

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**"Análisis del Crecimiento en
Plantaciones de *Pinus radiata* en
Inkawasi, Lambayeque"**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Rocío Del Pilar Aldana Montero

Lima – Perú
2012

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. **ROCÍO DEL PILAR ALDANA MONTERO**, intitulado “ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO EN PLANTACIONES DE *PINUS RADIATA* EN INKAWASI, LAMBAYEQUE”.

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, 5 de junio de 2012

.....
Ing. Wilfredo Salvino Ojeda Ojeda
Presidente

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

.....
Ing. Kethy Liz Martínez Castro
Miembro

.....
Ing. Victor Manuel Barrena Arroyo
Patrocinador

.....

RESUMEN

En el presente estudio se ha desarrollado el análisis del crecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* en el caserío de Marayhuaca, distrito de Inkawasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

Para la ejecución de este estudio se evaluaron las plantaciones instaladas desde el año 1996 hasta el 2008. Se instalaron 97 parcelas de 25 m x 25 m cubriendo toda el área donde se encuentran la mayoría de las plantaciones. Se georreferenció y se tomó datos de área y perímetro de cada una de ellas.

Para la predicción del crecimiento, a los individuos que tuvieron más de 5 cm de diámetro, se les tomó dos datos de diámetro a la altura de pecho (cm), perpendiculares entre si, y la altura total (m). Mientras que a los individuos con un diámetro menor a 5 cm, se les tomó solamente la altura total (m).

Para la predicción del volumen total de la plantación, se tomó una sub-muestra de 50 individuos (5 individuos en 10 parcelas distintas). Los fustes en pie fueron divididos en 6 secciones, en la sección 1 se tomó el dap, mientras que en las secciones por encima del dap se tomó el diámetro en el extremo superior de las mismas.

En cuanto al modelo matemático para la predicción del volumen total de la plantación, luego de probar distintos modelos en el programa estadístico MINITAB, se encontró que la función $V = 0,00423 + 0,000027dap^2h$ fue la que mejor determinó la estimación del volumen total de la plantación.

En lo que respecta a los modelos de crecimiento para el diámetro, área basal y altura y luego de haber probado distintos modelos en el programa estadístico MINITAB, se encontró que las siguientes funciones fueron las que mejor determinaron el crecimiento de cada uno de esos parámetros respectivamente:

$$dap = b_0 + b_1E + b_2E^2$$

$$dap = 24,1 - 4,47 + 0,326Edad^2$$

$$AB = 17856 - 4081Edad + 313Edad^2$$

$$H = -0,752 + 3,45lnEdad$$

$AB = b_0 + b_1E + b_2E^2$ Asimismo, se clasificaron las unidades muestrales de acuerdo a clases de sitio. Para ello se utilizó la metodología de Alder, con lo cual se encontraron 3 clases de sitio.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE.....	VIII
LISTA DE CUADROS.....	X
LISTA DE FIGURAS	XI
1. INTRODUCCIÓN	12
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1 PLANTACIONES FORESTALES	14
2.1.1 <i>Objetivos de las plantaciones forestales.....</i>	<i>14</i>
2.1.2 <i>Productos y beneficios de las plantaciones forestales</i>	<i>15</i>
2.2 SITIO	15
2.2.1 <i>evaluación de la calidad de sitio</i>	<i>16</i>
2.3 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO	16
2.3.1 <i>Métodos directos.....</i>	<i>16</i>
2.3.2 <i>métodos indirectos.....</i>	<i>16</i>
2.3.3 <i>CURVAS de índice de sitio.....</i>	<i>18</i>
2.4 CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES	20
2.4.1 <i>FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO.....</i>	<i>22</i>
2.4.2 <i>PATRÓN DEL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO.....</i>	<i>24</i>
2.4.3 <i>Evaluación del crecimiento.....</i>	<i>24</i>
2.4.4 <i>métodos para el cálculo del crecimiento.....</i>	<i>25</i>
2.4.5 <i>IMPORTANCIA DEL CRECIMIENTO Y LA ESTRUCTURA PARA EL MANEJO FORESTAL....</i>	<i>26</i>
2.4.6 <i>PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO.....</i>	<i>26</i>
2.5 MODELOS DE CRECIMIENTO.....	27
2.6 PLANTACIONES FORESTALES EN PERÚ.....	28
2.7 ESTUDIOS DE SITIO Y CRECIMIENTO REALIZADOS EN PERÚ.....	30
2.8 PINUS RADIATA.....	32
2.8.1 <i>Clasificación Sistemática y Descripción Botánica.....</i>	<i>32</i>
2.8.2 <i>Fenología</i>	<i>33</i>
2.8.3 <i>silvicultura.....</i>	<i>33</i>
2.8.4 <i>distribución y habitat.....</i>	<i>33</i>
2.8.5 <i>Anatomía de la madera.....</i>	<i>34</i>
2.8.6 <i>PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS</i>	<i>34</i>
2.8.7 <i>usos.....</i>	<i>35</i>
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1 ZONA DE ESTUDIO	36
3.1.1 <i>Ubicación política y geográfica.....</i>	<i>36</i>
3.1.2 <i>Altitud.....</i>	<i>37</i>
3.1.3 <i>Ecología</i>	<i>37</i>
3.1.4 <i>Clima</i>	<i>37</i>
3.1.5 <i>hidrografía</i>	<i>38</i>
3.1.6 <i>Fisiografía y geología.....</i>	<i>38</i>
3.1.7 <i>vegetación.....</i>	<i>39</i>
3.1.8 <i>Suelos.....</i>	<i>39</i>
3.1.9 <i>Accesibilidad</i>	<i>40</i>
3.1.10 <i>Población</i>	<i>40</i>

3.1.11	<i>Situación de Extrema Pobreza en Inkawasi</i>	41
3.1.12	<i>Características de la Producción Agropecuaria</i>	42
3.1.13	<i>Características de la Actividad Forestal</i>	43
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	44
3.2.1	<i>Materiales:</i>	44
3.2.2	<i>Equipos:</i>	44
3.2.3	INSTRUMENTOS	44
3.3	METODOLOGÍA	44
3.3.1	<i>DETERminación del tamaño de muestra</i>	44
3.3.2	<i>DIStribución y Ubicación de las parcelas a ser evaluadas</i>	45
3.3.3	CodiFICACIÓN DE LAS PARCELAS A ser EVALUADAS	45
3.3.4	TRABAJO de campo	45
3.3.5	<i>Trabajo de gabinete</i>	48
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.....	56
4.2	DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE LAS PARCELAS A SER EVALUADAS.....	56
4.3	TRABAJO DE CAMPO.....	59
4.4	TRABAJO DE GABINETE.....	70
4.4.1	<i>codificación de las parcelas evaluadas</i>	70
4.4.2	<i>CÁlculo del incremento medio</i>	70
4.4.3	<i>calculo de área basal</i>	75
4.4.4	<i>Cálculo del volúmen</i>	79
4.4.5	<i>Ecuaciones de volumen</i>	81
4.4.6	<i>ecuaciones de crecimiento</i>	83
4.4.7	<i>clasificación de sitios</i>	88
5.	CONCLUSIONES	104
6.	RECOMENDACIONES	105
ANEXO 1	111
	MAPA DE UBICACIÓN DE LAS PARCELAS.....	111
ANEXO 2	112
ANEXO 3	114
	CODIGOS DE LAS PARCELAS EVALUADAS.....	114
ANEXO 4	117
	VOLÚMENES DE LAS SECCIONES DE LOS FUSTES.....	117

Lista de cuadros

Página

CUADRO 1	APTITUD DE LA SUPERFICIE	28
CUADRO 2	INSTALACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES AÑO 2009/2010.....	29
CUADRO 3	SUPERFICIE REFORESTADA Y POR REFORESTAR SEGÚN DEPARTAMENTOS, AÑO 2010 (HA)	30
CUADRO 4	PROPIEDADES FÍSICAS DE PINUS RADIATA	35
CUADRO 5	PROPIEDADES MECÁNICAS DE PINUS RADIATA	35
CUADRO 6	PRECIPITACIÓN TOTAL (ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ORDINARIA CO-INKAWASI)	37
CUADRO 7	DISTANCIA MEDIA A LAS PARCELAS	40
CUADRO 8	POBLACIÓN TOTAL DE INKAWASI.....	41
CUADRO 9	POBLACIÓN TOTAL SEGÚN GÉNERO.....	41
CUADRO 10	INGRESO ECONÓMICO FAMILIAR.....	42
CUADRO 11	ALUMNOS MATRICULADOS EN INKAWASI POR NIVELES.....	42
CUADRO 12	SUPERFICIE DE LAS PLANTACIONES (HA) ESTABLECIDAS POR AÑO.....	44
CUADRO 13	MODELOS USADOS EN ECUACIONES DE VOLUMEN	52
CUADRO 14	MODELOS USADOS EN ECUACIONES DE CRECIMIENTO	54
CUADRO 15	NÚMERO DE PARCELAS A EVALUARSE EN CADA UNA DE LAS PLANTACIONES	56
CUADRO 16	PLANTACIONES ELEGIDAS Y NÚMERO DE PARCELAS A EVALUARSE	57
CUADRO 17	DAP PROMEDIO (CM) DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS POR PARCELA.....	59
CUADRO 18	DAP PROMEDIO (CM) POR GRUPOS DE EDADES	61
CUADRO 19	ALTURA TOTAL PROMEDIO DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS	63
CUADRO 20	ALTURA TOTAL PROMEDIO (M) POR GRUPOS DE EDADES	66
CUADRO 21	DAP Y DIÁMETROS A DIFERENTES ALTURAS.....	67
CUADRO 22	ALTURA TOTAL (M) DE LA SUB-MUESTRA	69
CUADRO 23	INCREMENTO MEDIO DEL DAP (CM/AÑO)	71
CUADRO 24	INCREMENTO MEDIO DE LA ALTURA (M/AÑO)	73
CUADRO 25	ÁREA BASAL TOTAL (CM ²) Y ÁREA BASAL PROMEDIO (CM ²).....	76
CUADRO 26	VOLUMEN DE FUSTES.....	79
CUADRO 27	ECUACIONES DE VOLUMEN	81
CUADRO 28	ECUACIONES DE CRECIMIENTO	84
CUADRO 29	ECUACIONES ELEGIDAS DENTRO DE CADA UNO DE LOS GRUPOS DE MODELOS	85
CUADRO 30	ECUACIONES DE CRECIMIENTO ELEGIDAS PARA DAP, ÁREA BASAL Y ALTURA	86
CUADRO 31	ALTURA DOMINANTE	88
CUADRO 32	CLASIFICACIÓN DE PARCELAS SEGÚN CLASES DE SITIO	92

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1 MAPA DE LA PROVINCIA DE FERREÑAFE	36
FIGURA 2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRABAJO DE CAMPO.....	46
FIGURA 3 ÁRBOL DIVIDIDO EN SECCIONES PARA ESTIMACIÓN DE VOLUMEN.....	48
FIGURA 4 FÓRMULAS UTILIZADAS SEGÚN LA FORMA DEL FUSTE.....	51
FIGURA 5 RELACIÓN ENTRE LA EDAD (AÑOS) Y EL DAP (CM).....	62
FIGURA 6 RELACIÓN LINEAL ENTRE DAP 1 (CM) Y DAP 2 (CM).....	62
FIGURA 7 RELACIÓN EDAD (AÑOS) Y ALTURA TOTAL (M)	66
FIGURA 8 RELACIÓN EDAD (AÑOS) Y ÁREA BASAL (CM ²).....	78
FIGURA 9 RELACIÓN DAP PROMEDIO (CM) Y ÁREA BASAL PROMEDIO (CM ²).....	78
FIGURA 10 RELACIÓN DAP PROMEDIO (CM) Y EL VOLUMEN TOTAL (M ³).....	81
FIGURA 11 RELACIÓN DAP ² H Y VOLUMEN (M ³).....	83
FIGURA 12 RELACIÓN EDAD (AÑOS) Y DAP (CM)	86
FIGURA 13 RELACIÓN EDAD (AÑOS) Y ÁREA BASAL (CM ²).....	87
FIGURA 14 RELACIÓN EDAD (AÑOS) Y ALTURA (M)	88
FIGURA 15 TRAZADO DE LAS TRES CURVAS PRINCIPALES DE ÍNDICE DE SITIO Y DOS CURVAS INTERMEDIAS AÑADIDAS POR INTERPOLACIÓN.....	91
FIGURA 16 CURVAS DE ÍNDICE DE SITIO	92
FIGURA 17 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS DAP PROMEDIO (CM) PARA LA CLASE DE SITIO I.....	95
FIGURA 18 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ÁREA BASAL (CM ²) PARA LA CLASE DE SITIO I.....	96
FIGURA 19 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ALTURA PROMEDIO (M) PARA LA CLASE DE SITIO I	97
FIGURA 20 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ALTURA DOMINANTE (M) PARA LA CLASE DE SITIO I.....	97
FIGURA 21 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. DAP PROMEDIO (CM) PARA LA CLASE DE SITIO II.....	98
FIGURA 22 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ÁREA BASAL (CM ²) PARA LA CLASE DE SITIO II.....	99
FIGURA 23 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ALTURA PROMEDIO (M) PARA LA CLASE DE SITIO II.....	99
FIGURA 24 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ALTURA DOMINANTE (M) PARA LA CLASE DE SITIO II	100
FIGURA 25 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. DAP PROMEDIO PARA LA CLASE DE SITIO III	101
FIGURA 26 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ÁREA BASAL (CM ²) PARA LA CLASE DE SITO III	101
FIGURA 27 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ALTURA PROMEDIO (M) PARA LA CLASE DE SITIO III.....	102
FIGURA 28 RELACIÓN EDAD (AÑOS) VS. ALTURA DOMINANTE (M) PARA LA CLASE DE SITIO III	103

1. INTRODUCCIÓN

PRONAMACHCS viene impulsando el establecimiento de las plantaciones forestales desde el año 1996 en el caserío de Marayhuaca, distrito Inkawasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. El objetivo inicial de la plantación fue el de cortinas rompevientos, debido a que el área del caserío se encontraba desprovista de vegetación y existía una ola de frío que azotaba el lugar. Sin embargo, a medida que la plantación fue creciendo los pobladores advirtieron que en el cuello de las plantaciones de *Pinus radiata* crecían al natural grandes cantidades del hongo *Suillus luteos*. Actualmente se continúa con las labores de forestación y el objetivo de la plantación es la cosecha del hongo comestible *Suillus luteos*.

El manejo forestal que se le debe dar a la plantación luego de su instalación es fundamental para la obtención de materia prima de calidad, lograr que los mejores árboles crezcan fuertes y vigorosos y que no se vean afectados por plagas y/o enfermedades. Sin embargo, las plantaciones del caserío de Marayhuaca no han sido manejadas a lo largo de todo este tiempo. Cuentan con una gran cantidad de madera pero de distintas calidades, lo cual interfiere en el precio de la madera y los beneficios económicos que la comunidad obtendría de ella.

En este estudio se presenta un “Análisis del crecimiento natural de plantaciones de *Pinus radiata* en el caserío de Marayhuaca, Inkawasi” con la finalidad de dar a conocer el estado en el que se encuentran las plantaciones, proponer un modelo matemático para el crecimiento en diámetro a la altura de pecho, área basal y altura y proponer un modelo matemático para la estimación del volumen total de la plantación de *Pinus radiata*, los cuales deben ser tomados como una aproximación para conocer las tendencias de crecimiento de esta especie en este caserío específicamente. Asimismo, este estudio les permitirá conocer el volumen de madera disponible que tienen hasta este momento y gracias a ello podrán comenzar a buscar y negociar con compradores interesados en la madera.

Al descubrir el estado en el que se encuentran las plantaciones y al entender que si se le hubiera realizado el manejo adecuado a la plantación, el volumen de la madera a utilizar sería mucho mayor y los beneficios a obtener de ella aumentarían del mismo modo, se espera que el

caserío de Marayhuaca de aquí en adelante se comprometa a realizar las diferentes labores y actividades que el manejo forestal implican y a realizar las mediciones periódicas de los parámetros dasométricos estudiados para la actualización y mejora de los modelos aquí propuestos.

El objetivo general del presente estudio es:

- Contribuir al manejo de las plantaciones forestales mediante el análisis del crecimiento.

Los objetivos específicos del presente estudio son:

- Establecer un modelo estadístico para el crecimiento diamétrico, de área basal y altura.
- Establecer un modelo estadístico para la estimación del volumen total de la plantación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PLANTACIONES FORESTALES

Es la acción de plantar árboles en una zona para que se desarrollen con diferentes propósitos. Para que esto ocurra se debe llevar a cabo previamente un proceso de planificación que ha de considerar los siguientes factores: la elección de las especies, el sitio de la plantación (propiedad, clima, gua, suelos, topografía), la calidad de las plantas y las técnicas utilizadas. Este proceso se inicia con la preparación de almácigos de semillas de buena calidad, la cuidadosa producción de plantas en vivero y la plantación en el terreno final, luego de la cual se debe prever, su protección y las labores silviculturales que esta requiera como elementos fundamentales del manejo forestal. (FAO; PRONAMACHCS, 1998).

2.1.1 OBJETIVOS DE LAS PLANTACIONES FORESTALES

Al planificar una plantación forestal se debe tener claro cuál es el objetivo que el productor se plantea para establecer un recurso como este. Entre las metas que usualmente se propone se tienen consumo doméstico, producción de leña, soportes estructurales, maderas comerciales y de uso industrial, entre otros. La definición de cualquiera de ellas exige que las especies a utilizar, la densidad de la plantación, su ubicación dentro del predio, sus posibilidades en el mercado (en caso de objetivos industriales) y las actividades a realizar, sean las más apropiadas (García *et al.*, 2000).

Rojas (1989), dice que se establecen plantaciones forestales porque existen necesidades que pueden ser satisfechas mediante los productos y beneficios que ellas brindan. Dentro de los principales objetivos tenemos:

- Son una modalidad técnicamente probada para abastecer de productos forestales (leña, madera, pulpa, postes, etc.).
- Favorecen la recuperación, estabilización y protección de suelos.

2.1.2 PRODUCTOS Y BENEFICIOS DE LAS PLANTACIONES FORESTALES

Las plantaciones forestales permiten obtener productos y beneficios de los árboles en forma rápida, en cantidades adecuadas, de calidades aceptadas en el mercado y de dimensiones uniformes (Rojas, 1989).

Entre los principales productos que se pueden obtener de las plantaciones forestales tenemos: madera para aserrío, postes, pulpa para papel, leña y carbón, extractivos (resinas, taninos, hule, aceites, colorantes, etc.), medicamentos, alimentos, producción de semillas forestales, producción de forraje, puntales, madera redonda, tarimas, etc. (Rojas, 1989).

Dentro de los principales beneficios que pueden brindar las plantaciones forestales son: recuperación, estabilización y protección de suelos, control del ruido, embellecimiento del paisaje, mejoramiento de la calidad de aguas, obtención de sombra y lugares de descanso, control del viento (rompevientos), protección y alimento de la fauna, regulación del régimen hidrológico y fijación de carbono (Rojas, 1989).

2.2 SITIO

El sitio se refiere a los factores ambientales que influyen en el crecimiento del vuelo forestal (Hopkins, 1976). Indica además la productividad relativa de una localidad para una especie forestal determinada (Ocampo, 1994).

Es una práctica general describir el sitio por medio de un índice de sitio para una especie en particular. El Índice de Sitio se define como la altura del árbol dominante promedio que sólo es posible determinar en forma directa y precisa a la edad de 50 años. En todos los demás lotes de diferente edad hay que hacer una estimación (Bruce y Schumacher, 1965). Asimismo, Vincent (1975) señala que el Índice de Sitio es la altura promedio de los árboles dominantes alcanzada a una determinada edad base.

La productividad de los terrenos forestales se define, en gran parte, por la calidad de sitio, que se estima mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produzca en un tiempo determinado. La calidad de sitio es la suma de muchos factores ambientales: la profundidad del suelo, su textura, las características de sus perfiles, su composición mineral, lo pronunciado de las pendientes, la exposición, el microclima, las especies que viven sobre él y otros más. Estos

factores a su vez, son función de la historia geológica, de la fisiografía, el macroclima y del desarrollo de la sucesión vegetal (Daniel *et al.*, 1982).

2.2.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO

Vincent (1975) indica que entre los principales objetivos de la Evaluación de Calidad de Sitios se pueden considerar:

- 1) Estimación del rendimiento global de las plantaciones.
- 2) Planificación y ejecución de trabajos de investigación (ensayos de regímenes de aclareo y poda, métodos e intensidades de limpieza, estudio de costos de mantenimiento, etc.).
- 3) Programación y ejecución de trabajos de mantenimiento (limpiezas, aclareos, podas, etc.) de las plantaciones existentes.
- 4) Extrapolación o extensión de la clasificación de calidad de sitio a otras áreas, para la selección de sitios a plantar. La extensión se hace en base a las relaciones de calidad de sitio o ambiente.

