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 3 años

Ima dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3.00	Ima dap	30	0.14	0.08	14.01

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.43	2	0.72	2.21	0.1294
Error	8.76	27	0.32		
Total	10.19	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63166

Error: 0.3245 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

I 3.78 10 0.18 A

II 4.10 10 0.18 A

III 4.31 10 0.18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Edad: 4 años

Ima dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4.00	Ima dap	30	0.19	0.13	13.81

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.42	2	0.71	3.19	0.0572
Error	6.01	27	0.22		
Total	7.43	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.52325

Error: 0.2227 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

I 3.11 10 0.15 A

II 3.56 10 0.15 A

III 3.58 10 0.15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Edad: 5 años

Ima dap

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
5.00	Ima dap	30	0.15	0.08	14.21

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.84	2	0.42	2.29	0.1204
Error	4.96	27	0.18		
Total	5.81	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.47547

Error: 0.1839 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	2.78	10	0.14 A
III	3.13	10	0.14 A
II	3.14	10	0.14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## ANEXO 7

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY PARA LA ALTURA TOTAL

Edad: 1 año

ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1.00	ht	30	0.22	0.17	44.15

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	30.60	2	15.30	3.88	0.0329
Error	106.36	27	3.94		
Total	136.97	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.20080

Error: 3.9394 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	3.19	10	0.63 A
II	4.65	10	0.63 A B
III	5.65	10	0.63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Edad: 2 años

ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2.00	ht	30	0.15	0.08	25.98

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	20.51	2	10.26	2.33	0.1163
Error	118.69	27	4.40		
Total	139.21	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.32486

Error: 4.3961 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	7.41	10	0.66 A
I	7.57	10	0.66 A
III	9.24	10	0.66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 3 años

ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3.00	ht	30	0.07	4.2E-03	15.61

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	9.45	2	4.73	1.06	0.3601
Error	120.30	27	4.46		
Total	129.75	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.34053

Error: 4.4555 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

I 12.98 10 0.67 A

II 13.28 10 0.67 A

III 14.29 10 0.67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 4 años

ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4.00	ht	30	0.02	0.00	17.44

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4.39	2	2.19	0.32	0.7281
Error	184.50	27	6.83		
Total	188.89	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.89857

Error: 6.8334 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

I 14.49 10 0.83 A

II 15.05 10 0.83 A

III 15.42 10 0.83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



## Edad: 5 años

ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
5.00	ht	30	0.15	0.08	13.34

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	24.26	2	12.13	2.30	0.1196
Error	142.39	27	5.27		
Total	166.65	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.54641

Error: 5.2738 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

I 16.08 10 0.73 A

II 17.29 10 0.73 A

III 18.28 10 0.73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## ANEXO 8

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY PARA EL IMA ALTURA TOTAL

#### Edad: 1 año

Ima ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1.00	Ima ht	30	0.22	0.17	44.15

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	30.60	2	15.30	3.88	0.0329
Error	106.36	27	3.94		
Total	136.97	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.20080

Error: 3.9394 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	3.19	10	0.63 A
II	4.65	10	0.63 A B
III	5.65	10	0.63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Edad: 2 años

Ima ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2.00	Ima ht	30	0.15	0.09	25.95

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	5.15	2	2.58	2.35	0.1145
Error	29.60	27	1.10		
Total	34.75	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.16098

Error: 1.0963 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	3.70	10	0.33 A
I	3.78	10	0.33 A
III	4.62	10	0.33 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 3 años

Ima ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3.00	Ima ht	30	0.07	1.3E-03	15.56

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.00	2	0.50	1.02	0.3745
Error	13.30	27	0.49		
Total	14.31	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.77829

Error: 0.4927 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I	4.34	10	0.22	A
II	4.43	10	0.22	A
III	4.76	10	0.22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 4 años

Ima ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4.00	Ima ht	30	0.02	0.00	17.34

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.23	2	0.12	0.27	0.7619
Error	11.44	27	0.42		
Total	11.67	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.72172