2.3 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO

Daniel *et al.*, (1982) indica que esta evaluación puede hacerse por dos métodos:

2.3.1 MÉTODOS DIRECTOS

Son los que implican la medición de la productividad real de un bosque, sobre un sitio específico y un periodo determinado.

Se estudia la producción de la masa forestal, a través del desarrollo y evolución de las características estrechamente relacionadas con el volumen maderable.

2.3.2 MÉTODOS INDIRECTOS

Estos métodos consisten en la evaluación de la Calidad de Sitio, a través de ciertos factores tales como los del medio ambiente físico (clima, suelo y topografía), la comunidad vegetal (árboles, vegetación de la tierra, combinación de la vegetación del sotobosque y masa arbórea)

y factores múltiples o métodos combinados (utilizando algunos o todos los factores precedentes conjuntamente con la historia del uso de la tierra del bosque) (Ocampo, 1994).

Este mismo autor indica que dentro de los métodos indirectos considerados para la evaluación de la calidad de sitio se consideran los siguientes:

A) ESPECIES INDICADORAS

Este sistema está basado en la teoría que señala que ciertas especies llamadas “plantas indicadoras” reflejan la calidad del sitio para una determinada especie o tipo forestal, lo cual es razonable ya que la composición de especies refleja la fertilidad del suelo y es a menudo un buen indicador de disponibilidad de humedad de suelo en los horizontes superiores (Corvalán y Hernández, 2006).

B) ÍNDICE DE SITIO

El Índice de Sitio es una expresión cuantitativa única de la multitud de factores que integran la Calidad de Sitio (Bruce y Schumacher, 1965).

Expresa la productividad de una determinada área por especie. Comprendiéndose que en una misma área, pueden existir varios índices de sitio, conforme a la especie que se considera (Bruce y Schumacher, 1965).

C) FACTORES DEL MEDIO AMBIENTE FÍSICO

Se aplica cuando existen situaciones en los que por diversos motivos (terrenos agrícolas, terrenos no forestados, áreas boscosas recientemente sujetas a incendios, talas, pastoreo, intensivo, etc.) no se tendría la posibilidad de obtención de un índice de calidad de sitio (en base a la altura dominante de los rodales). En estos casos la estimación de la calidad de sitio debe efectuarse a través de un análisis del medio ambiente físico (Ocampo, 1994).

Daniel *et al.*, (1982) señala que los factores físicos que deben considerarse son:

- Factores Climáticos: El clima se encuentra relacionado con el crecimiento del árbol debido a que su parte aérea (copa y fuste) es afectada por éste. Los principales parámetros a tener en cuenta serían la temperatura, la precipitación, la radiación solar, los vientos, la incidencia de heladas y la humedad relativa entre otros.

- Factores Fisiográficos: Las características fisiográficas y la posición topográfica de la localización se encuentran a menudo relacionadas al microclima y las propiedades físicas del suelo que gobiernan las relaciones de humedad y aereación del mismo. Los principales factores a tener en cuenta son: la altitud, la latitud, la exposición y la pendiente.
- Factores Edáficos: La calidad de sitio dentro de un microclima determinado, está asociada con la capacidad que tiene el suelo para aportar humedad y nutrientes a la comunidad vegetal. Los aspectos importantes que deben considerarse son las propiedades físicas y químicas de los suelos.

2.3.3 CURVAS DE INDICE DE SITIO

Las curvas de índice de sitio son una familia de patrones gráficos de desarrollo de la altura a una edad determinada, a las cuales se asocian símbolos o números con propósitos de referencia. (Revolorio, 1996).

Prodán *et al.*, (1997) señala que existen diferentes métodos para desarrollar funciones de sitio, que varían según el principio aplicado, el tipo de datos, el método de construcción y el modelo empleado.

A) PRINCIPIOS: ANAFORMISMO Y POLIMORFISMO

Se denomina curvas anamórficas a las familias de líneas proporcionales con pendiente constante entre ellas a una misma edad, pero con diferentes interceptos al origen, esta situación provoca que el punto de inflexión de todas las curvas ocurra a una misma edad. Mientras que las curvas polimórficas son familias de curvas con pendientes variables, que generalmente no guardan relación de paralelismo entre sí, es decir, no son proporcionales y sus puntos de inflexión ocurren en edades diferentes (Flores, 2002).

B) TIPOS DE DATOS: PARCELAS PERMANENTES, PARCELAS TEMPORALES Y ANÁLISIS FUSTAL

Alder, (1980); citado por Prodán *et al.*, (1997), señala que las parcelas permanentes remedidas periódicamente producen series de desarrollo altura-edad que permiten construir curvas anamórficas y polimórficas.

Cuando se emplean parcelas temporales sólo puede adoptarse el principio del anaformismo. Se debe tomar un número suficiente de mediciones para cubrir la gama de edades y sitios encontrados en condiciones naturales. Para relaciones eficaces son necesarias como mínimo 100 parcelas, aplicando el método convencional de la curva guía. Se asume que las diferentes clases de sitio están representadas en proporciones constantes para las diferentes clases de edad (Alder, 1980; citado por Prodán *et al.*, 1997).

Los datos de análisis fustal se emplean generalmente para construir funciones polimórficas, y es posible agruparlos con datos de parcelas permanentes (Prodán *et al.*, 1997).

C) MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

Prodán *et al.*; (1997) señala los siguientes métodos de construcción:

- Método de la curva guía
- Método de la ecuación de diferencia
- Método de la regresión anidada
- Construcción de curvas polimórficas

D) MODELOS DE ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE SITIO EN BASE A FACTORES AMBIENTALES

Prodán *et al.*, (1997) indica que las curvas de índice de sitio basadas en la altura predominante del rodal son útiles cuando se aplican a bosques existentes. Sin embargo, una gran cantidad de decisiones de manejo forestal requieren alguna estimación del potencial de producción para una determinada especie antes de que ella haya sido establecida. Para resolver esta situación, se ajustan funciones de índice de sitio o de productividad en función de variables fisiográficas y/o ambientales.

2.4 CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES

Dentro de la Dasometría, se define Crecimiento como el aumento de la masa forestal (número de árboles, área basal, volumen) o de ciertas características de un árbol (diámetro, altura, copa, raíces, valor) (Ocampo, 1994).

El crecimiento primario se conoce como aquel crecimiento vegetal que es el resultado de la división de las células del meristemo apical y del alargamiento de las células que de él se derivan. Al proseguir el crecimiento se van diferenciando ciertas capas adicionales en las porciones más antiguas del tallo y la raíz, producidas por los meristemos laterales o secundarios (el cambium vascular, que da origen al xilema y floema secundarios y el cambium del corcho, que produce la nueva cubierta externa de la planta), la cual tiene como consecuencia un incremento en el diámetro de dichas estructuras formando parte del llamado crecimiento secundario (Jensen y Salisbury, 1988)

El crecimiento en un árbol se da simultánea e independientemente en sus diferentes partes y puede ser medido a través de varios parámetros, por ejemplo el crecimiento en diámetro, en altura, en el tamaño de copa, en volumen, etc. (Philip, 1994).

Por otro lado, y dentro de la Epidometría, se considera la definición de Incremento, como la cantidad de la cual un parámetro o característica dasométrica, crece en un periodo determinado (Ocampo, 1994).

Este periodo puede ser expresado en días, meses, años o décadas. Este incremento puede ser obtenido para las variables dendrométricas diámetro, altura, volumen y área basal (Imaña y Encinas, 2008).

Imaña y Encinas (2008) indican que existen diferentes formas para evaluar el incremento, tales como:

- Incremento Corriente Anual (ICA): Expresa el crecimiento ocurrido entre el inicio y el final de la estación de crecimiento, en un periodo de 12 meses, o entre 2 años consecutivos.

$$ICA = Y_{(t+1)} - Y_{(t)}$$

Donde:

ICA: Incremento Corriente Anual

Y: Dimensión de la variable considerada

t: Edad

- Incremento Periódico (IP): Expresa el crecimiento en un periodo de tiempo determinado.

$$IP = Y_{(t+n)} - Y_{(t)}$$

Donde:

IP: Incremento periódico

Y: Dimensión considerada

t: Edad

n: Periodo de tiempo

- Incremento Medio Anual (IMA): El valor del incremento medio anual expresa la media del crecimiento total a cierta edad del árbol. Expresa por lo tanto la media anual del crecimiento para cualquier edad.

$$IMA = \frac{Y_t}{t_0}$$

Donde:

IMA: Incremento medio anual

t₀: Edad de plantación

Y: Dimensión de la variable considerada

- Incremento Periódico Anual (IPA): 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 al final del periodo y el número de años.

$$IPA = \frac{(Y_{(t+n)} - Y_t)}{n}$$

Donde:

IPA: Incremento periódico anual

Y: Dimensión de la variable considerada

t: Inicio del periodo

n: Periodo de tiempo

2.4.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO

Según Prodán *et al.*, (1997) el crecimiento es influenciado por las aptitudes genéticas de una especie interactuando con el medio ambiente. Las influencias medioambientales incluyen factores climáticos (temperatura del aire, precipitaciones, viento y luz solar), factores del suelo (características físicas y químicas, humedad y microorganismos), características topográficas (inclinación, elevación y microrelieve) y la competencia (influencia de otros árboles,

vegetación menor y animales). La suma de todos estos factores representa el concepto de calidad de sitio.

El sitio, se concreta en las actividades del medio ambiente, suelo y atmósfera, y que actúan como origen y estímulo del crecimiento en el árbol. Así tenemos, a) los factores climáticos: temperatura (máxima, mínima, distribución estacional en el año), precipitación (forma, cantidad, distribución estacional), vientos (dirección, efectos, fuerza), humedad atmosférica; y b) los factores edáficos: Composición mineralógica del suelo (permeabilidad del suelo y del subsuelo), Propiedades físicas de los distintos horizontes, composición química, cubierta muerta (humus, su naturaleza), vida animal (bacterias, hongos) (Mackay, 1984).

Otros factores que influyen en el crecimiento son la competencia, el cual es un factor muy importante y el más controlable a través del manejo silvicultural (Prodán *et al.*, 1997) y el temperamento, considerado como la reacción individual que tienen ante las radiaciones solares. En su pleno desarrollo, todas las especies necesitan luz plena, las hay que piden insolación directa (Heliófitas) y otras necesitadas de protección (Esciófitas). La causa radica, principalmente, en la mayor o menor necesidad de luz para el desarrollo de yemas y brotes (Mackay, 1984).

Además se considera como un factor importante la influencia de la densidad del rodal, donde se ha encontrado que la correlación entre la espesura y el crecimiento en diámetro es negativa. Esto significa que cuanto más denso el vuelo, menor el crecimiento en diámetro (Mackay, 1984).

El crecimiento de la masa forestal está influenciado por las características genéticas de la especie, por la edad, la densidad en términos de área basal y el número de árboles por unidad de superficie, los tratamientos silvícolas y por la calidad de sitio (Mackay, 1984).

El desarrollo del rodal es una función de la edad de la comunidad, pero su carácter depende además de la especie, de la calidad de sitio. A medida que mejora la calidad de sitio, un rodal de una especie determinada alcanza un estadio particular de desarrollo en una edad más corta (Daniel *et al.*, 1982).

2.4.2 PATRÓN DEL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO

Como todas las curvas de crecimiento, el crecimiento acumulado del diámetro de la mayoría de los árboles tiene la típica forma Sigmoidal, aunque las fases del crecimiento no son tan marcadas como en el crecimiento de la altura (Nwoboshi, 1982; Lamprecht, 1990; citados por López, 2003).

La primera fase es muy corta a excepción de especies con un marcado crecimiento juvenil o en individuos bajo un largo período de supresión. La tendencia natural es tener un pequeño incremento diamétrico anual al inicio, el cual gradualmente se incrementa hasta el máximo del sitio. Este máximo es logrado en la segunda fase y comúnmente se mantiene por muchos años con pequeñas variaciones. Esta segunda fase es esencialmente una línea recta. Cuando llega la madurez se da una lenta disminución en los incrementos, aparentemente porque el mismo monto de biomasa está siendo añadido sobre una cada vez mayor circunferencia (Nwoboshi, 1982; citado por López, 2003).

Otro patrón es el que representan las especies esciófitas que se regeneran bajo un dosel cerrado. En una primera fase tienen un muy lento crecimiento, en la fase medio el crecimiento es más rápido pero está aún severamente afectado por los árboles más grandes de su entorno. Finalmente el crecimiento se acelera cuando el árbol es dominante y presenta una copa grande y bien desarrollada (Philip, 1994; Lamprecht, 1990; citados por López, 2003).

2.4.3 EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO

La evaluación del crecimiento, corresponde al campo de la Mensuración Forestal, el que a su vez se subdivide en ramas específicas de estudio del bosque y sus árboles, como por ejemplo la Dendrometría, que estudia al bosque como ente estático, a través de la medición de sus diversos parámetros (diámetro, altura, volúmenes), y por otro lado la Epidometría, cuya concepción es dinámica y estudia las variaciones o cambios en las masas forestales (incremento, mortandad, etc.). Además existen otras como la Fotointerpretación y la Topografía, que complementan en gran medida el estudio del crecimiento de los bosques (Ocampo, 1994).

2.4.4 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL CRECIMIENTO

Ocampo (1994), señala que los métodos básicos para el cálculo del crecimiento son dos: los métodos indirectos y los métodos directos.

A) MÉTODOS INDIRECTOS:

Son aquellos que se basan en la medición de ciertos indicadores de la variación del crecimiento de los árboles. Para el caso de árboles individuales, se efectúa por medio de anillos anuales en el diámetro a la altura de pecho o también por medio de mediciones sucesivas en árboles tipos o experimentales.

Para las latitudes tropicales la medición a través de anillos anuales de crecimiento no es muy adecuada, dada la poca diferenciación entre las estaciones del año las cuales no registran variaciones perceptibles en la estructura anatómica de los árboles. Para bosques templados es un método de evaluación del crecimiento muy aceptable.

Respecto a los resultados de la medición sucesiva en árboles tipos o experimentales, este mismo autor señala que, debe tomarse con cierta precaución, pues se estaría extrapolando los resultados de un individuo al del total de los que componen el rodal. La evaluación en varias unidades muestrales permitiría el uso de métodos estadísticos para calcular los errores probables en la estimación del crecimiento de una masa.

B) MÉTODOS DIRECTOS

La evaluación más eficiente del crecimiento se obtiene a través de los métodos directos. Estos comprenden desde una comparación de inventarios forestales sucesivos o continuos y la evaluación en muestras dinámicas, hasta el cálculo del crecimiento en base a Tablas de Rendimiento.

El método de comparación de inventarios sucesivos, proporciona eficiente información, sin embargo la limitante que la hace poco aplicable en la mayoría de los casos es la disponibilidad de recursos técnicos y económicos para efectuarla.

El cálculo de crecimiento a base de tablas de rendimiento, se usa generalmente en Europa y Norteamérica, lugares donde se cuentan con bosques regulares ordenados. Bajo las condiciones

de nuestro medio, la disponibilidad de ellas para trabajar con confiabilidad son reducidas o casi nulas.

El método de muestras dinámicas, cuya base conceptual es idéntica al de los inventarios forestales continuos, es la que se aplica con gran eficiencia en la mayoría de bosques ordenados. Ella se basa en la evaluación del crecimiento en parcelas pequeñas (una hectárea o menos) representativas del rodal. Este método se denomina “Parcelas de Crecimiento”.

2.4.5 IMPORTANCIA DEL CRECIMIENTO Y LA ESTRUCTURA PARA EL MANEJO FORESTAL

La estimación del crecimiento es una etapa esencial en el manejo forestal. El concepto básico de recurso renovable se deriva de la propiedad de crecimiento y cualquier planificación encierra el concepto de predicción del crecimiento (Prodán, 1997; citado por López, 2003).

En la forestería, es un importante fenómeno pues determina la cantidad de madera que se puede cortar razonablemente y el intervalo de tiempo requerido para que los árboles en un cuartel de corta lleguen a tamaños de mercado. Es el crecimiento el que asegura que, bajo un adecuado manejo, los recursos maderables puedan ser continuamente cosechados e incluso se tenga un mayor monto de madera para un mismo sitio (Philip, 1994).

El crecimiento forma la base para un rendimiento sostenido en el manejo forestal, por ello no sólo es esencial que los manejadores de bosques se interesen en él, sino que necesitan conocer los índices de crecimiento tanto en bosques cultivados como naturales para guiar el manejo de los bosques (Philip, 1994).

Por otra parte, el conocimiento de la estructura de un bosque es fundamental para prescribir las intervenciones silviculturales y más importante aún para determinar el rendimiento de los bosques por tipo de producto. Está superada la época en que bastaba con la determinación del volumen para evaluar las alternativas de manejo con información detallada en cuanto a productos y combinaciones de productos (Prodán, 1997; citado por López).

2.4.6 PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO

El crecimiento individual del árbol puede ser predecido como un incremento de diámetro o de área basal los cuales a fin de cuentas están relacionados matemáticamente. El incremento del

diámetro puede ser expresado como una función de rendimiento que estime el diámetro futuro o como una función de crecimiento que estime el incremento sobre un determinado período (Vanclay, 1994; citado por López, 2003).

Para la predicción del crecimiento se pueden mencionar dos métodos:

Métodos estáticos: Son aquellos en los cuales el rendimiento se predice directamente como una función de la edad, clase de sitio e historia de la densidad del rodal. Los métodos son estáticos en el sentido que las funciones resultantes del rendimiento no permiten variación alguna en la historia de los tratamientos del rodal, excepto dentro de las amplias clases de tratamientos alternativos de clareos, que ya están presentes en los datos (Alder, 1980).

Métodos dinámicos: Este tipo de métodos contemplan tasas de cambio, esto significa que la predicción básica es el incremento del diámetro, área basal o volumen. Tienen la ventaja de ser más representativos de la verdadera dependencia causa y efecto entre la densidad del rodal y su rendimiento que los métodos estadísticos (Alder, 1980).

2.5 MODELOS DE CRECIMIENTO

Los modelos de crecimiento son vitales para la planificación del manejo forestal. Proyectar el crecimiento y rendimiento de rodales individuales es un prerrequisito para planear el manejo de los montes a cualquier nivel (García, 1988).

Philip (1994), indica que los modelos de crecimiento describen el desarrollo de los árboles a medida que éstos incrementan en edad, o a medida que el tiempo pasa.

El diseño de un modelo de crecimiento para su uso en una situación particular depende de los recursos disponibles, los usos que se les dará y la estructura de los árboles, ya sea de una sola especie o de un conjunto de especies. Los cuatro usos más comunes son:

- Para predecir el crecimiento del bosque que permitirá establecer la fecha de cosecha y conocer donde se aprovechará mayor, igual o menor cantidad de madera.

- Para predecir el crecimiento de un sitio en particular, a fin de que el administrador tome decisiones racionales. Algunas veces el modelo de crecimiento es usado para facilitar las comparaciones de las opciones económicas.
- Para predecir el crecimiento bajo diferentes formas de manejo y prácticas silviculturales, para poder hacer comparaciones y tomar la mejor decisión, por ejemplo, escoger el mejor espaciamiento, el turno de rotación, la intensidad de raleos, etc.
- Para predecir los costos e ingresos del presupuesto de un “proyecto”.

2.6 PLANTACIONES FORESTALES EN PERÚ

Nuestro país posee una superficie de 128,5 millones de hectáreas-ha (12% costa, 28% sierra y 60% selva), de los cuales 7,6 millones (6%) tienen capacidad para cultivos agrícolas, 17 millones (14%) corresponden a tierras con aptitud para pastos y 48,7 millones son tierras con aptitud forestal (38%); el resto comprende a tierras de protección.

Cuadro 1 Aptitud de la superficie

Aptitud de la tierra	Superficie (millones de ha)	Porcentaje (%)
Tierras con aptitud agrícola	7,6	6
Tierras con aptitud para pastos	17	14
Tierras con aptitud forestal	48,7	38
Tierras de protección	55,2	42
Superficie total (ha)	128,5	100%

Fuente: MINAG

En el año 2009, PRONAMACHCS, logró instalar un total de 40 811,00 ha de plantaciones forestales. La Libertad es el departamento donde se ha instalado la mayor cantidad de plantaciones forestales para el período del 2009 al 2010, contando en total con 8 310,00 ha; mientras que Tacna es el departamento donde se ha instalado la menor cantidad de plantaciones forestales, contando en total con 113,00 ha. Para el caso de Lambayeque vemos que cuenta con 169,00 ha de plantaciones forestales. (Ver cuadro 2) (MINAG, 2010).

Cuadro 2 Instalación de Plantaciones Forestales Año 2009/2010

DEPARTAMENTO	ÁREAS REFORESTADAS (ha)
Amazonas	679,00
Ancash	4,450.00
Apurímac	3,200.00
Arequipa	360,00
Ayacucho	2,101.00
Cajamarca	6,850.00
Cusco	5,004.00
Huancavelica	3,716.00
Huánuco	451,00
Ica	-,-
Junín	1,429.00
La Libertad	8,310.00
Lambayeque	169,00
Lima	881,00
Loreto	-,-
Madre de Dios	-,-
Moquegua	151,00
Pasco	1,101.00
Piura	505,00
Puno	1,341.00
San Martín	-,-
Tacna	113,00
Tumbes	-,-
Ucayali	-,-
TOTAL	40,811.00

Fuente: MINAG

En el cuadro 3 vemos que Ica es el departamento con menor superficie reforestada para el año 2010, contando en total con 2 749,01 ha, teniendo además 22 650,99 ha libres para reforestación. Mientras que Cusco es el departamento con mayor superficie reforestada para el año 2010, contando en total con 122 831,72 ha, teniendo además 1 291 750,28 ha libres para reforestación. Para el caso de Lambayeque vemos que cuenta con 21 422,41 ha reforestadas para el año 2010, teniendo además 60 877,59 ha libres para reforestación.

Cuadro 3 Superficie Reforestada y por Reforestar según departamentos, año 2010 (ha)

DEPARTAMENTO	SUPERFICIE TERRITORIAL (ha)	TIERRAS APTAS PARA REFORESTACIÓN (ha)	SUPERFICIE REFORESTADA HASTA EL 2010 (ha)	SUPERFICIE POR REFORESTAR (ha)
Amazonas	4,129,712	305,100	17,277.10	287,822.90
Ancash	3,630,831	554,016	87,867.21	466,148.79
Apurímac	2,065,456	78,300	78,117.29	182.71
Arequipa	6,352,762	360,200	10,443.40	349,756.60
Ayacucho	4,418,104	539,400	68,807.95	470,592.05
Cajamarca	3,541,782	790,000	110,526.43	679,473.57
Cusco	7,622,489	1,414,582	122,831.72	1,291,750.28
Huancavelica	2,107,896	62,000	50,079.46	11,920.54
Huánuco	3,531,457	660,000	45,860.82	614,139.18
Ica	2,125,139	25,400	2,749.01	22,650.99
Junín	4,338,442	1,010,291	71,255.42	939,035.58
La Libertad	2,324,132	352,500	58,383.18	294,116.82
Lambayeque	1,324,955	82,300	21,422.41	60,877.59
Lima	3,396,869	452,600	17,344.69	435,255.31
Loreto	37,990,006	659,900	23,479.87	636,420.13
Madre de Dios	7,840,271	512,100	8,467.01	503,632.99
Moquegua	1,617,465	128,100	3,966.68	124,133.32
Pasco	2,242,175	522,511	19,621.86	502,889.14
Piura	3,640,348	89,700	46,387.61	43,312.39
Puno	7,238,244	1,120,400	44,218.38	1,076,181.62
San Martín	5,306,361	435,700	18,177.65	417,522.35
Tacna	1,476,663	24,900	5,762.07	19,137.93
Tumbes	473,152	100,100	4,979.51	95,120.49
Ucayali	9,786,849	219,900	31,889.99	188,010.01
TOTAL	128,521,560	10,500,000	969,917	9,530,083

Fuente: MINAG

2.7 ESTUDIOS DE SITIO Y CRECIMIENTO REALIZADOS EN PERÚ

Hopkins (1976), estudió la calidad de sitio y los niveles de costos en relación a la apreciación de la plantación. Más productiva será una inversión en plantaciones forestales en términos de beneficios netos realizados, si es mejor el sitio y con un nivel bajo de costos anticipados.

Flores (1993), analizó la influencia que tiene la vejez relativa y el sitio, a través del microrrelieve, sobre el crecimiento diamétrico de rodales de *Cedrela odorata* en los

alrededores de la estación biológica Cocha Cashu en el Parque Nacional del Manu. Se encontró que el crecimiento diamétrico presenta una alta variabilidad que puede ser explicada por la posición de los individuos jóvenes en el microrrelieve, y por la vejez relativa en los adultos.

Ocampo (1994) desarrolló una metodología para la predicción del rendimiento en base a la evaluación de algunas características dasométricas y de calidad de sitio. La clasificación de las unidades muestrales se efectuó a través de dos métodos indirectos de evaluación de calidad de sitio: el índice de sitio y el análisis de los factores del medio ambiente.

Carrillo (1995), realizó una investigación sobre la selección de sitio o zonificación. Comprobó que gran parte de la mortalidad, raquitismo, crecimiento defectuoso y enfermedades en los árboles, se debe a una inadecuada selección de la especie para el sitio en que está instalada o que el sitio no reúne las condiciones mínimas para la supervivencia de la planta.

Otárola *et al.*, (2001), realizaron la estimación de la calidad de sitio a partir de índices de sitio para *Cedrelinga catenaeformis* en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto. Construyeron curvas de índices de sitio utilizando la altura dominante, curvas que fueron ajustadas desarrollando la metodología descrita por Clutter *et al.*, (1983).

Flores (2002), analizó datos de fustes de plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis* en suelos ultisoles en el bosque Alexander von Humboldt (Ucayali) para generar ecuaciones de índice de sitio. Utilizó el método de la curva proporcional para construir una curva guía promedio.

Ocaña (1976), consideró fundamental el estudio del crecimiento para la programación y ejecución de planes de manejo y prácticas silví-culturales, así como el mismo aprovechamiento, por lo que analizó el crecimiento del *Eucalyptus globulus*, en el departamento de Huanuco.

CICAFOR (1978), estudió la relación que existe entre la calidad del suelo y el crecimiento de plantaciones forestales en Cajamarca. Se verificó que los mejores crecimientos se anotan por los bosques situados en suelos semejantes a los que la especie prefiere, sobre todo si son profundos, bien drenados y abastecidos de nutrientes; la presencia de humedad es el factor más importante.

Mendoza (1980) hizo la determinación de índices de sitio de *Pinus radiata* aplicando el método práctico de campo en bosquetes del Altiplano. Encontró cinco índices de sitio, sin embargo, recomendó continuar con las evaluaciones de índices de sitio de *Pinus radiata* para determinar curvas de índices de sitio reales en diferentes calidades de sitio ya encontradas.

Medina y Cardich (1989), desarrollaron una metodología para simular el crecimiento y el rendimiento en rodales de *Eucalyptus globulus*. Utilizaron datos de parcelas de muestreo permanente. Mediante regresiones de los índices de crecimiento más importantes, plantearon proyecciones que sirvieron como punto de partida para la determinación del manejo óptimo del rodal, utilizando un modelo de programación dinámica.

2.8 PINUS RADIATA

2.8.1 CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Familia: PINACEAE

Nombre Científico: *Pinus radiata* D. Don.

Nombres Comunes: Pino radiata, Pino monterrey, Pino insigne

Sinonimia: *Pinus insignis* Douglas.

Sierra *et al.*, (1994) describen a esta especie como un árbol que alcanza una altura de 15-50 m de altura, con un diámetro de 30-90 cm. El fenotipo es muy variable, en el mundo se han observado desde individuos vigorosos con fuste recto, copa densa, redondeada e irregular, hasta poblaciones de árboles bifurcados, encorvados, con madera nudosa y otros defectos.

La corteza externa es café agrietada y la corteza interna es crema-rosácea. Segrega una resina transparente. Su copa es alargada y cónica, sus hojas tienen forma de agujas en fascículos de tres. Las flores masculinas tienen estambres peltados y las femeninas se encuentran en conos o estróbilos. Su fruto es un cono o estróbilo leñoso grande, que contiene semillas aladas (Dans del Valle *et al.*, 2004).

2.8.2 FENOLOGÍA

Los registros de floración que se tienen son durante el mes de Abril y Junio y los registros de fructificación entre Agosto y Octubre y la dispersión de semillas de Octubre a Noviembre. Los conos son serótimos y persistentes, la mayor producción de semillas se da en árboles de 15 a 20 años de edad (Sierra *et al.*, 1994)

2.8.3 SILVICULTURA

Es una planta heliófita, por lo que requiere abundante luz solar. Necesita suelos franco-arenosos, bien drenados, con pH neutro a ligeramente ácido, con profundidades al menos de 25 cm para establecerse, y superiores a 1 m para alcanzar su altura normal. Es una especie exigente en Fósforo, Boro y Zinc (Dans del Valle *et al.*, 2004).

Sus condiciones climáticas óptimas son: Temperatura: 11-17 ° C; Precipitación: 800-1300 mm; Rango altitudinal: 1800-3500 msnm (Dans del Valle *et al.*, 2004).

Con respecto a las prácticas de vivero, se sabe que la semilla no requiere tratamiento pre-germinativo, sin embargo para favorecer la velocidad de germinación, se sugiere remojar las semillas en agua a temperatura ambiente por 24 horas (Dans del Valle *et al.*, 2004).

2.8.4 DISTRIBUCIÓN Y HABITAT

El área de su distribución natural está circunscrita a un cinturón angosto de una superficie de aproximadamente 40 000 ha, en la costa del Pacífico en California (35 a 37° N), hasta una altitud de 350 m. Además se encuentran existencias naturales a unos 800 km al sur del límite del área principal de su distribución, en la Isla de Guadalupe frente a México. En el área de la distribución natural de esta especie existe un clima de tipo mediterráneo, con un invierno moderado, durante el cual se concentran aproximadamente 70% de la PP (de 400 a 900 mm en total). El periodo vegetativo principal es de febrero a junio, posteriormente se produce un periodo seco, durante el cual la humedad atmosférica nunca se reduce mucho. *P. radiata* sólo soporta heladas leves durante el periodo reposo y no crece en regiones con periodos secos marcadamente cálidos. Ocupa preferentemente suelos profundos bien drenados. En suelos con suficiente contenido de cal la descomposición de la hojarasca ocurre sin dificultades. *P. radiata* tolera los vientos salobres de las costas (Lamprecht, 1990).

2.8.5 ANATOMÍA DE LA MADERA

García *et al.*, (2003) señala que es una madera con anillos de crecimiento diferenciados con canales resiníferos fisiológicos, de células epiteliales delgadas, con un diámetro medio de 100 a 125 μm .

Asimismo señala que presenta traqueidas de sección cuadrada, en número de 1900 por mm^2 , y un diámetro medio de 20 a 40 μm . Su parénquima longitudinal es ausente o escaso.

Sus radios leñosos son uniseriados, biseriados y pluriseriados debido a la presencia de los canales resiníferos transversales, de 1 a 10 células de altura los uniseriados. Su número por mm^2 se encuentra en torno a los 35 (García *et al.*, 2003).

Los radios leñosos son heterogéneos, con traqueidas radiales dentadas, con dientes de menos de 2,5 μm , en ocasiones de altura superior, en posición alterna y sin engrosamientos helicoidales. Su parénquima radial consta de paredes axiales lisas y horizontales lisas y punteadas (García *et al.*, 2003).

2.8.6 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

C) PROPIEDADES FÍSICAS:

En el cuadro 4 podemos apreciar que de las cuatro formas existentes de expresar la densidad, se encuentran tres que son: la densidad verde, la densidad seco al aire y la densidad básica. Esta última, es de gran importancia en el ambiente forestal, debido a que se usa para conocer la cantidad de masa seca del volumen verde medido en una plantación (Nuñez, 2008).

La especie *Pinus radiata* tiene una densidad básica de 0,39 gr/cm^3 , lo cual significa que es una madera ligera (Vignote y Martínez, 2006).

Con respecto a la contracción, vemos que la diferencia entre la contracción tangencial y la radial es de 2,2%, lo que quiere decir que se producen tensiones en la madera y no es muy estable, además presenta una alta tendencia a atejarse (Vignote y Martínez, 2006).

Cuadro 4 Propiedades Físicas de *Pinus radiata*

Densidad (gr/cm ³)	Verde	Seco al aire	Básica
	1,04	0,48	0,39
Contracción normal (%)	Tangencial	Radial	Volumétrica
	5,20	3,00	1,73

Fuente: Vignote y Martínez, 2006

D) PROPIEDADES MECÁNICAS (CH 12%):

En el cuadro 5 observamos las propiedades mecánicas del *Pinus radiata*, vemos que el módulo de ruptura máximo que soporta esta especie para flexión estática es de 793 kg/cm², es decir, si recibe un esfuerzo mayor a este valor, la madera se rompe. El módulo de elasticidad máximo que puede recibir es de 110.2 kg/cm², es decir, si recibe un moe menor a este valor, la madera volverá fácilmente a su forma inicial ya que aún se encuentra en la zona elástica, pasado este valor se encontrará en la zona plástica, por lo que difícilmente retomará su forma inicial. Lo mismo sucede en el ensayo de compresión paralela y perpendicular.

Cuadro 5 Propiedades Mecánicas de *Pinus radiata*

Flexión estática	MOR	793	kg/cm ²
	MOE	110,2	t/cm ²
Compresión Paralela	MOR	434	kg/cm ²
	MOE	107,8	t/cm ²
Compresión perpendicular	MOR	136	kg/cm ²

Fuente: Vignote y Martínez, 2006

2.8.7 USOS

Hall *et al.*, (2004) señala que la madera de *Pinus radiata* se emplea en la construcción de viviendas, tabiques, pisos, vigas de pisos, vigas laminadas, techos, tijerales, costaneras, revestimientos exteriores e interiores, puertas interiores y exteriores protegidas con pintura, ventanas de calidad menor, para la fabricación de tableros, chapas, terciado, para muebles, embalajes, cajas y cajones.

Para el presente estudio se contó con los inventarios anuales desde el año 1996 hasta el 2008, de las plantaciones de pino (*Pinus radiata*) instaladas por PRONAMACHCS, cada uno de estos años. Las plantas fueron establecidas sin tener en cuenta algún tipo de diseño, sólo fueron plantadas con un distanciamiento de 3 m x 3 m en zonas de propiedad comunal o individual. El mapa de ubicación de las parcelas se encuentra en el Anexo 1.

3.1.2 ALTITUD

La altura de la capital del distrito de Inkawasi es de 3078 msnm (INEI, 2005).

3.1.3 ECOLOGÍA

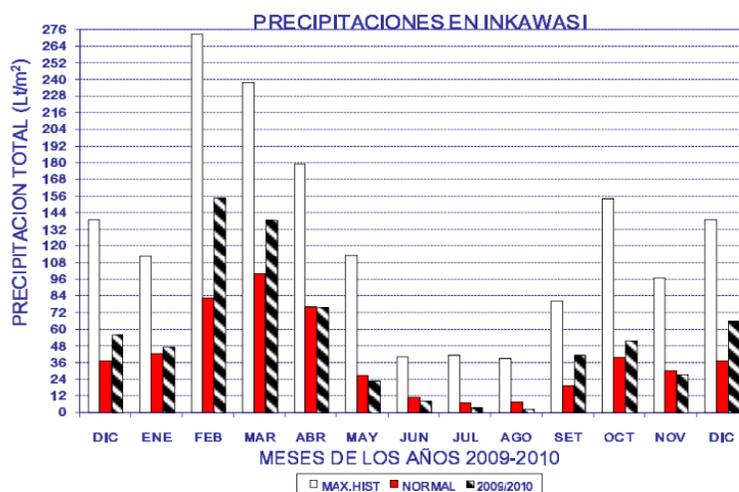
El Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1994) muestra que en el distrito de Inkawasi se encuentra la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs – MBT).

3.1.4 CLIMA

El clima predominante en el distrito de Inkawasi es el típico de los valles de la vertiente occidental de los Andes. La temperatura media anual varía entre 12° a 17°C.

En el cuadro 6 tenemos la precipitación total (lt/m²) del distrito de Inkawasi para el periodo 2009/2010. Los meses con mayor precipitación son febrero, marzo y abril.

Cuadro 6 Precipitación total (Estación Climatológica Ordinaria CO-Inkawasi)



Fuente: Senamhi, 2011.

3.1.5 HIDROGRAFÍA

El territorio de Lambayeque pertenece casi en su totalidad a la vertiente hidrográfica del Pacífico, a excepción de la región nororiental, donde cursos de agua abastecen al río Huancabamba, tributario del Marañón, uno de los que conforman el gigante Amazonas. En la vertiente pacífica, los ríos más representativos, de norte a sur, son: Cascajal, Olmos, La Leche, Chancay y Saña. De éstos, los dos primeros tienen un menor impacto en la región debido, por un lado, a un escaso e irregular caudal que les otorga en tramos característica de quebradas, y, por otro, al hecho de atravesar un terreno semidesértico. Los otros tres, aunque generan un mayor impacto en el departamento, también mantienen un régimen irregular, con grandes crecientes en los meses de verano (diciembre-abril) y una disminución de su caudal en invierno hasta el punto, en ocasiones, de casi desaparecer (La República y Peisa, 2003).

Es necesario mencionar que el río Chancay tiene sus nacientes en la sierra de Cajamarca y que ya en territorio de Lambayeque, en un punto denominado La Puntilla, se separa en tres lechos distintos: al norte, el canal Taymi, obra de ingeniería hidráulica que ha utilizado el canal existente desde épocas prehispánicas; en el centro, el río Lambayeque, y al sur, el río Reque. De ellos, sólo el Reque desemboca en el Pacífico, pues las aguas de los otros dos son utilizadas en su totalidad para el riego de los campos a través de un complejo sistema de canales (La República y Peisa, 2003).

3.1.6 FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

Montoya (1999) señala que el territorio de Inkawasi es accidentado, comprende quebradas y cañones, que en su origen o parte alta no son profundos, agrandándose y profundizándose en su desarrollo o descenso, por ellos discurren aguas permanentes o temporales; tiene cerros con cortes verticales, con crestas y desfiladeros, de suave pendiente; grandes y elevados cerros como el Lipiac, el Tembladera y el Yanajaga; planicies donde crecen pastos, depresiones, donde se deposita en forma permanente agua de pasados deshielos o de las lluvias temporales, como aquellas de las lagunas Tembladera y Shin Shin.

Geológicamente, la mayor parte del departamento, está conformada por materiales recientes pertenecientes al Cuaternario, con una antigüedad menor de un millón de años. Esta zona corresponde en gran parte a sus fértiles valles. En oposición, al sur-este del departamento se

localizan antiguas manifestaciones sedimentarias del Triásico superior y del Jurásico inferior. Ellas coinciden con trasgresiones marinas ocurridas hace 200 millones de años. Posteriormente esta cuenca con sedimentos calcáreos emergía a comienzos del Jurásico medio, hace aproximadamente 150 millones de años (La República y Peisa, 2003).

3.1.7 VEGETACIÓN

En el departamento de Lambayeque se encuentran las siguientes formaciones vegetales:

- En las zonas semiáridas y áridas: Bosque Seco tipo sabana, bosque seco de montañas, matorral seco, matorral de dunas y formas de vida especiales.
- En zonas subhúmedas: Bosques y matorral y matorral subhúmedo.
- En zonas húmedas pluviales: Bosques húmedos de montañas, matorral húmedo, pajonal y formas de vida especiales.

Además también se encuentran áreas cultivadas de la región costera y desierto costero (La República y Peisa, 2003).

3.1.8 SUELOS

Carreras (1929), indica que los tres principales tipos de suelos en Lambayeque son:

- Suelos arcillo-arenoso: Es el más común, predomina en las partes centrales de los valles del departamento. Es profundo, exento de piedras, contiene una fuerte proporción de materia vegetal; es rico en potasio, fósforo y nitrógeno. Descansa sobre un subsuelo impermeable; la profundidad a la que se encuentra este subsuelo impermeable varía desde menos de 1 metro en las partes inferiores del valle hasta dos o tres metros en las partes más altas. Este tipo de suelo es preferentemente apropiado para el cultivo del arroz; la caña y el algodón, cuando descansa sobre el subsuelo permeable o está debidamente drenado.
- Suelo areno-arcilloso: Ocupa la parte alta de los valles. Contiene algo de cascajo menudo y piedras. Son mucho más sueltos y permeables que los del tipo anterior; son fáciles de trabajar, no formando terrones gruesos permanentes; tampoco se agrietan en su superficie cuando se secan. La capa impermeable se encuentra en este tipo de suelos a mayor

profundidad que en los del tipo anterior. Este tipo de suelo es el más apropiado para el cultivo de la caña de azúcar, algodón, maíz, yuca, camote y papa.

- Suelo arenoso: Se encuentran situados, ya sea a lo largo de ambas márgenes de los ríos, formando fajas paralelas de unos 200 metros de ancho, constituyendo parte de las zonas llamadas vegas o formando lotes de pequeña extensión en medio de terrenos de otro tipo, en este caso constituyen las huacas. En ambos casos provienen de depósitos hechos por los ríos. En las partes más bajas de los valles suelen constituir grandes extensiones limitadas por pampas eriazas de arena.

3.1.9 ACCESIBILIDAD

Las parcelas evaluadas de encuentran ubicadas en diferentes sectores del caserío Marayhuaca, distrito de Inkawasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. En el cuadro 7 se muestran las distancias medias y tiempos promedios de desplazamiento.