Error: 0.4237 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I	3.64	10	0.21	A
II	3.76	10	0.21	A
III	3.85	10	0.21	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 5 años

Ima ht

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
5.00	Ima ht	30	0.15	0.09	13.38

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.00	2	0.50	2.35	0.1143
Error	5.73	27	0.21		
Total	6.72	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51066

Error: 0.2121 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

I 3.21 10 0.15 A

II 3.46 10 0.15 A

III 3.66 10 0.15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## ANEXO 9

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY PARA EL ÁREA BASAL POR HECTÁREA

Edad: 1 año

AB/ha

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1.00	AB/ha	30	0.26	0.20	72.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	46.37	2	23.19	4.67	0.0182
Error	134.16	27	4.97		
Total	180.53	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.47173

Error: 4.9690 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	1.58	10	0.70 A
II	3.02	10	0.70 A B
III	4.62	10	0.70 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Edad: 2 años

AB/ha

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2.00	AB/ha	30	0.14	0.08	42.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	34.94	2	17.47	2.29	0.1210
Error	206.32	27	7.64		
Total	241.26	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.06517

Error: 7.6415 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	5.60	10	0.87 A
I	5.89	10	0.87 A
III	8.02	10	0.87 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 3 años

AB/ha

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3.00	AB/ha	30	0.06	0.00	27.95

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	16.88	2	8.44	0.90	0.4204
Error	254.64	27	9.43		
Total	271.52	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.40520

Error: 9.4310 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

II 10.21 10 0.97 A

I 10.75 10 0.97 A

III 12.00 10 0.97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Edad: 4 años

AB/ha

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4.00	AB/ha	30	0.07	0.00	24.57

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	20.94	2	10.47	0.94	0.4020
Error	299.79	27	11.10		
Total	320.73	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.69479

Error: 11.1033 gl: 27

Tratamiento Medias n E.E.

I 12.76 10 1.05 A

II 13.21 10 1.05 A

III 14.71 10 1.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Edad: 5 años

AB/ha

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
5.00	AB/ha	30	0.06	0.00	24.64

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	23.76	2	11.88	0.85	0.4400
Error	379.02	27	14.04		
Total	402.78	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.15443

Error: 14.0376 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	14.56	10	1.18 A
II	14.59	10	1.18 A
III	16.46	10	1.18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )





## ANEXO 10

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY PARA EL IMA ÁREA BASAL

Edad: 1 año

Ima ab

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1.00	Ima ab	30	0.26	0.20	72.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	46.37	2	23.19	4.67	0.0182
Error	134.16	27	4.97		
Total	180.53	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.47173

Error: 4.9690 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	1.58	10	0.70 A
II	3.02	10	0.70 A B
III	4.62	10	0.70 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Edad: 2 años

Ima ab

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
2.00	Ima ab	30	0.14	0.08	42.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	8.73	2	4.37	2.28	0.1213
Error	51.64	27	1.91		
Total	60.37	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.53342

Error: 1.9125 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	2.80	10	0.44 A
I	2.95	10	0.44 A
III	4.01	10	0.44 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Edad: 3 años

Ima ab

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
3.00	Ima ab	30	0.06	0.00	27.95

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.88	2	0.94	0.90	0.4202
Error	28.28	27	1.05		
Total	30.16	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.13481

Error: 1.0474 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
II	3.40	10	0.32 A
I	3.58	10	0.32 A
III	4.00	10	0.32 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 4 años

Ima ab

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4.00	Ima ab	30	0.07	0.00	24.56

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.30	2	0.65	0.94	0.4031
Error	18.72	27	0.69		
Total	20.03	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.92335

Error: 0.6934 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	3.19	10	0.26 A
II	3.30	10	0.26 A
III	3.68	10	0.26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Edad: 5 años

Ima ab

Edad	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
5.00	Ima ab	30	0.06	0.00	24.64

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.95	2	0.48	0.85	0.4390
Error	15.15	27	0.56		
Total	16.10	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.83063

Error: 0.5612 gl: 27

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	2.91	10	0.24 A
II	2.92	10	0.24 A
III	3.29	10	0.24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