Cuadro 7 Distancia media a las parcelas

<i>Desde</i>	<i>Hacia</i>	<i>Tipo de Vía Estado</i>	<i>Medio de Transporte-frecuencia</i>	<i>Distancia (Km)</i>	<i>Tiempo (Hora)</i>
Lima	Chiclayo	Asfaltado	Vehicular-Diario	770	11
Chiclayo	Ferreñafe	Asfaltado	Vehicular-Diario	18	0,5
Ferreñafe	Inkawasi	Afirmado	Vehicular-Diario	111	7
Inkawasi	Marayhuaca	Afirmado	Vehicular-Diario	3	1
Marayhuaca	Parcelas de evaluación (*)	Afirmado	Caminata-Diario	6	5
TOTAL				908	24,5

(*) Distancia media a las Parcelas.

3.1.10 POBLACIÓN

Según lo que se puede observar en los dos cuadros siguientes (8 y 9) el 92% (13 823) de la población de Inkawasi se encuentra ubicada en la parte rural, mientras que 1061 habitantes se encuentran ubicados en la parte urbana del distrito.

Asimismo, se observa que la población se encuentra distribuida de manera homogénea con respecto al género, al existir 22 mujeres más que los hombres.

Cuadro 8 Población total de Inkawasi

Población Urbana (Nº hab.)	Población Rural (Nº hab.)	Población Censada (Nº hab.)
1061	13 823	14 884

Fuente: INEI, 2005.

Cuadro 9 Población total según género

Población Censada Hombres (Nº hab.)	Población Censada Mujeres (Nº hab.)	Población Total Censada (Nº hab.)
7431	7453	14 884

Fuente: INEI, 2005.

3.1.11 SITUACIÓN DE EXTREMA POBREZA EN INKAWASI

A) INGRESOS

Según lo observado en el cuadro 10, el ingreso mensual para el 91.2 % de la población llega hasta los S/. 100, es decir, viven con menos de S/. 4.00 diarios. Cuando los ingresos de la chacra se combinan con los de los trabajos estacionales que realiza el hombre se puede llegar hasta S/.460; en muy pocos casos este ingreso proviene de la actividad rural.

Cuando se examina la pobreza rural a nivel de los hogares, la mayoría de los pobladores rurales no dependen exclusivamente de la agricultura sino en menor o mayor medida complementan su ingreso con actividades fuera de la chacra. Normalmente, uno o dos de los miembros de la familia migran como trabajadores asalariados durante o parte del año para obtener ingresos, a zonas de cultivos comerciales como el arroz en la costa o en la selva o también como empleados domésticos en la ciudad; igualmente también pueden participar en actividades comerciales informales en la zona, en manualidades y otros servicios (Diagnóstico realizado por CES Solidaridad 2002).

Cuadro 10 Ingreso económico familiar

Ingreso económico familiar mensual (S/.)	Porcentaje de la población (%)
Hasta 100	91,2
101 A 460	5,9
Mayor a 460	2,9

Fuente: CES Solidaridad

B) EDUCACIÓN

Del cuadro 11, se puede apreciar que para el año 2004, sólo 118 habitantes pudieron matricularse para cursar el 5to de secundaria. De los cuales, 14 son mujeres, y esto se debe a que la agricultura se está feminizando, el 89% de la población femenina se dedica a la agricultura, debido a que los varones deben migrar para realizar otro tipo de labores y obtener de esta manera un mayor ingreso económico (Diagnóstico realizado por CES Solidaridad 2002).

Cuadro 11 Alumnos matriculados en Inkawasi por niveles

Alumnos matriculados	Nº de alumnos	Distribución por sexo		5º de Secundaria	
		Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
Inicial	229	---	---	---	---
Primaria	3476	1802	1676	---	---
Secundaria	979	729	250	104	14
Total	4686	2531	1926	104	14

Fuente: CES Solidaridad

3.1.12 CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Los cultivos de mayor importancia son sembrados en áreas promedio que oscilan entre 0,5 a 1,5 ha. Los principales cultivos sembrados son: papa, arveja, maíz, trigo, fríjol, oca, olluco y cebada.

Con respecto a la crianza de animales, sabemos que es una actividad complementaria con la producción de cultivos. La mayoría de los productores cría ganado vacuno principalmente

para carne. La crianza de gallinas y cuyes es una actividad que también se practica. De ésta cantidad, una parte es para el mercado y otra mínima para el consumo (B. Lalopú, entrevista personal, febrero del 2009).

3.1.13 CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD FORESTAL

El área donde se encontraba el caserío de Marayhuaca hacia los años 90 estaba totalmente desprovista de vegetación. Debido a ello, existía una ola de frío que azotaba el lugar, y fue esto lo que impulso la instalación de plantaciones de *Pinus radiata* como cortinas rompevientos (B. Lalopú, entrevista personal, mayo del 2012).

Para ello, en el año 1995, PRONAMACHCS instaló un vivero comunal de 2500 m² con el que se pensaba producir unos 100 000 plantones por campaña. Las semillas de *Pinus radiata* se compraron en el Banco Nacional de Semillas. Los plantones pasaron de la cama de almácigos a la cama de repique y al cabo de 11 meses se trasladaron a campo definitivo, entre los meses de enero y marzo del año 1996 (B. Lalopú, entrevista personal, mayo del 2012).

Los días martes y sábados alrededor de 120 personas, entre hombres y mujeres, participaron en las labores de forestación en un horario de 8 am a 3 pm, estas labores estuvieron siempre bajo la supervisión de los técnicos de PRONAMACHCS. Las plantaciones fueron instaladas en un primer momento en áreas comunales y posteriormente fueron instaladas en predios privados. El distanciamiento entre filas y plantas fue de tres bolillo (3 x 3) (B. Lalopú, entrevista personal, mayo del 2012).

Las plantaciones fueron instaladas pero fueron olvidadas, no se le dio el manejo necesario que requiere una plantación. Ninguna de las plantaciones instaladas ha recibido manejo, algunas de ellas han sido utilizadas para la extracción de leña, algunos árboles han sido tumbados para la fabricación de puertas, ambas para uso local y algunas han sido atacados por la plaga del lepidóptero *Nicteria sp.* (B. Lalopú, entrevista personal, mayo del 2012).

A medida que la plantación fue creciendo los pobladores advirtieron que en el cuello de las plantaciones de *Pinus radiata* crecían al natural grandes cantidades del hongo *Suillus luteos*. Actualmente se continúa con las labores de forestación y el objetivo de la plantación es la cosecha del hongo comestible *Suillus luteos*. (B. Lalopú, entrevista personal, mayo 2012).

Actualmente la comunidad está interesada en seguir forestando con esta especie ya que su crecimiento es rápido, las corrientes de frío que azotaban la zona ha disminuido y ya existen personas interesadas en comprarle la madera y los hongos (B. Lalopú, entrevista personal, mayo del 2012).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIALES:

Formatos de campo (Ver Anexo 2); Lápices Mongol; Libreta de campo; Ovillos de rafia; Tablero de campo, Tijeras de podar, Tizas.

3.2.2 EQUIPOS:

Brújula SUUNTO KB-14; Cámara fotográfica Kodak C713; GPS GARMIN GPSMAP 60CSX; Hipsómetro SUUNTO PM/5; Laptop HP Pavilion dv6000; Reloscopio de Bitterlich.

3.2.3 INSTRUMENTOS

Estacas de madera de 1,5 m (4 unidades); Forcípula de madera; Machetes; Tijera de podar Tramontina, Tizas; Wincha de 30 m; Wincha metálica de 3 m., Serrucho curvo Tramontina.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Se analizó el inventario forestal realizado por PRONAMACHCS (2007), del cual se obtuvieron las superficies totales (ha) de las plantaciones establecidas desde el año 1996 hasta el 2008, (Ver Cuadro 12).

Cuadro 12 Superficie de las plantaciones (ha) establecidas por año

Año	Superficie (ha)
1996	4,4994
1997	14,28974
1998	13,09224
1999	33,62448
2000	1,53759
2001	0,43063
2002	1,33973

2003	0,60864
2004	10,44335
2005	5,7977
2006	2,70759
2007	3,85012
2008	18,43645
TOTAL	110,65766

El número de parcelas a ser evaluadas fue de 100 parcelas, así como lo indica Alder (1980).

3.3.2 DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE LAS PARCELAS A SER EVALUADAS

Se distribuyeron las parcelas en función de las edades de las plantaciones y la superficie total de las mismas; es decir, se asignó un número de parcelas a cada una de las edades de las plantaciones, de acuerdo a la superficie total que tenían, a mayor superficie total, mayor número de parcelas a ser evaluadas. Asimismo, la distribución de las parcelas abarcó toda el área de las plantaciones de *Pinus radiata*.

La ubicación se hizo de manera sistemática ya que así se disminuyó al mínimo el tiempo requerido para ir de una parcela a otra y se conservó una distribución razonablemente satisfactoria (Bruce *et al.*, 1965).

3.3.3 CODIFICACIÓN DE LAS PARCELAS A SER EVALUADAS

Se codificó las parcelas a ser evaluadas con seis dígitos; los dos primeros dígitos indican el año de establecimiento de la plantación, los dos siguientes el número que poseen en el plano elaborado luego de obtenidos sus perímetros y los dos últimos el número de parcelas establecidas (ya que en algunos casos dentro de una plantación, se establecieron 8 parcelas de 25 m x 25 m).

3.3.4 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo, tal y como lo señala la figura 2, comenzó con la georreferenciación de las plantaciones, posteriormente se realizó la delimitación de las parcelas de 25 m x 25 m, y finalmente se realizaron las mediciones de diámetros y altura total.

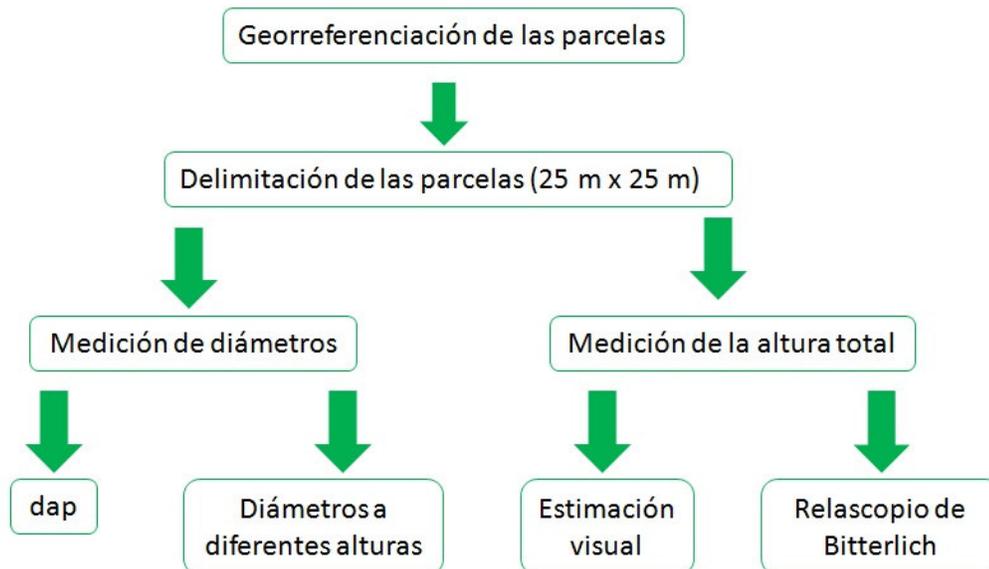


Figura 2 Diagrama de Flujo del Trabajo de Campo

A) GEORREFERENCIACIÓN DE LAS PLANTACIONES

Se utilizó el GPS GARMIN GPSMAP para georreferenciar cada una de las plantaciones, para ello se recorrió el perímetro de las mismas. Con esto se logró verificar el área (obtenida del inventario realizado por PRONAMACHS) y se obtuvo el perímetro de cada una de las plantaciones, para su posterior ubicación en el plano que fue elaborado luego de obtenidas todas las áreas de los distintos rodales establecidos hasta el año 2008 (Ver Anexo 1).

B) DELIMITACIÓN DE LAS PARCELAS

Una vez situados en las plantaciones respectivas, se procedió a instalar las parcelas de evaluación (25 m x 25 m).

La delimitación se hizo con ayuda del técnico forestal y de algunas personas del lugar. Se utilizaron cuatro estacas de 1.5 m, rafia para cercarlas y la brújula SUUNTO KB-14.

C) MEDICIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO

Para hallar el diámetro a la altura de pecho (diámetro de un árbol medido en un punto de referencia, por lo general a 1,30 m del suelo, representado por sus iniciales “dap”), se midieron dos diámetros perpendiculares entre sí con la forcípula de madera. Esta medición se realizó a los individuos que tuvieron más de 5 cm de diámetro.

D) MEDICIÓN DE LA ALTURA TOTAL

A los individuos ya establecidos (con un $dap \geq 5$ cm) se les estimó visualmente la altura total en metros.

A los individuos que tuvieron menos de 5 cm de diámetro, se les tomó la altura total en metros con ayuda de la wincha metálica.

E) MEDICIÓN DE DIÁMETROS A DIFERENTES ALTURAS

En una muestra de 50 árboles (5 individuos en 10 parcelas distintas), se midieron cuatro diámetros a diferentes alturas con ayuda del Relascopio de Bitterlich. Estos 50 individuos cumplían con las siguientes condiciones: 10 cm de dap y 5 m de altura. Esta información fue útil para la determinación del volumen de la población.

Ubicados a una distancia de 10 m se les tomó la altura total (m) y se les dividió en cinco partes iguales. A su vez la parte más cercana al suelo, se dividió en dos secciones (1 y 2). En la sección 1 se tomó el dap, mientras que en las demás secciones, se tomó el diámetro en el extremo superior de cada sección. Todas estas mediciones se hicieron utilizando el mismo instrumento (Figura 3).

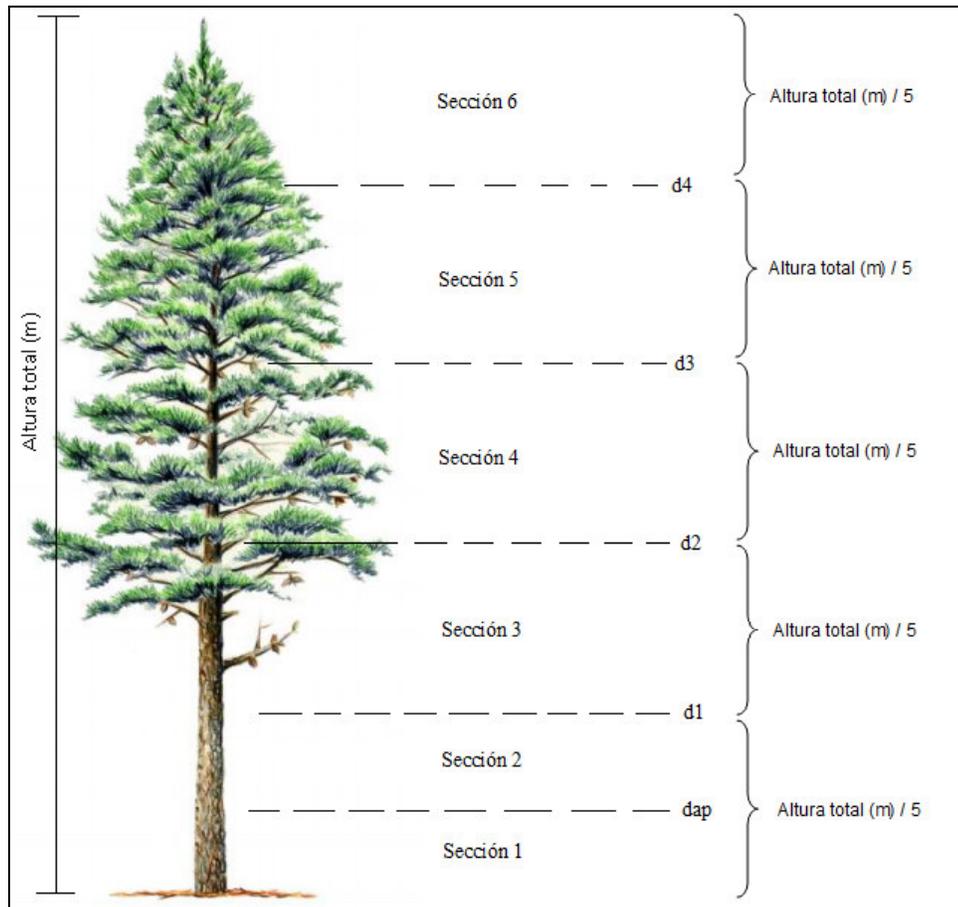


Figura 3 Árbol dividido en secciones para estimación de volumen

3.3.5 TRABAJO DE GABINETE

A) CÁLCULO DEL INCREMENTO MEDIO

Con los datos obtenidos en campo, se calculó el Incremento Medio para el diámetro a la altura de pecho (cm/año) y el Incremento Medio para la altura (m/año) para cada una de las parcelas evaluadas. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{\text{Eparámetro}}{\text{Edad}}$$

Donde:

IM = Incremento Medio, expresado en cm/año ó m/año.

Parámetro = sumatoria del dap promedio o altura promedio. Expresado en cm ó m, respectivamente.

B) CÁLCULO DE ÁREA BASAL

Con los datos obtenidos en campo se calculó el área basal de las parcelas evaluadas. La fórmula utilizada fue la del área basal (g):

$$g = \frac{\pi \times dap^2}{4}$$

Donde:

g = Área basal (cm²)

π = Número pi (3,141516)

dap =diámetro a la altura de pecho

C) CÁLCULO DE LOS VOLUMENES

Se utilizaron las siguientes fórmulas para el cálculo total del volumen. Se aplicó cada una de ellas para las diferentes secciones del árbol y luego se procedió a sumar cada resultado para hallar el volumen total.

- Fórmula del cilindro: Se aplicó para la sección 1 del árbol (Ver figura 4).

$$V = \frac{\pi \times d^2 \times h}{4}$$

Donde:

V = Volumen del cilindro en m^3 .

π = Número pi (3,141516).

d = Diámetro en m.

h = Altura en m.

- Fórmula de Smalian: Se aplicó para la sección 2; 3; 4 y 5 del árbol (Ver figura 4).

$$V = L \times \frac{(A1 + A2)}{2}$$

Donde:

V = Volumen de la sección en m^3 .

$A1$ = Área de la cara inferior de la troza en m^2 .

$A2$ = Área de la cara superior de la troza en m^2 .

L = Longitud de la troza en m.

- Fórmula del cono: Se aplicó para la sección 6 del árbol (Ver figura 4).

$$V = \frac{1}{12} \times (\pi \times d^2 \times h)$$

Donde:

V = Volumen del cono en m^3 .

d = Diámetro en m.

h = Altura en m.

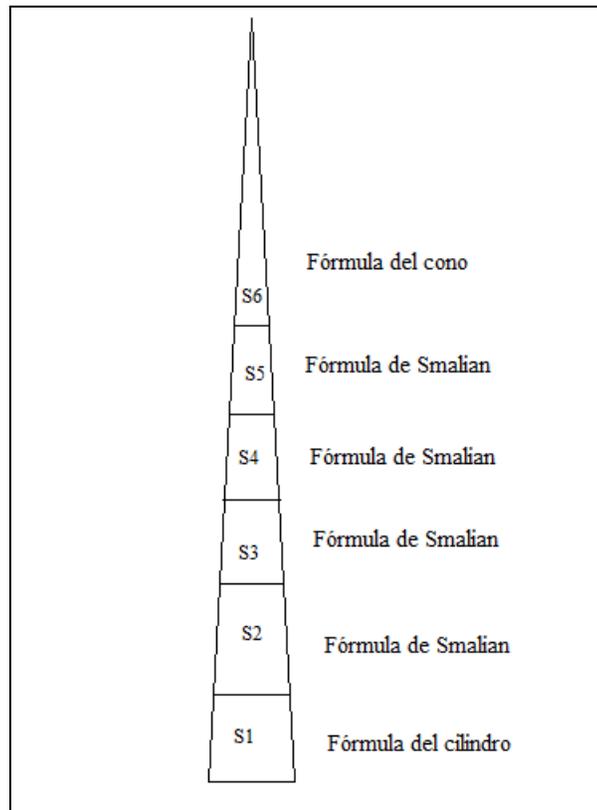


Figura 4 Fórmulas utilizadas según la forma del fuste

El Volumen total de cada árbol se determinó de la siguiente manera:

$$V_{\text{árbol}} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} + V_{S4} + V_{S5} + V_{S6}$$

Donde:

$V_{\text{árbol}}$ = Volumen del fuste del árbol.

V_{si} = Volumen de la sección del fuste.

D) ECUACIONES DE VOLUMEN

Se realizó un análisis de regresión para predecir el volumen total de la plantación. Para ello se utilizó el programa estadístico MINITAB, en el cual se introdujeron los datos de diámetro a la altura de pecho (cm) y la altura total (m) y se probaron los modelos de ecuaciones de volumen, como se muestra en el cuadro 13.

Se analizó el coeficiente de determinación (R^2) de cada modelo para ver cuáles eran las ecuaciones que mejor estimaban o predecían valores. El R^2 nos indicó la proporción en que la variable dependiente Y (volumen) debía su variación a la variable independiente X (dap, altura).

La selección de la ecuación más adecuada para la predicción del volumen de la plantación se determinó a través del cuadrado medio del error (CME), el cual nos indica la mejor combinación de variables. La mejor ecuación es aquella cuyo valor de CME es el menor. (Barrena *et al.*, 1986).

Cuadro 13 Modelos usados en Ecuaciones de Volumen

Modelos	Denominación
$V = b_0 + b_1dap$	Berkhout
$V = b_0 + b_1dap^2h$	De la variable combinada
$V = b_0 + b_1dap^2$	Kopezky-Gehrhardt
$V = b_0 + b_1dap + b_2dap^2$	Hohenald-Krem
$V = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h$	

E) ECUACIONES DE CRECIMIENTO

Se realizó un análisis de regresión para determinar el crecimiento en diámetro a la altura de pecho, área basal y altura. Para ello se utilizó el programa estadístico MINITAB, en el cual se introdujeron los datos obtenidos en campo (diámetro y altura) y se probaron modelos de ecuaciones de crecimiento (cuadro 14).

Previo a la selección de la ecuación más adecuada para la predicción del crecimiento, se analizó el coeficiente de determinación (R^2) de cada modelo, el cual nos indicó cuáles eran las ecuaciones que mejor predecían o estimaban los valores.

Para determinar cuál es la ecuación de crecimiento que mejor estima el crecimiento de la plantación se procedió en tres etapas.

La primera consiste en determinar la mejor combinación de variables para cada modelo, para ello se empleó el cuadrado medio del error (CME). La mejor ecuación es aquella cuyo valor de CME es el menor.

Como se muestra en el cuadro 14, existen dos grupos de modelos; uno en el que la variable dependiente es el dap, área basal y altura y otro donde la variable dependiente es el logaritmo del dap, área basal y altura. Como no se pueden comparar directamente ecuaciones de regresión con variables dependientes diferentes como es en este caso, se procedió primero a determinar la mejor ecuación de crecimiento dentro de cada uno de los grupos mencionados, y posteriormente, se comparó las dos ecuaciones resultantes.

La segunda etapa consistió en comparar dentro de cada uno de los dos grupos de ecuaciones obtenidas en el paso anterior. Para ello se comparó los valores del cuadrado medio del error (CME), la ecuación con menor valor de CME explica mejor la variable dependiente.

De esta manera, se obtuvieron dos ecuaciones, una que explica el dap, área basal o altura (de acuerdo al parámetro que estemos utilizando) y otra que explica el logaritmo del dap, área basal o altura. Como estas ecuaciones no se pueden comparar en base al CME ya que las variantes corresponden a variables diferentes, se empleó el Índice de Furnival en la tercera etapa.

El Índice de Furnival es un índice que permitió comparar los modelos lineales con los modelos transformados, tiene la ventaja de reflejar las dimensiones de los residuales y, además, las infracciones contra las condiciones de los mínimos cuadrados (Moret *et al.*, 1998).

Aquellas ecuaciones con menor índice de Furnival serán las mejores para estimar el crecimiento.

Cuadro 14 Modelos usados en Ecuaciones de Crecimiento

<i>Modelos</i>	<i>Denominación</i>
$t = b_0 + b_1E + b_2E^2$	Prodán
$\ln(t) = b_0 + \frac{b_1}{E}$	Schumacher
$\ln(t) = b_0 + b_1 \ln E + b_2 \ln^2 E$	Assman
$H = b_0 + b_1 \ln E$	
$\ln(H) = b_0 + \frac{b_1}{E}$	
$\ln(H) = b_0 + \frac{b_1}{E} + \frac{b_2}{E^2}$	
$\ln(H) = b_0 + \frac{b_1}{E} + \frac{b_2}{E^2} + \frac{b_3}{E^3}$	
Siendo t: dap y AB	

F) CLASIFICACIÓN DE SITIOS

Siguiendo la metodología de Alder (1980), se construyeron curvas de índice de sitio para analizar con mayor precisión el crecimiento de la plantación.

Se empleó el método gráfico de construcción, es decir, se plotearon todos los datos disponibles de altura-edad de los rodales en consideración. Las alturas dominantes fueron utilizadas, al ser mucho más independientes de las variaciones de la densidad del rodal.

A continuación se dibujaron 3 curvas a mano alzada a través de los datos. Estas curvas siguieron las tendencias de:

- Las parcelas del borde inferior de la masa de datos.
- La tendencia central de los datos.
- El borde superior de los datos.

En cada caso, se trazaron las curvas tan paralelas como fue posible. Se enumeraron las curvas secuencialmente, desde la I (la más productiva) a la III (la menos productiva).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Luego de conocer las superficies totales de las plantaciones establecidas desde el año 1996 hasta el 2008 (ver cuadro 12), se determinó el número 100 para las parcelas a ser evaluadas siguiendo las recomendaciones de Alder para el establecimiento de parcelas temporales (1980).

4.2 DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE LAS PARCELAS A SER EVALUADAS

Para distribuir las parcelas a evaluar por año, se halló el peso ponderado de la superficie y se redondeó por exceso el número hallado. En algunos casos, se puso un número mayor para llegar a 100 parcelas que era el número establecido inicialmente (ver Cuadro 15).

El tamaño de las parcelas de muestreo escogido fue de 25 m x 25 m, ya que se encuentran dentro del rango establecido por Alder (1980) que va desde 0,04 ha a 0,08 ha.

Cuadro 15 Número de parcelas a evaluarse en cada una de las plantaciones

Año	Superficie (ha)	Peso ponderado (%)	Parcelas a evaluar (0,0625 ha)
1996	4,4994	4,06605381	5
1997	14,28974	12,91346663	13
1998	13,09224	11,83130025	12
1999	33,62448	30,38603925	30
2000	1,53759	1,38950164	3
2001	0,43063	0,389155166	1
2002	1,33973	1,210697931	3
2003	0,60864	0,550020667	2
2004	10,44335	9,437530127	9
2005	5,7977	5,239311946	5
2006	2,70759	2,446816605	3
2007	3,85012	3,479307262	4
2008	18,43645	16,66079872	10
TOTAL	110,65766	100	100

Se utilizó el mapa de las plantaciones (propio de la comunidad de Marayhuaca) para elegir en cuál de estas se iban a instalar las parcelas de evaluación. La selección de las plantaciones se realizó al azar, se trató de ubicar las parcelas de evaluación en toda el área cubierta por la plantación (Ver Anexo 1).

Una vez elegidas las plantaciones donde se iban a instalar las parcelas de evaluación (cuadro 16) se señaló dentro de cada plantación el número correspondiente de parcelas de evaluación de manera sistemática, así se esperaba disminuir al mínimo el tiempo requerido para ir de una parcela a otra y conservar una distribución razonablemente satisfactoria, como lo indica Bruce *et al.*, (1965).

A pesar de haber planificado la instalación de las parcelas de evaluación, el bosque no venía siendo manejado, razón por la cual se invirtió demasiado tiempo en cortar la maleza y limpiar los caminos para poder armar las parcelas y comenzar la evaluación.

Cuadro 16 Plantaciones elegidas y número de parcelas a evaluarse

Año	Nº de parcelas a evaluarse	Nombre del Dueño/Nombre de la Plantación
1996	5	Comunal Mulacacha
1997	1 1 4 5 2	Juan Tenorio Caju "Intiraymi" Santos Sánchez Caju "Espino Serca" Comunal "Hueco del Zorro 1" Comunal "Hueco del Zorro 2" Paulino Sánchez "Caminos del Inca"
1998	2 2 1 1 4 2	Comunal "Tranca Pucro 1" José Bernilla Caju "Hermosa Cantana" Feliciano Purihuananí "La Loma" Luciano Quispe "Huaycayju" Santos Sánchez Caju "Parejo Pampa" Narciso Calderón Carlos "Caminos del Inca"
1999	2 2 2	Comunal "Tranca Pucro 2" Narciso Calderón "Pichanayjun 1" Natividad Bernilla "Romeryjon"

	1	Narciso Calderón "Pichanayjun 2"
	4	Comunal "Atunyacu"
	2	Comunal "Fundo La Perga 1"
	1	Eleuterio Sánchez Caju "Hueco del Zorro 1"
	4	Comunal "Fundo La Perga 2"
	8	Comunal "Fundo La Perga 3"
	1	Miguel y Hemiliano "Huaycayju"
	2	Miguel y Hemiliano "Cochayjón"
	1	Clemente Calderón Carlos "Caminos del Inca"
2000	2	Pablo Bernilla Roque "Valle Verde"
	1	Rosas Tenorio Caju " Atun rumi"
2001	1	Santos Sánchez Caju "Cruz Serca"
2002	1	Anastacio Sánchez Caju "Ucpa Mullacayqun"
	1	Angelino Sánchez "Puquial 1"
	1	Angelino Sánchez "Puquial 2"
2003	2	Eleuterio Sánchez Caju "Hueco del Zorro 2"
2004	8	Comunal "Pergayjon rumi 1"
	1	Oswaldo Sánchez "Chilcayjón"
2005	1	Eleuterio Sánchez Caju "Hueco del Zorro 3"
	2	Comunal "Pergayjon rumi 2"
	1	Cristóbal Sánchez "Piedra grande"
	1	Emiliano Tenorio Manayay "Kutu rumi"
2006	1	Eusebio Sánchez "Parejo Pampa"
	1	Angelino Sánchez "Shita"
	1	Angelino Sánchez "Marayhuaca 1"
2007	1	Luciano Calderón Quispe
	3	Angelino Sánchez "Marayhuaca 2"
2008	1	Luciano Calderón Quispe
	2	Luciano Calderón Quispe
	1	Luciano Calderón Quispe
	1	Comunal "Pergayjon rumi 3"
	5	Comunal "Sirka Pukyu"
TOTAL	100	

4.3 TRABAJO DE CAMPO

A) GEORREFERENCIACIÓN DE LAS PLANTACIONES Y DELIMITACIÓN DE LAS PARCELAS

El trabajo de campo empezó con la georreferenciación de las plantaciones seleccionadas para verificar el área y obtener su perímetro. Con estos datos obtenidos se elaboró el plano de ubicación de las mismas (ver Anexo 1).

Una vez situados en las plantaciones respectivas, se instalaron las parcelas de evaluación. Se planificó delimitar 100 parcelas de muestreo, sin embargo, sólo se pudieron instalar 97 debido a que el dueño de las 3 faltantes se encontraba de viaje (ver Anexo 1).

El error de cierre obtenido en todos los casos fue menor al 5% del perímetro de la parcela instalada (menos de 5 m).

B) MEDICIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO

A los árboles ubicados dentro de las parcelas de evaluación se les midió el dap mayor y el dap menor. En el cuadro 17 se observa el valor de ambos dap (1 y 2) y el valor del dap promedio para cada una de las parcelas de evaluación. De las 97 parcelas evaluadas sólo se midió el dap en 69 de ellas, debido a que sólo en ellas se encontraron individuos con más de 5 cm de dap.

Cuadro 17 dap promedio (cm) de los árboles evaluados por parcela

<i>Código de la Parcela</i>	<i>Edad (años)</i>	<i>dap 1 (cm)</i>	<i>dap 2 (cm)</i>	<i>dap promedio (cm)</i>
961801	13	20,91	21,41	21,16
961802	13	17,36	17,45	17,41
961803	13	24,45	24,58	24,52
961804	13	23,78	23,70	23,74
961805	13	24,69	24,81	24,75
971401	12	18,53	19,70	19,11
972201	12	14,88	15,44	15,16
972301	12	16,63	16,56	16,59
972302	12	17,13	17,20	17,17
972303	12	13,89	14,26	14,08
972304	12	17,66	17,88	17,77
972801	12	16,64	16,64	16,64
972802	12	17,09	17,09	17,09

972803	12	15,11	15,17	15,14
972804	12	16,21	16,18	16,19
972805	12	16,69	16,47	16,58
973301	12	14,68	14,70	14,69
973302	12	16,59	20,47	18,53
980201	11	17,34	17,42	17,38
980202	11	19,08	19,08	19,08
981901	11	16,60	16,68	16,64
981902	11	15,19	15,30	15,25
983401	11	15,63	15,40	15,52
983701	11	14,34	14,41	14,38
984101	11	9,15	9,98	9,57
984102	11	9,44	10,15	9,78
984103	11	9,96	10,08	10,02
984104	11	10,51	10,37	10,44
984701	11	13,64	13,62	13,63
984702	11	15,45	15,22	15,33
990501	10	12,19	11,53	11,86
990502	10	13,14	12,86	13,00
990901	10	12,62	13,44	13,03
990902	10	13,05	13,06	13,06
991201	10	12,87	12,87	12,87
991202	10	12,26	12,28	12,27
991203	10	10,40	10,44	10,42
991204	10	10,45	10,60	10,53
991601	10	16,08	15,81	15,94
991602	10	16,52	16,40	16,46
992401	10	12,76	13,25	13,01
992601	10	10,95	11,04	10,99
992602	10	9,52	9,69	9,60
992603	10	9,49	9,46	9,47
992604	10	11,29	11,28	11,28
992701	10	13,54	13,41	13,47
992702	10	14,97	15,25	15,11
992703	10	13,10	13,28	13,19
992704	10	10,85	10,82	10,84
992705	10	13,99	14,05	14,02
992706	10	13,55	13,58	13,57
992707	10	13,30	13,47	13,38
992708	10	14,27	14,19	14,23
994201	10	8,53	8,52	8,52
994301	10	15,14	15,07	15,11
994302	10	12,95	13,02	12,98
994601	10	11,37	11,15	11,26
004001	9	10,94	10,92	10,93
004002	9	11,65	11,90	11,77
005301	9	9,28	9,87	9,57

013101	8	5,96	6,35	6,48
021501	7	9,24	9,24	9,24
026501	7	5,58	6,00	5,79
026701	7	5,50	6,08	5,79
032501	6	9,26	9,51	9,38
032502	6	7,18	7,10	7,14
045601	5	11,92	12,02	11,97
051701	4	9,43	8,96	9,20
053501	4	14,14	14,79	14,47

En el cuadro 18 se observa el dap promedio (cm) por grupos de edades. El dap promedio más alto fue encontrado en las parcelas de 13 años, que es la de mayor edad, sin embargo, el dap promedio menor fue encontrado en las parcelas de 8 años y no en la de 4 años que sería lo esperado. Vemos que las parcelas de 4 y 5 años presentan valores de dap promedio superiores a las edades de 6; 7; 8; 9 y 10 años.

Cuadro 18 dap promedio (cm) por grupos de edades

<i>Edad (años)</i>	<i>dap promedio (cm)</i>
13	22,32
12	16,52
11	13,92
10	12,57
9	10,76
8	6,48
7	6,94
6	8,26
5	11,97
4	11,84

En la figura 5 se observa la relación edad (años) y dap (cm), en la cual podemos ver la tendencia ascendente que existe entre los datos a partir de los 6 años. Vemos que las parcelas de 4 y 5 años presentan valores superiores a los de las parcelas de años siguientes, esto puede deberse a que las plantaciones de 4 y 5 años se encuentran cerca a quebradas estacionales y a la calidad de suelo, lo cual favorecería el crecimiento del dap.

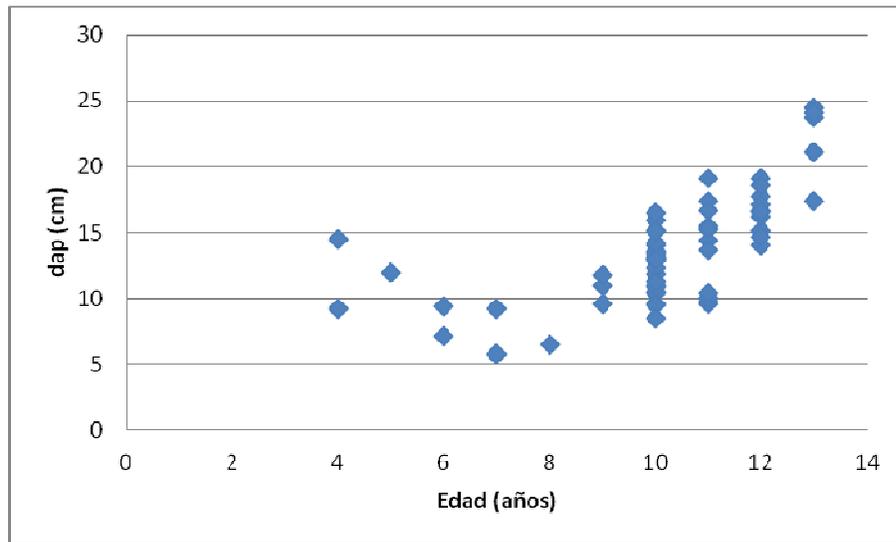


Figura 5 Relación entre la edad (años) y el dap (cm)

En la figura 6 se observa la relación lineal que existe entre el dap 1 (cm) y el dap 2 (cm). Vemos que existe una alta correspondencia entre ambos diámetros. La gran mayoría de los fustes evaluados son circulares, ya que ambos valores son bastante similares. En la parcela 973302 de 12 años se encuentra un valor promedio de dap superior a lo que indica la tendencia, esto podría deberse a que la parcela se encontraba en una zona con pendiente.

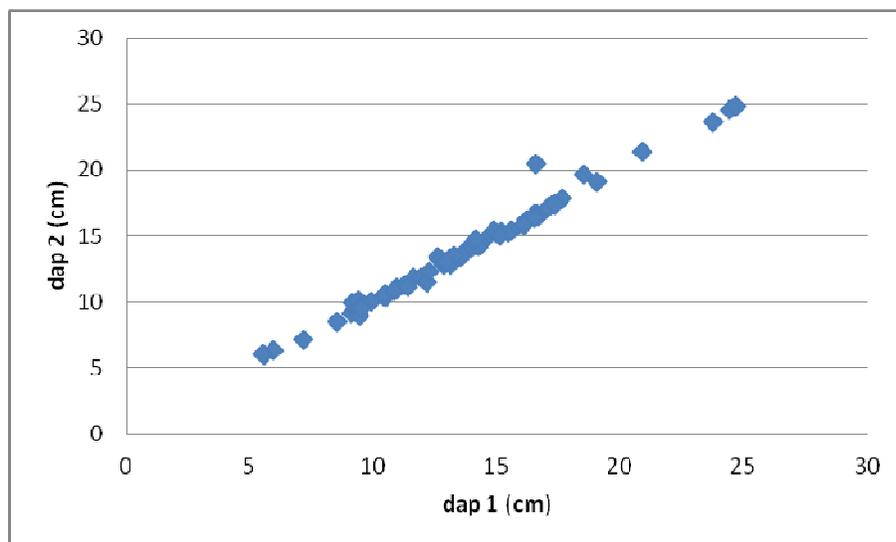


Figura 6 Relación lineal entre dap 1 (cm) y dap 2 (cm)

C) MEDICIÓN DE LA ALTURA TOTAL

La altura total de los individuos con menos de 5 cm de diámetro, se hizo con ayuda de una wincha metálica, mientras que los que tenían más de 5 cm de diámetro, se estimó visualmente. En el cuadro 19 se observa la altura total (m) de las 97 parcelas evaluadas. La parcela 082101 de 1 año de edad es la que presenta el menor valor de altura (0,43 m) y el mayor valor de altura (12,16) se encuentra en la parcela 961803 de 13 años.

Cuadro 19 Altura Total Promedio de los Árboles Evaluados

Código de la parcela	Edad (años)	Altura total promedio (m)
961801	13	8,03
961802	13	3,08
961803	13	12,16
961804	13	12,01
961805	13	11,85
971401	12	10,28
972201	12	10,22
972301	12	9,23
972302	12	9,74
972303	12	7,55
972304	12	9,84
972801	12	9,54
972802	12	9,81
972803	12	7,96
972804	12	9,39
972805	12	9,39
973301	12	6,37
973302	12	7,10
980201	11	8,36
980202	11	10,28
981901	11	10,46
981902	11	8,95
983401	11	6,58
983701	11	10,23
984101	11	4,74
984102	11	4,72
984103	11	5,42
984104	11	5,98

984701	11	6,05
984702	11	7,33
990501	10	6,10
990502	10	5,38
990901	10	9,11
990902	10	9,60
991201	10	7,25
991202	10	7,44
991203	10	7,30
991204	10	1,48
991601	10	7,71
991602	10	8,78
992401	10	6,74
992601	10	7,60
992602	10	5,79
992603	10	5,10
992604	10	7,13
992701	10	7,92
992702	10	9,71
992703	10	8,53
992704	10	7,60
992705	10	9,49
992706	10	8,55
992707	10	7,37
992708	10	8,40
994201	10	5,85
994301	10	9,56
994302	10	8,91
994601	10	5,55
004001	9	6,38
004002	9	7,83
005301	9	4,84
013101	8	3,97
021501	7	4,70
026501	7	1,57
026701	7	2,74
032501	6	5,56
032502	6	3,69
042901	5	0,81
042902	5	1,13
042903	5	1,05

042904	5	1,21
042905	5	1,42
042906	5	1,10
042907	5	1,16
042908	5	1,10
045601	5	6,52
051701	4	4,78
053001	4	1,37
053002	4	1,34
053501	4	5,85
056101	4	0,78
064901	3	0,66
065001	3	1,70
065901	3	1,03
070401	2	1,48
075701	2	0,80
075702	2	0,78
075703	2	0,67
080301	1	0,65
080801	1	0,57
080802	1	0,53
081101	1	0,55
082101	1	0,43
084401	1	1,09
084402	1	0,93
084403	1	1,10
084404	1	0,97
084405	1	0,80

En el cuadro 20 se observa la altura promedio (cm) por grupos de edades. La altura promedio más alta fue encontrada en las parcelas de 13 años, que es lo esperado debido a que son las parcelas de mayor edad. Vemos que las parcelas de 6 años presentan valores mayores de altura promedio que las parcelas de 7 y 8 años. Asimismo, las plantaciones de 4 años presentan valores de altura promedio mayor que las plantaciones de 5 años. Esto nos indicaría las diferentes clases de sitio presentes en la zona.

Cuadro 20 Altura total promedio (m) por grupos de edades

<i>Edad (años)</i>	<i>Altura total promedio (m)</i>
13	9,43
12	8,96
11	7,43
10	7,41
9	6,35
8	3,97
7	3,00
6	4,62
5	1,72
4	2,82
3	1,13
2	0,93
1	0,76

En la figura 7 se observa la relación entre la edad (años) y la altura total (m). Las plantaciones muestran una relación directa, es decir, a mayor edad mayor altura. Vemos también que las parcelas de 4 (051701 y 153501) y 5 años (045601) presentan valores de altura total superiores a los de años siguientes. Esto podría deberse a la cercanía que tienen con las quebradas temporales y a la calidad de suelo.

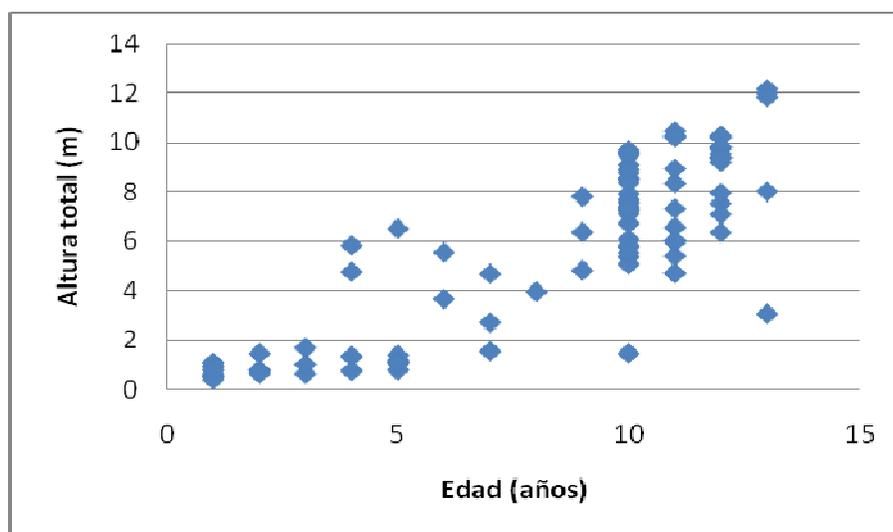


Figura 7 Relación edad (años) y altura total (m)

D) MEDICIÓN DE LOS DIÁMETROS A DIFERENTES ALTURAS

En la sub-muestra de 50 árboles (5 individuos en 10 parcelas distintas) se midió los cuatro diámetros a diferentes alturas (ver figura 3). Además se midió el dap para verificarlo con el valor obtenido al ser medido con la forcípula de madera. En el cuadro 21 vemos el dap (cm) y los cuatro diámetros medidos a diferentes alturas con el Relascopio de Bitterlich.

Cuadro 21 dap y diámetros a diferentes alturas

<i>Código de la Parcela</i>	<i>Edad (años)</i>	<i>dap (cm)</i>	<i>d1 (cm)</i>	<i>d2 (cm)</i>	<i>d3 (cm)</i>	<i>d4 (cm)</i>
972801	12	20	15	10	5	5
972801	12	20	15	15	10	5
972801	12	25	20	15	10	5
972801	12	20	15	15	10	5
972801	12	25	20	15	10	5
973301	12	15	15	10	10	5
973301	12	20	15	15	10	5
973301	12	15	15	10	10	5
973301	12	20	15	15	10	5
973301	12	25	20	15	10	5
980201	11	25	20	15	10	5
980201	11	35	30	20	15	10
980201	11	25	20	15	15	10
980201	11	20	20	15	10	5
980201	11	25	25	20	15	5
980202	11	25	20	15	10	5
980202	11	30	25	20	15	10
980202	11	20	15	10	10	5
980202	11	20	15	15	10	5
980202	11	25	20	15	10	5
981901	11	20	15	10	10	5
981901	11	20	15	15	10	5
981901	11	25	20	15	10	5
981901	11	20	15	15	10	5
981901	11	20	15	15	10	5
981902	11	25	20	15	10	5
981902	11	20	15	15	10	5
981902	11	20	15	15	10	5
981902	11	15	15	10	10	5
981902	11	20	15	10	10	5

991601	10	25	20	15	15	10
991601	10	20	15	10	10	5
991601	10	20	15	10	10	5
991601	10	20	15	10	10	5
991601	10	20	15	10	10	5
991602	10	20	15	10	10	5
991602	10	20	15	10	10	5
991602	10	20	15	10	10	5
991602	10	20	15	10	10	5
991602	10	15	15	10	10	5
992602	10	15	15	10	10	5
992602	10	15	15	10	10	5
992602	10	15	15	10	10	5
992602	10	15	15	10	10	5
994301	10	25	20	15	15	10
994301	10	15	15	10	10	5
994301	10	25	20	15	15	10
994301	10	25	20	15	15	10
994301	10	15	15	10	10	5

Vemos que los árboles que presentaron menor dap tienen un valor de 15 cm y se encuentran en las siguientes parcelas: 973301 (12 años); 981902 (11 años); 992602 (10 años) y 994301 (10 años), mientras que el árbol que presenta el mayor dap tiene un valor de 35 cm y se encuentra en la parcela 980201 (11 años).

En el cuadro 22 se observa la altura total (m) de la sub-muestra de 50 árboles tomada para la estimación de la ecuación de volumen. Vemos que de los cincuenta individuos, diez de ellos tienen 12 años, veinte tienen 11 años y veinte tienen 10 años. El individuo con mayor altura (20 m) fue encontrado en la parcela 972801 de 12 años. Y el individuo con menor altura (10 m) fue encontrado en las siguientes parcelas: 973301 (12 años), 980201 (11 años), 980202 (11 años), 981902 (11 años), 991601 (10 años), 991602 (10 años), 992602 (10 años) y 994301(10 años).

Cuadro 22 Altura total (m) de la sub-muestra

<i>Código de la Parcela</i>	<i>H (m)</i>
972801	11
972801	14
972801	11
972801	12
972801	20
973301	12
973301	12
973301	10
973301	11
973301	11
980201	12
980201	15
980201	12
980201	10
980201	10
980202	13
980202	15
980202	12
980202	10
980202	12
981901	15
981901	14
981901	13
981901	16
981901	15
981902	10
981902	10
981902	11
981902	11
981902	12
991601	10
991601	11
991601	12
991601	12
991601	11
991602	11
991602	12
991602	13

991602	13
991602	10
992602	11
992602	10
992602	11
992602	10
992602	12
994301	13
994301	10
994301	11
994301	11
994301	11

4.4 TRABAJO DE GABINETE

4.4.1 CODIFICACIÓN DE LAS PARCELAS EVALUADAS

En el Anexo 3 se puede observar el código que le corresponde a cada parcela instalada. Éste consta de seis dígitos, de los cuales, los dos primeros pertenecen al año en que se instaló la plantación, los dos siguientes, al número que se le asignó en el plano, y los dos últimos, al número de parcela instalada.

De las 100 parcelas que se decidieron instalar inicialmente, sólo se logró instalar 97, debido a que el dueño de las plantaciones (Pichanayjun 1, Pichanayjun 2 y Romerayjun, todas instaladas en el año 1999) para la instalación de las tres parcelas faltantes, se encontraba de viaje y no se tenía una fecha prevista para su regreso.

4.4.2 CÁLCULO DEL INCREMENTO MEDIO

En el cuadro 23 observamos el Incremento Medio del diámetro a la altura de pecho (cm/año) por grupos de edades. Vemos que la parcela en la cual sus individuos presentaron un mayor valor de Incremento Medio (cm/años) es la 053501 de 4 años mientras que la parcela en la cual sus individuos presentaron el menor valor de Incremento Medio (cm/año) es la parcela 026501 de 7 años. Esto debido a que la parcela 053501 tuvo un mayor número de individuos con respecto a las demás.

La diferencia en el número de individuos hallados en cada parcela podría deberse a la presencia de una plaga que ataca a las plantaciones de *Pinus radiata* en algunos sectores más que en otros, se trata de un lepidóptero, *Nicteria sp.*, el cual se alimenta de las hojas, defoliando a los árboles hasta detener su crecimiento ya que se alimenta siempre de los brotes. Plaga que ha sido observada durante la evaluación realizada en campo.

Asimismo, el contar con 90 individuos en una sola parcela de evaluación indica que al momento del establecimiento de la plantación, no se ha respetado el distanciamiento entre un árbol y otro.

Cuadro 23 Incremento Medio del dap (cm/año)

<i>Parcela</i>	Σ dap (cm)	Edad (años)	I. Medio (cm/años)
961801	677	13	52,08
961802	383	13	29,46
961803	760	13	58,46
961804	949,5	13	73,04
961805	792	13	60,92
971401	1089,5	12	90,79
972201	1304	12	108,67
972301	979	12	81,58
972302	1287,5	12	107,29
972303	802,5	12	66,88
972304	1208,5	12	100,71
972801	1065	12	88,75
972802	940	12	78,33
972803	984	12	82,00
972804	1101	12	91,75
972805	978,5	12	81,54
973301	837,5	12	69,79
973302	908	12	75,67
980201	921	11	83,73
980202	1507	11	137,00
981901	1248	11	113,45
981902	960,5	11	87,32
983401	807	11	73,36
983701	920	11	83,64
984101	622	11	56,55
984102	577	11	52,45
984103	751,5	11	68,32
984104	731	11	66,45
984701	831,5	11	75,59
984702	1058	11	96,18

990501	557,4	10	55,74
990502	481	10	48,10
990901	795	10	79,50
990902	809,5	10	80,95
991201	1068	10	106,80
991202	834,5	10	83,45
991203	573	10	57,30
991204	610,5	10	61,05
991601	845	10	84,50
991602	1037	10	103,70
992401	767,5	10	76,75
992601	835,5	10	83,55
992602	739,5	10	73,95
992603	540	10	54,00
992604	654,5	10	65,45
992701	956,5	10	95,65
992702	1027,5	10	102,75
992703	949,5	10	94,95
992704	726	10	72,60
992705	1107,5	10	110,75
992706	882	10	88,20
992707	629	10	62,90
992708	839,5	10	83,95
994201	528,5	10	52,85
994301	846	10	84,60
994302	844	10	84,40
994601	608	10	60,80
004001	393,5	9	43,72
004002	800,5	9	88,94
005301	651	9	72,33
013101	311,1	8	38,89
021501	425	7	60,71
026501	69,5	7	9,93
026701	150,5	7	21,5
032501	366	6	61,00
032502	364	6	60,67
045601	730	5	146,00
051701	211,5	4	52,88
053501	1302	4	325,50

En el cuadro 24 observamos el Incremento Medio de la altura (m/año) por grupos de edades. Vemos que la parcela en la cual sus individuos presentaron un mayor valor de Incremento medio (m/año) es la 053501 de 4 años. Y la parcela en la cual sus individuos presentaron un menor valor de Incremento Medio (m/año) es la 042901 de 5 años. Esto debido igualmente a la

desigualdad existe entre el número de individuos de cada parcela, donde la parcela de menor incremento contaba con 59 individuos mientras que la que presentó mayor valor de incremento medio contaba con 90 individuos. Lo cual indica que al momento del establecimiento de la plantación, no se ha respetado el distanciamiento entre un árbol y otro.

Cuadro 24 Incremento Medio de la altura (m/año)

<i>Parcela</i>	<i>altura (m)</i>	<i>Edad (años)</i>	<i>I. medio (m/años)</i>
961801	257	13	19,77
961802	157	13	12,08
961803	377	13	29,00
961804	492,5	13	37,88
961805	391	13	30,08
971401	586	12	48,83
972201	889	12	74,08
972301	572	12	47,67
972302	760	12	63,33
972303	483,5	12	40,29
972304	689	12	57,42
972801	667,6	12	55,63
972802	549,5	12	45,79
972803	549,5	12	45,79
972804	648,5	12	54,04
972805	563,5	12	46,96
973301	452,4	12	37,70
973302	475,9	12	39,66
980201	460	11	41,82
980202	812	11	73,82
981901	837	11	76,09
981902	564	11	51,27
983401	526,4	11	47,85
983701	665	11	60,45
984101	326,9	11	29,72
984102	311,6	11	28,33
984103	433,6	11	39,42
984104	436,8	11	39,71
984701	375	11	34,09
984702	506	11	46,00
990501	311	10	31,10
990502	291,4	10	29,14

990901	556	10	55,60
990902	595	10	59,50
991201	602	10	60,20
991202	511,5	10	51,15
991203	416,2	10	41,62
991204	451,63	10	45,16
991601	447,3	10	44,73
991602	588,5	10	58,85
992401	418	10	41,80
992601	615,2	10	61,52
992602	544	10	54,40
992603	321,1	10	32,11
992604	422,5	10	42,25
992701	594	10	59,40
992702	669,8	10	66,98
992703	631	10	63,10
992704	517	10	51,70
992705	768,8	10	76,88
992706	632,8	10	63,28
992707	427,6	10	42,76
992708	504	10	50,40
994201	415,7	10	41,57
994301	564	10	56,40
994302	677,5	10	67,75
994601	316,5	10	31,65
004001	236	9	26,22
004002	540	9	60,00
005301	362,8	9	40,31
013101	224,7	8	28,09
021501	235,1	7	33,59
026501	107	7	15,29
026701	117,8	7	16,83
032501	217	6	36,17
032502	221,2	6	36,87
042901	55,74	5	11,15
042902	76,95	5	15,39
042903	67,48	5	13,50
042904	77,55	5	15,51
042905	96,71	5	19,34
042906	65,1	5	13,02
042907	91,96	5	18,39

042908	67,15	5	13,43
045601	459,6	5	91,92
051701	110	4	27,50
053001	80,92	4	20,23
053002	94,13	4	23,53
053501	824	4	206,00
056101	70,03	4	17,51
064901	43,8	3	14,60
065001	156,8	3	52,27
065901	40,1	3	13,37
070401	125,7	2	62,85
075701	46,41	2	23,21
075702	39,9	2	19,95
075703	29,5	2	14,75
080301	49,56	1	49,56
080801	43,78	1	43,78
080802	36,46	1	36,46
081101	44,3	1	44,30
082101	20,91	1	20,91
084401	66,49	1	66,49
084402	52,88	1	52,88
084403	79,53	1	79,53
084404	61,96	1	61,96
084405	45,58	1	45,58

4.4.3 CALCULO DE ÁREA BASAL

En el cuadro 25, observamos que la parcela 961803 (13 años) es la que presenta el mayor valor de área basal promedio (cm^2)/árbol, mientras que la parcela que presenta el menor valor de área basal promedio (cm^2)/árbol es la 026701 (7 años).

Cuadro 25 Área basal total (cm²) y Área basal promedio (cm²)

<i>Código</i>	<i>Edad</i>	<i>Área basal total (cm²)</i>	<i>N° de individuos</i>	<i>Área basal promedio (cm²)/árbol</i>
961801	13	12114,77	32	378,59
961802	13	6637,79	22	301,72
961803	13	15726,42	31	507,30
961804	13	18754,33	40	468,86
961805	13	15850,91	32	495,34
971401	12	17339,43	57	304,20
972201	12	17512,02	86	203,63
972301	12	14889,58	59	252,37
972302	12	19948,92	75	265,99
972303	12	10599,14	57	185,95
972304	12	19288,40	68	283,65
972801	12	14955,16	64	233,67
972802	12	13537,52	55	246,14
972803	12	13694,99	65	210,69
972804	12	15085,93	68	221,85
972805	12	14235,93	59	241,29
973301	12	10608,18	62	171,10
973302	12	21794,80	49	444,79
980201	11	14545,57	53	274,44
980202	11	24448,66	79	309,48
981901	11	17146,03	75	228,61
981902	11	12577,56	63	199,64
983401	11	10750,53	52	206,74
983701	11	11169,93	64	174,53
984101	11	5410,61	65	83,24
984102	11	4856,12	59	82,31
984103	11	6380,38	75	85,07
984104	11	6417,49	70	91,68
984701	11	8672,37	62	139,88
984702	11	13916,86	69	201,69
990501	10	5738,47	47	122,10
990502	10	5833,94	37	157,67
990901	10	8809,81	61	144,42
990902	10	7159,49	63	113,64
991201	10	11521,40	83	138,81
991202	10	8782,13	68	129,15
991203	10	5016,34	55	91,21
991204	10	5439,86	58	93,79
991601	10	11330,55	53	213,78
991602	10	14108,11	63	223,94
992401	10	8137,71	59	137,93
992601	10	8112,57	76	106,74
992602	10	6008,10	77	78,03
992603	10	4422,97	57	77,60
992604	10	6204,45	58	106,97

992701	10	11084,91	71	156,13
992702	10	12783,73	68	188,00
992703	10	10961,61	72	152,24
992704	10	6689,63	67	99,85
992705	10	12931,78	79	163,69
992706	10	10039,35	65	154,45
992707	10	7192,28	47	153,03
992708	10	10112,98	59	171,41
994201	10	3984,52	62	64,27
994301	10	11743,27	56	209,70
994302	10	9791,17	65	150,63
994601	10	6260,80	54	115,94
004001	9	3653,48	36	101,49
004002	9	7898,55	68	116,16
005301	9	5615,99	68	82,59
013101	8	1600,96	48	33,35
021501	7	3410,98	47	72,57
026501	7	337,52	12	28,13
026701	7	720,80	26	27,72
032501	6	2834,11	39	72,67
032502	6	2190,48	51	42,95
045601	5	8109,24	62	130,79
051701	4	1651,89	23	71,82
053501	4	16567,19	91	182,06

En la figura 8 observamos la relación entre la edad (años) y área basal (cm²), en la cual podemos ver la tendencia ascendente que existe entre los datos a partir de los 6 años. Las parcelas de 4 y 5 años presentan valores superiores a los de las parcelas de mayor edad, como ocurre con el dap (figura 5), esto debido a que el área basal proviene del dap.

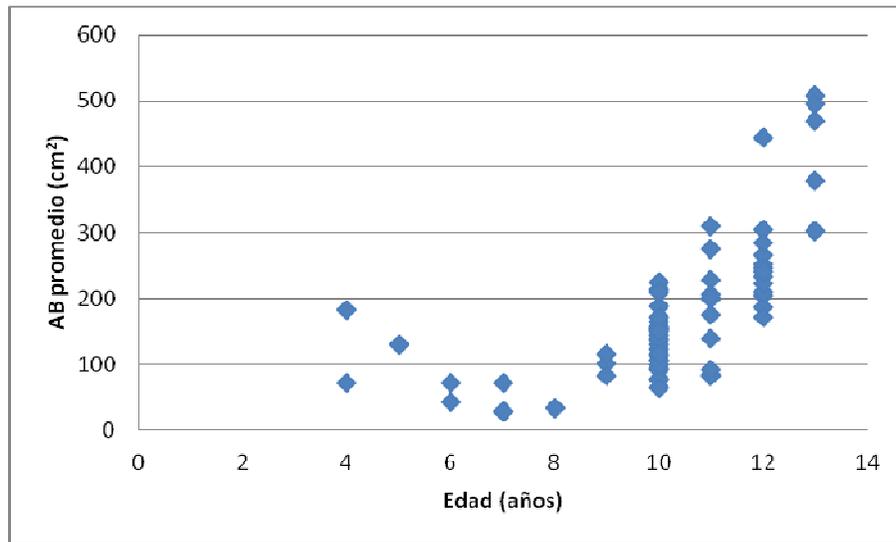


Figura 8 Relación Edad (años) y Área basal (cm²)

En la figura 9, observamos la relación dap promedio (cm) y área basal promedio (cm²). Entre ambas variables existe una relación lineal, a mayor dap mayor área basal. Vemos también que existe un valor superior al que indica la tendencia correspondiente a la parcela 973302 (12 años) y un valor inferior al de la tendencia correspondiente a la parcela 961803 (13 años).

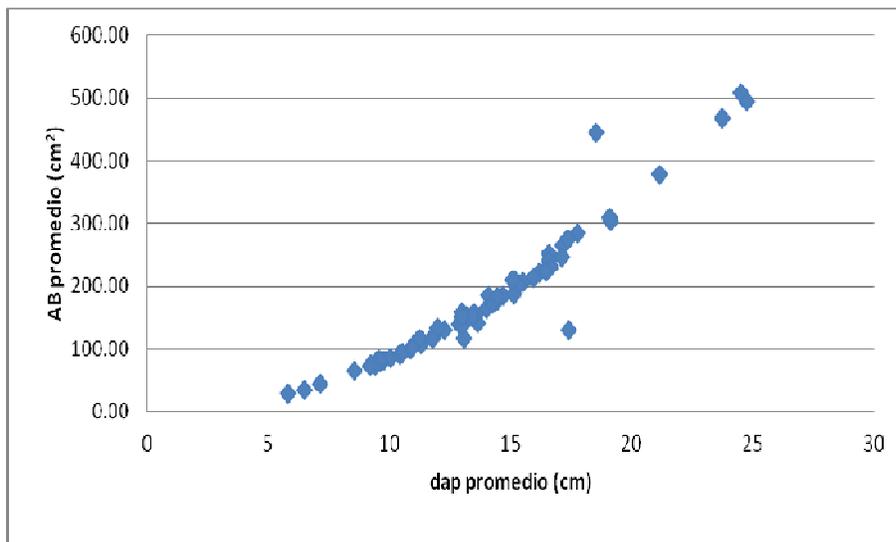


Figura 9 Relación dap promedio (cm) y Área basal promedio (cm²)

4.4.4 CÁLCULO DEL VOLÚMEN

Con las mediciones del dap (cm), los cuatro diámetros superiores y las longitudes a diferentes alturas se aplicó la fórmula del cilindro, Smalian y el cono y se determinaron los volúmenes de las diferentes secciones del fuste (figura 4) con lo cual se tienen los resultados observados en el Anexo 4. En el cuadro 26 se tienen los resultados por fuste, producto de la suma de los volúmenes de las secciones de los fustes. El volumen promedio del fuste de un árbol es 0,155 m³, cuyo rango va desde 0,088 m³ (árbol 35) a 0,540 m³ (árbol 2, que además es el árbol que tiene el mayor dap).

Cuadro 26 Volumen de Fustes

Nº de árbol	Volúmenes de las Secciones del fuste						Volumen total (m ³)
	Sección 1 (m ³)	Sección 2 (m ³)	Sección 3 (m ³)	Sección 4 (m ³)	Sección 5 (m ³)	Sección 6 (m ³)	
1	0,064	0,028	0,049	0,026	0,010	0,003	0,179
2	0,125	0,142	0,153	0,074	0,038	0,008	0,540
3	0,064	0,028	0,049	0,035	0,026	0,010	0,212
4	0,041	0,022	0,049	0,026	0,010	0,001	0,149
5	0,064	0,034	0,081	0,049	0,020	0,001	0,249
6	0,064	0,028	0,049	0,026	0,010	0,003	0,180
7	0,092	0,102	0,121	0,074	0,038	0,008	0,434
8	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,003	0,112
9	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,001	0,130
10	0,064	0,028	0,049	0,026	0,010	0,003	0,179
11	0,041	0,017	0,026	0,010	0,004	0,002	0,099
12	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,004	0,133
13	0,064	0,028	0,049	0,026	0,010	0,002	0,178
14	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,003	0,131
15	0,064	0,109	0,098	0,051	0,020	0,003	0,344
16	0,041	0,042	0,038	0,024	0,015	0,002	0,161
17	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,004	0,133
18	0,064	0,028	0,049	0,026	0,010	0,003	0,180
19	0,041	0,042	0,053	0,038	0,015	0,003	0,191
20	0,041	0,042	0,053	0,038	0,015	0,002	0,191
21	0,064	0,028	0,049	0,026	0,010	0,001	0,178
22	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,001	0,130
23	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,002	0,131
24	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,002	0,088

25	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,003	0,112
26	0,064	0,028	0,049	0,035	0,026	0,005	0,207
27	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,002	0,111
28	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,003	0,112
29	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,003	0,112
30	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,002	0,111
31	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,002	0,111
32	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,003	0,112
33	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,003	0,112
34	0,041	0,017	0,026	0,016	0,010	0,003	0,112
35	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,001	0,088
36	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,002	0,088
37	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,001	0,088
38	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,002	0,088
39	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,001	0,088
40	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,003	0,089
41	0,064	0,028	0,049	0,035	0,026	0,013	0,215
42	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,001	0,088
43	0,064	0,028	0,049	0,035	0,026	0,008	0,210
44	0,064	0,028	0,049	0,035	0,026	0,008	0,210
45	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,002	0,088
46	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,003	0,089
47	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,003	0,131
48	0,023	0,012	0,026	0,016	0,010	0,001	0,088
49	0,041	0,017	0,035	0,026	0,010	0,002	0,131
50	0,064	0,028	0,049	0,026	0,010	0,002	0,178
PROMEDIO (m ³)							0,160

Con estos resultados se tiene una relación entre el dap promedio (cm) y el volumen total (m³) como se observa en la figura 10. La relación entre ambas variables es directa en algunas de las parcelas evaluadas, es decir, a mayor diámetro (cm) mayor volumen (m³), sin embargo, en la mayoría de las parcelas evaluadas, vemos que a pesar de tener el mismo valor de dap promedio (cm) se tienen diferentes valores para el volumen total, debido a que el área basal (cm²) alcanzada en cada una de las parcelas no era la misma. Esto nos indica nuevamente las diferentes clases de sitio presentes en la zona de evaluación.

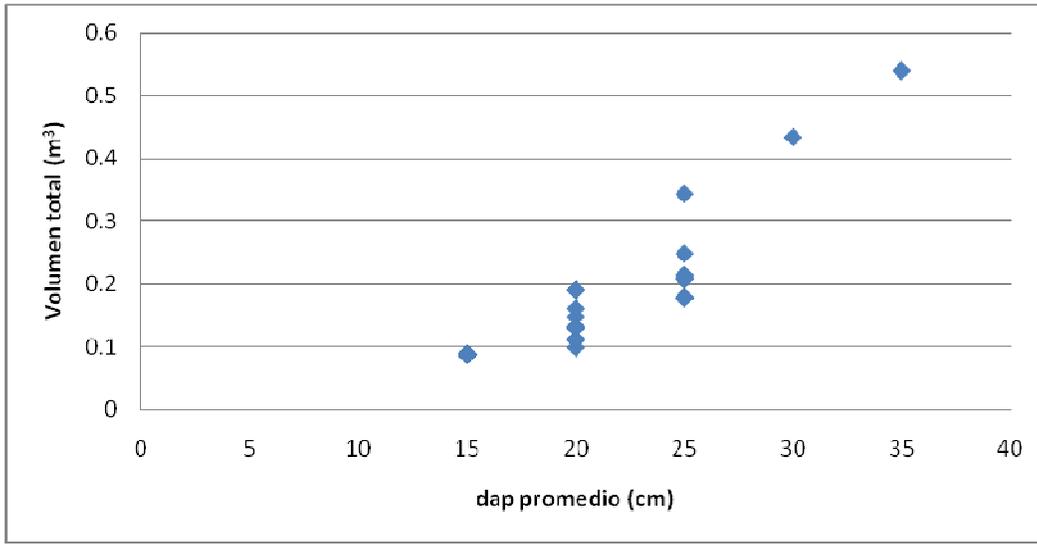


Figura 10 Relación dap promedio (cm) y el volumen total (m³)

4.4.5 ECUACIONES DE VOLUMEN

Luego de realizar el análisis de regresión y probar diferentes modelos de ecuaciones de volumen, se muestran los resultados en el cuadro 27.

Cuadro 27 Ecuaciones de volumen

<i>Modelo</i>	<i>b₀</i>	<i>b₁</i>	<i>b₂</i>	<i>CME</i>
$V = b_0 + b_1dap$	- 0,203	0,0173	-----	0,00198
$V = b_0 + b_1dap^2h$	0,00423	0,000027	-----	0,00068
$V = b_0 + b_1dap^2$	- 0,0266	0,000405	-----	0,00137
$V = b_0 + b_1dap + b_2dap^2$	0,311	- 0,0311	0,00109	0,00099
$V = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h$	0,0007	0,000030	0,000026	0,00069

Donde:

V = Volumen (m)

$b_0; b_1; b_2$ = Parámetros hallados en la regresión

dap = Diámetro a la altura de pecho (m)

h = Altura total (m)

La ecuación elegida es la que tiene el menor valor del cuadrado medio del error (CME), es decir:

$$V = 0,00423 + 0,000027dap^2h$$

Esta ecuación podrá ser usada para la estimación de volumen total de la plantación de *Pinus radiata* establecida en el caserío de Marayhuaca, Inkawasi, para lo cual es necesario contar con el inventario de los árboles vivos y en buen estado de la plantación, para tomar de ellos los datos del diámetro a la altura de pecho (cm) y altura total (m).

En la figura 11 tenemos la relación entre el dap^2h y el volumen (m^3). Vemos que la línea de tendencia (volumen estimado a partir de la ecuación elegida) es equidistante y cruza por el medio de la zona de dispersión del volumen medido con los datos tomados en campo. Esto nos dice que la ecuación elegida para la predicción del crecimiento es correcta y que podríamos servirnos de ella para las predicciones futuras del volumen de la plantación.

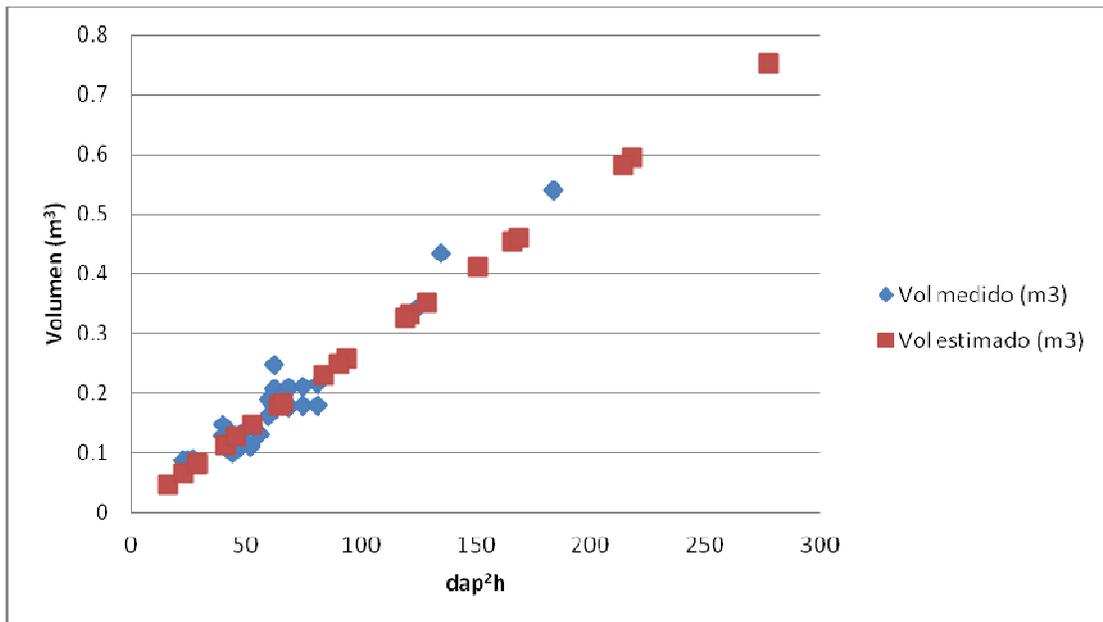


Figura 11 Relación dap^2h y Volumen (m^3)

4.4.6 ECUACIONES DE CRECIMIENTO

Luego de realizar el análisis de regresión y probar distintos modelos de ecuaciones de crecimiento, se muestran los resultados en el cuadro 28. Se probaron tres modelos para estimar el crecimiento del diámetro a la altura de pecho, tres modelos para estimar el crecimiento en área basal y cuatro modelos para estimar el crecimiento en altura.

Cuadro 28 Ecuaciones de Crecimiento

<i>Modelo</i>	<i>b₀</i>	<i>b₁</i>	<i>b₂</i>	<i>b₃</i>	<i>CME</i>	<i>IF</i>
$dap = b_0 + b_1E + b_2E^2$	24,1	-4,47	0,326	----	5,42	2,328089345
$\ln(dap) = b_0 + \frac{b_1}{E}$	3,02	-4,34	----	----	0,0733	3,544454409
$\ln(dap) = b_0 + b_1 \ln E + b_2 \ln^2 E$	8,46	-6,91	1,87	----	0,0341	2,417545167
$AB = b_0 + b_1E + b_2E^2$	17856	-4081	313	----	16873336	4107.716641
$\ln(AB) = b_0 + \frac{b_1}{E}$	10,2	-11,01	----	----	0,4620	5560,964816
$\ln(AB) = b_0 + b_1 \ln E + b_2 \ln^2 E$	18,9	-12,3	3,45	----	0,3154	4594,730085
$H = b_0 + b_1 \ln E$	-0,752	3,45	----	----	5,40	2,323790008
$\ln(H) = b_0 + \frac{b_1}{E} + \frac{b_2}{E^2}$	2,93	-11,4	8,21	----	0,493	2,670557423
$\ln(H) = b_0 + \frac{b_1}{E} + \frac{b_2}{E^2} + \frac{b_3}{E^3}$	4,08	-26,9	53,3	-30,9	0,433	2,502778463
$\ln(H) = b_0 + \frac{b_1}{E}$	1,97	-2,68	----	----	0,702	3,18674283

Donde:

$AB = \text{Área basal (cm}^2\text{)}$

E = Edad

H = Altura

$b_0; b_1; b_2; b_3$ = Parámetros hallados en la regresión

En el cuadro 29 tenemos a las ecuaciones para el dap, área basal y la altura a partir del CME dentro de cada uno de los grupos de modelos, es decir, entre el grupo de la variable dependiente y el logaritmo de la variable dependiente.

Cuadro 29 Ecuaciones elegidas dentro de cada uno de los grupos de modelos

<i>Modelo</i>	b_0	b_1	b_2	b_3	<i>CME</i>	<i>IF</i>
$dap = b_0 + b_1 E + b_2 E^2$	24,1	-4,47	0,326	----	5,42	2,328089345
$\ln(dap) = b_0 + b_1 \ln E + b_2 \ln^2 E$	8,46	-6,91	1,87	----	0,0341	2,417545167
$AB = b_0 + b_1 E + b_2 E^2$	17856	-4081	313	----	16873336	4107.716641
$\ln(AB) = b_0 + b_1 \ln E + b_2 \ln^2 E$	18,9	-12,3	3,45	----	0,3154	4594,730085
$H = b_0 + b_1 \ln E$	-0,752	3,45	----	----	5,40	2,323790008
$\ln(H) = b_0 + \frac{b_1}{E} + \frac{b_2}{E^2} + \frac{b_3}{E^3}$	4,08	-26,9	53,3	-30,9	0,433	2,502778463

En el cuadro 30 tenemos a las ecuaciones elegidas para el crecimiento del dap, área basal y altura. Estas fueron elegidas por presentar el menor valor del Índice de Furnival.

Cuadro 30 Ecuaciones de crecimiento elegidas para dap, área basal y altura

Modelo	b_0	b_1	b_2	b_3	CME	IF
$dap = b_0 + b_1E + b_2E^2$	24,1	-4,47	0,326	----	5,42	2,328089345
$AB = b_0 + b_1E + b_2E^2$	17856	-4081	313	----	16873336	4107.716641
$H = b_0 + b_1 \ln E$	-0,752	3,45	----	----	5,40	2,323790008

En la figura 12 tenemos la relación edad (años) vs dap (cm). Podemos ver que la ecuación elegida para la predicción del crecimiento del dap sigue la tendencia ascendente y pasa por el medio de los puntos de la relación hallada con los datos de campo, esto quiere decir que podemos usar la ecuación de crecimiento elegida para el dap para posteriores predicciones del crecimiento de la plantación.

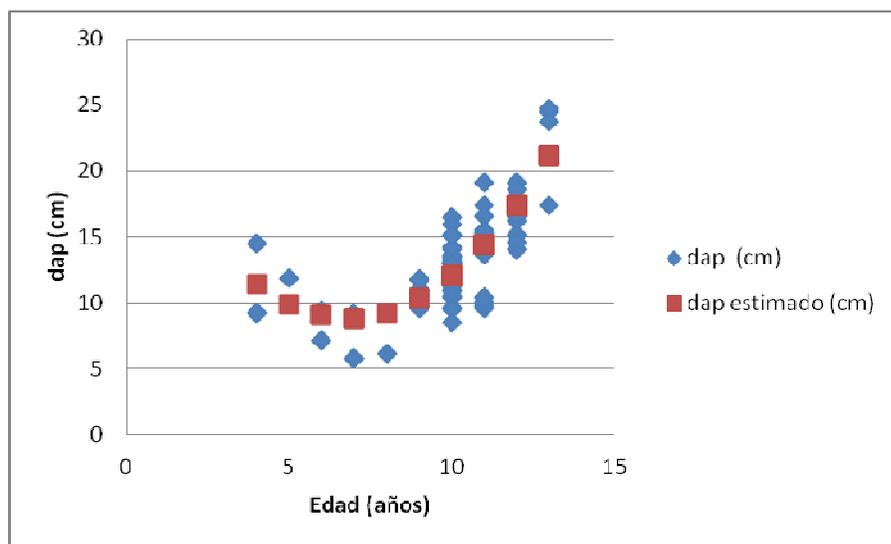


Figura 12 Relación edad (años) y dap (cm)

En la figura 13 vemos la relación edad (años) vs área basal (cm^2). Vemos que la línea de tendencia (área basal estimado a partir de la ecuación elegida) es equidistante y cruza en mayor parte por el medio de la zona de dispersión del área basal hallado con los datos tomados en campo. La parcela 053501 (4 años) presenta un valor de área basal (cm^2) por encima de los valores normales, a su vez, la parcela 06501 (7 años) presenta un valor de área basal (cm^2) por debajo de lo que indica la tendencia, esto podría deberse a que las parcelas crecen en sitios diferentes.

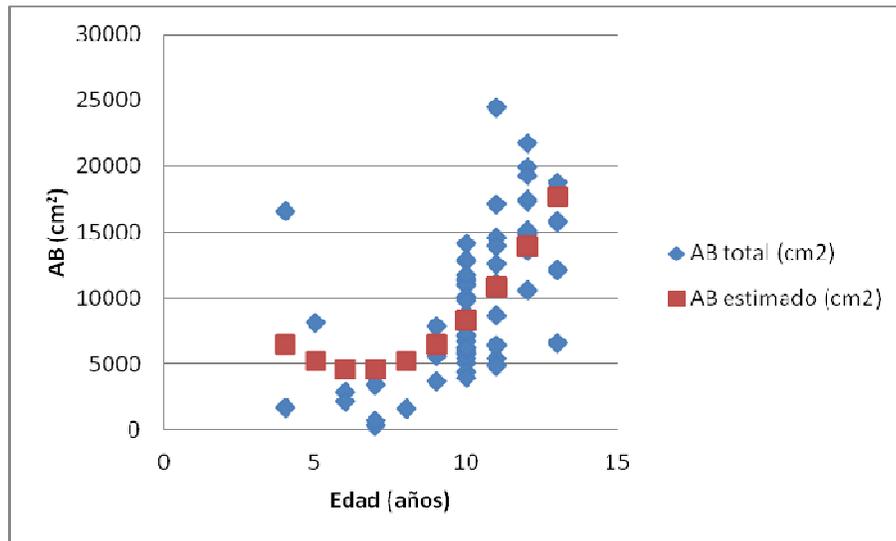


Figura 13 Relación edad (años) y área basal (cm^2)

En la figura 14 vemos la relación edad (años) vs altura total (m). Según la figura podemos apreciar que las parcelas 051701 (4 años) y 045601 (5 años) presentan valores de altura total (m) por encima de los valores que indica la tendencia (altura estimada a partir de la ecuación elegida).

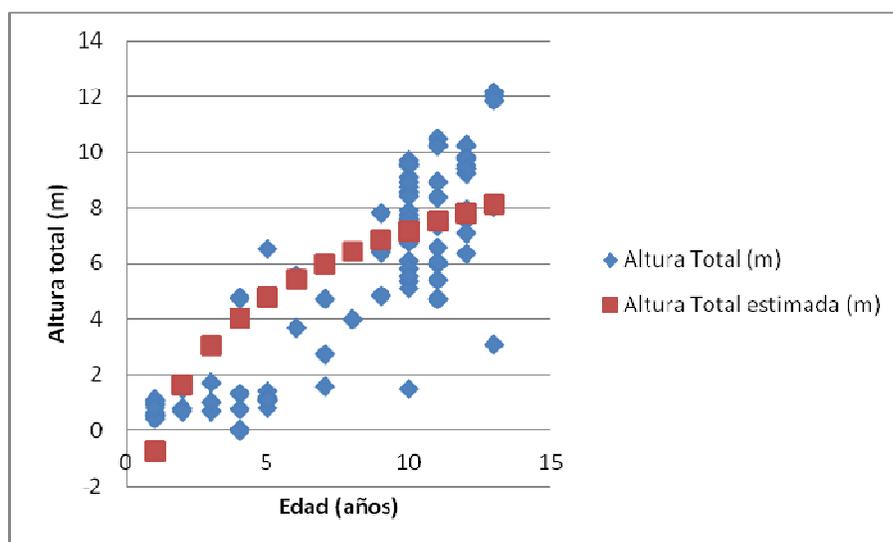


Figura 14 Relación edad (años) y altura (m)

4.4.7 CLASIFICACIÓN DE SITIOS

Se utilizó la altura dominante para construir la relación edad-altura-índice de sitio, debido a que es casi insensible a diferencias de densidad de los rodales.

La altura dominante (m) se obtuvo al promediar los 5 valores más altos de altura dentro de cada plantación. En el cuadro 31 se tienen los 5 valores más altos y el promedio respectivo, que viene a ser la altura dominante (m).

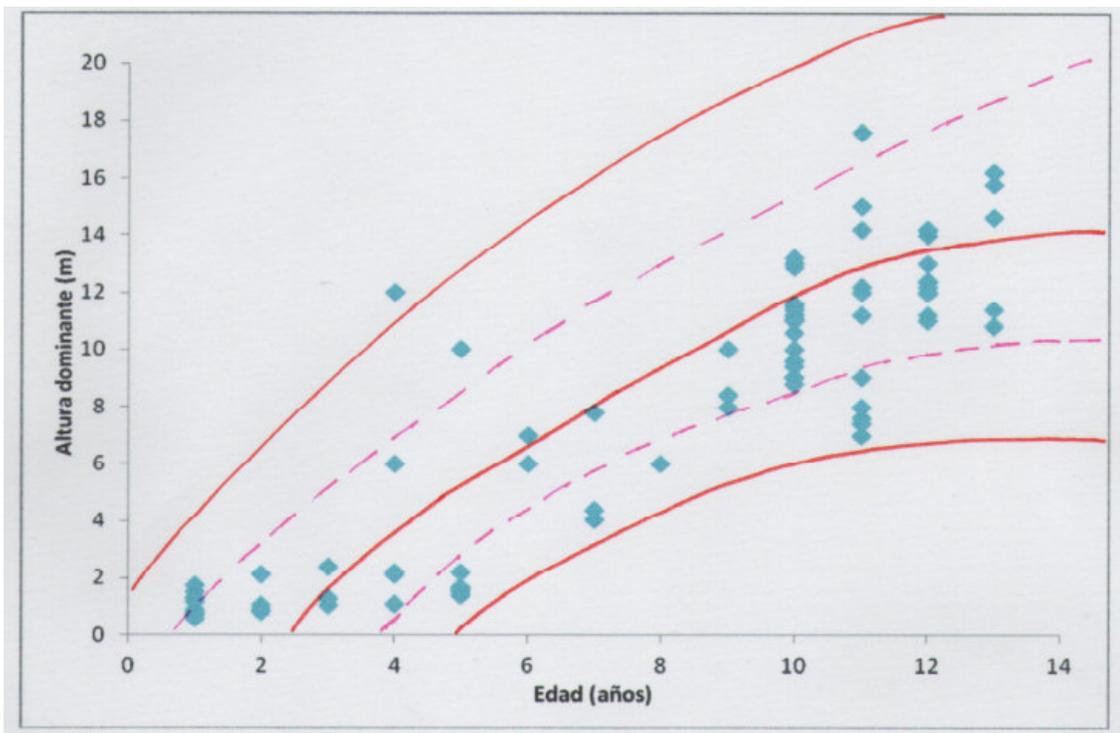
Cuadro 31 Altura dominante

Código	5 Alturas Máximas (m)					Altura dominante (m)
961801	10	10	11	11	12	10,8
961802	11	11	11	11	13	11,4
961803	15	15	16	16	17	15,8
961804	15	15	17	17	17	16,2
961805	14	14	15	15	15	14,6
971401	12	12	12	12	12	12
972201	12	12	12	12	14	12,4
972301	13	13	13	13	13	13
972302	14	14	14	14	15	14,2

972303	12	12	12	13	13	12,4
972304	14	14	14	14	14	14
972801	12	13	13	13	20	14,2
972802	12	12	12	12	13	12,2
972803	11	11	11	11	12	11,2
972804	12	12	12	12	12	12
972805	12	12	12	12	12	12
973301	10	10	11	12	12	11
973302	12	12	12	13	13	12,4
980201	15	16	16	18	23	17,6
980202	15	15	15	15	15	15
981901	14	14	14	14	15	14,2
981902	11	11	11	11	12	11,2
983401	12	12	12	12	13	12,2
983701	12	12	12	12	12	12
984101	7	7	7	8	9	7,6
984102	7	7	7	7	7	7
984103	8	8	8	8	8	8
984104	7	7	7	8	8	7,4
984701	8	8	8	8	8	8
984702	9	9	9	9	9	9
990501	9	9	10	11	11	10
990502	12	12	13	14	15	13,2
990901	11	11	11	12	12	11,4
990902	11	11	11	12	13	11,6
991201	9	9	9	10	10	9,4
991202	9	9	10	10	10	9,6
991203	9	9	9	9	9	9
991204	9	9	9	9	9	9
991601	11	11	11	11	12	11,2
991602	12,5	13	13	13	13	12,9
992401	9	9	10	10	10	9,6
992601	11	11	11	11	11	11
992602	10	11	11	11	12	11
992603	10	10	11	12	13	11,2
992604	10	10	10	10	10	10
992701	11	11	11	12	12	11,4
992702	11	11,5	11,5	11,5	12	11,5
992703	11	11	11	11	11,5	11,1
992704	9	9	9	9	12	9,6
992705	11	12	12	15	15	13
992706	11	11	11	11	11	11
992707	10	10	11	11	11	10,6
992708	11	11	11	11	11	11
994201	9	9	9	9	9	9

994301	11	11	11	11	11	11
994302	11	11	11	12	13	11,6
994601	8	9	9	9	9	8,8
004001	8	8	8	9	9	8,4
004002	10	10	10	10	10	10
005301	8	8	8	8	8	8
013101	6	6	6	6	6	6
021501	7	7	8	8	9	7,8
026501	3,2	4	4	4	5	4,04
026701	4	4	4	5	5	4,4
032501	7	7	7	7	7	7
032502	6	6	6	6	6	6
042901	1,33	1,36	1,37	1,37	1,5	1,386
042902	1,5	1,5	1,54	1,6	1,9	1,608
042903	1,5	1,55	1,58	1,6	1,65	1,576
042904	1,52	1,54	1,57	1,73	1,9	1,652
042905	2	2	2	2,1	3	2,22
042906	1,4	1,46	1,5	1,6	1,7	1,532
042907	1,63	1,64	1,66	1,7	1,8	1,686
042908	1,5	1,66	1,68	1,7	1,8	1,668
045601	10	10	10	10	10	10
051701	6	6	6	6	6	6
053001	2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,14
053002	2	2	2,3	2,3	2,4	2,2
053501	12	12	12	12	12	12
056101	1,04	1,08	1,08	1,1	1,12	1,084
064901	1	1	1	1,1	1,2	1,06
065001	2,17	2,3	2,3	2,45	2,72	2,388
065901	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3
070401	2	2,04	2,1	2,22	2,3	2,132
075701	1	1	1,1	1,1	1,1	1,06
075702	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,92
075703	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,84
080301	0,85	0,87	0,89	0,98	1	0,918
080801	0,72	0,74	0,75	0,79	0,88	0,776
080802	0,72	0,74	0,79	0,79	0,89	0,786
081101	0,69	0,69	0,69	0,7	0,82	0,718
082101	0,57	0,58	0,6	0,62	0,63	0,6
084401	1,5	1,5	1,5	1,52	1,56	1,516
084402	1,2	1,2	1,3	1,32	1,36	1,276
084403	1,62	1,7	1,7	1,8	1,82	1,728
084404	1,22	1,22	1,23	1,24	1,7	1,322
084405	1,06	1,07	1,13	1,3	1,32	1,176

Se construyeron curvas de índice de sitio para analizar con mayor precisión el crecimiento de la plantación. Para ello, se plotearon todos los datos disponibles de altura dominante-edad de los rodales en consideración. En la figura 15 podemos ver las curvas trazadas a mano alzada, las cuales siguieron las tendencias del borde inferior, del borde superior y central de los datos. Asimismo, se interpoló dos curvas adicionales entre la curva inferior y central, las cuales sirvieron para identificar con mayor precisión las áreas correspondientes a cada clase de sitio.



Curvas que siguen las tendencias del borde inferior, central y superior. ———

Curvas interpoladas. - - - - -

Figura 15 Trazado de las tres curvas principales de índice de sitio y dos curvas intermedias añadidas por interpolación.

En la figura 16 vemos las curvas de índice de sitio que indican las clases de sitio existentes en la zona de evaluación. Las curvas se enumeraron secuencialmente desde la I (la más productiva) a III (la menos productiva).

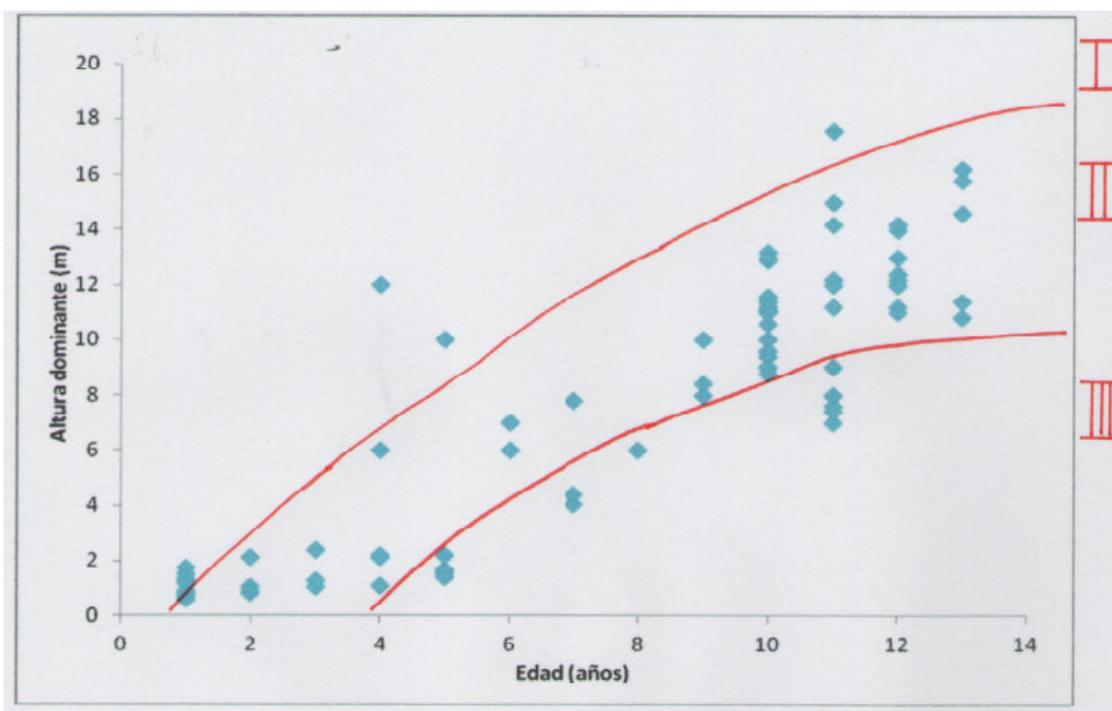


Figura 16 Curvas de Índice de sitio

En el cuadro 32 observamos las parcelas clasificadas de acuerdo a su clase de sitio. Vemos que solamente 6,19% del total de los rodales de *Pinus radiata* se encuentran ubicados en la calidad de sitio I, el 74,23% en la calidad de sitio II y 19,58% en la calidad de sitio III.

Cuadro 32 Clasificación de parcelas según clases de Sitio

Código de la parcela	Edad (años)	Altura promedio (m)	dap promedio (cm)	AB total (cm)	Altura dominante (m)	Clases de sitio
980201	11	7,33	15,33	13916,86	17,60	I
042901	5	6,52	11,97	8109,24	10,00	I
084401	1	1,09	-	-	1,52	I
084402	1	0,93	-	-	1,28	I
084403	1	1,10	-	-	1,73	I
084404	1	0,97	-	-	1,32	I
070401	2	0,67	-	-	2,13	II

080301	1	0,65	-	-	0,92	II
080801	1	0,57	-	-	0,78	II
080802	1	0,53	-	-	0,79	II
081101	1	0,55	-	-	0,72	II
082101	1	0,43	-	-	0,60	II
084405	1	0,80	-	-	1,18	II
961802	13	3,08	17,41	6637,79	11,40	II
961803	13	12,16	24,52	15726,42	15,80	II
961804	13	12,01	23,74	18754,33	16,20	II
961805	13	11,85	24,13	15850,91	14,60	II
971401	12	10,28	19,11	17339,43	12,00	II
972201	12	10,22	15,16	17512,02	12,40	II
972301	12	9,23	16,59	14889,58	13,00	II
972302	12	9,74	17,17	19948,92	14,20	II
972303	12	7,55	14,08	10599,14	12,40	II
972304	12	9,84	17,77	19288,40	14,00	II
972801	12	9,54	16,64	14955,16	14,20	II
972802	12	9,81	17,09	13537,52	12,20	II
972803	12	7,96	15,14	13694,99	11,20	II
972804	12	9,39	16,19	15085,93	12,00	II
972805	12	9,39	16,58	14235,93	12,00	II
973301	12	6,37	14,69	10608,18	11,00	II
973302	12	7,10	18,53	21794,80	12,40	II
980202	11	10,23	14,38	11169,93	15,00	II
981901	11	4,74	9,57	5410,61	14,20	II
981902	11	4,72	9,78	4856,12	11,20	II
983401	11	5,42	10,02	6380,38	12,20	II
983701	11	5,98	10,44	6417,49	12,00	II
990501	10	6,10	11,86	5738,47	10,00	II
990502	10	5,38	13,00	5833,94	13,20	II
990901	10	9,11	13,03	8809,81	11,40	II
990902	10	9,60	13,06	7159,49	11,60	II
991201	10	7,25	12,87	11521,40	9,40	II
991202	10	7,44	12,27	8782,13	9,60	II
991203	10	7,30	10,42	5016,34	9,00	II
991204	10	1,48	10,53	5439,86	9,00	II
991601	10	7,71	15,94	11330,55	11,20	II
991602	10	8,78	16,46	14108,11	12,90	II
992401	10	6,74	13,01	8137,71	9,60	II
992601	10	7,60	10,99	8112,57	11,00	II
992602	10	5,79	9,60	6008,10	11,00	II
992603	10	5,10	9,47	4422,97	11,20	II

992604	10	7,13	11,28	6204,45	10,00	II
992701	10	7,92	13,47	11084,91	11,40	II
992702	10	9,71	15,11	12783,73	11,50	II
992703	10	8,53	13,19	10961,61	11,10	II
992704	10	7,60	10,84	6689,63	9,60	II
992705	10	9,49	14,02	12931,78	13,00	II
992706	10	8,55	13,57	10039,35	11,00	II
992707	10	7,37	13,38	7192,28	10,60	II
992708	10	8,40	14,23	10112,98	11,00	II
994201	10	5,85	8,52	3984,52	9,00	II
994301	10	9,56	15,11	11743,27	11,00	II
994302	10	8,91	12,98	9791,17	11,60	II
994601	10	5,55	11,26	6260,80	8,80	II
004001	9	6,38	10,93	3653,48	8,40	II
004002	9	7,83	11,77	7898,55	10,00	II
005301	9	4,84	9,57	5615,99	8,00	II
021501	7	2,74	5,79	720,80	7,80	II
032501	6	5,56	9,38	2834,11	7,00	II
032502	6	3,69	7,14	2190,48	6,00	II
053001	4	0,02	-	-	6,00	II
053002	4	1,34	-	-	2,14	II
051701	4	0,78	-	-	12,00	II
053501	4	0,01	14,47	16567,19	2,20	II
056101	4	4,78	9,20	1651,89	1,08	II
064901	3	0,66	-	-	1,06	II
065001	3	1,70	-	-	2,39	II
065901	3	1,03	-	-	1,30	II
075701	2	1,48	-	-	1,06	II
075702	2	0,80	-	-	0,92	II
075703	2	0,78	-	-	0,84	II
961801	13	8,03	21,16	12114,77	10,80	III
984101	11	6,05	13,63	8672,37	9,00	III
984102	11	8,36	17,38	14545,57	7,60	III
984103	11	10,28	19,08	24448,66	7,00	III
984104	11	10,46	16,64	17146,03	8,00	III
984701	11	8,95	15,25	12577,56	7,40	III
984702	11	6,58	15,52	10750,53	8,00	III
013101	8	3,97	6,48	1600,96	6,00	III
026501	7	4,70	9,24	3410,98	4,04	III
026701	7	1,57	5,79	337,52	4,40	III
042902	5	0,81	-	-	1,39	III
042903	5	1,13	-	-	1,61	III

042904	5	1,05	-	-	1,58	III
042905	5	1,21	-	-	1,65	III
042906	5	1,42	-	-	2,22	III
042907	5	1,10	-	-	1,53	III
042908	5	1,16	-	-	1,69	III
045601	5	1,10	-	-	1,67	III

A partir de los datos mostrados en el cuadro 32 y por clase de sitio, se hicieron gráficos de las siguientes relaciones: dap promedio (cm) vs. edad (años), área basal total (cm²) vs. edad (años), altura promedio (m) vs. edad (años) y finalmente altura dominante (m) vs. edad (años).

A) CLASE DE SITIO I

En la figura 17 observamos la relación edad (años) vs. dap promedio (cm). Se tiene datos de dos parcelas (de un total de seis pertenecientes a la clase de sitio I) ya que sólo en ellas se encontraron árboles con un $dap \geq 5$ cm. Sin embargo, con estos dos puntos podemos observar que la relación entre ambas variables es directa, es decir, a mayor edad mayor dap.

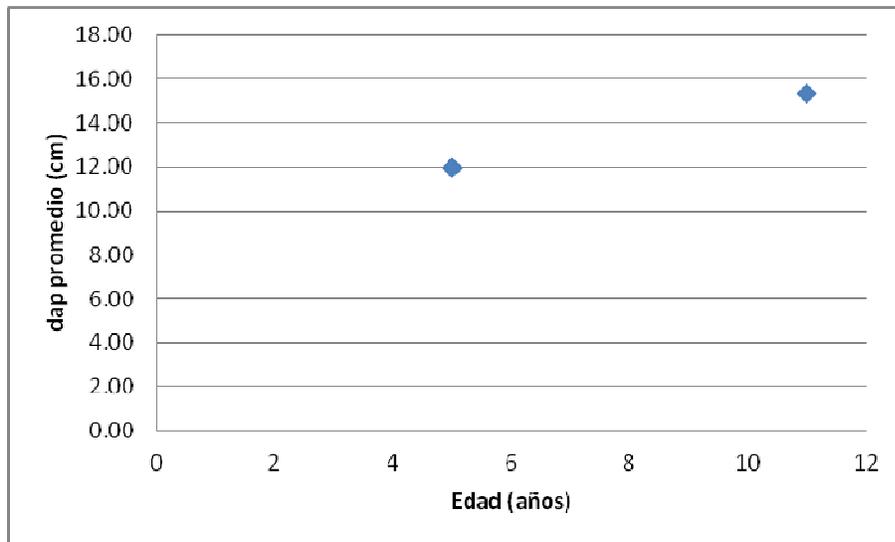


Figura 17 Relación Edad (años) vs dap promedio (cm) para la clase de sitio I

En la figura 18 observamos la relación edad (años) vs. área basal (cm^2). Se tienen dos valores de área basal (cm^2) ya que sólo en dos parcelas se tomó información de dap, en las cuatro restantes el dap era menor a 5 cm. La relación existente entre ambas variables es directa, es decir, se cumple que a mayor edad mayor área basal.

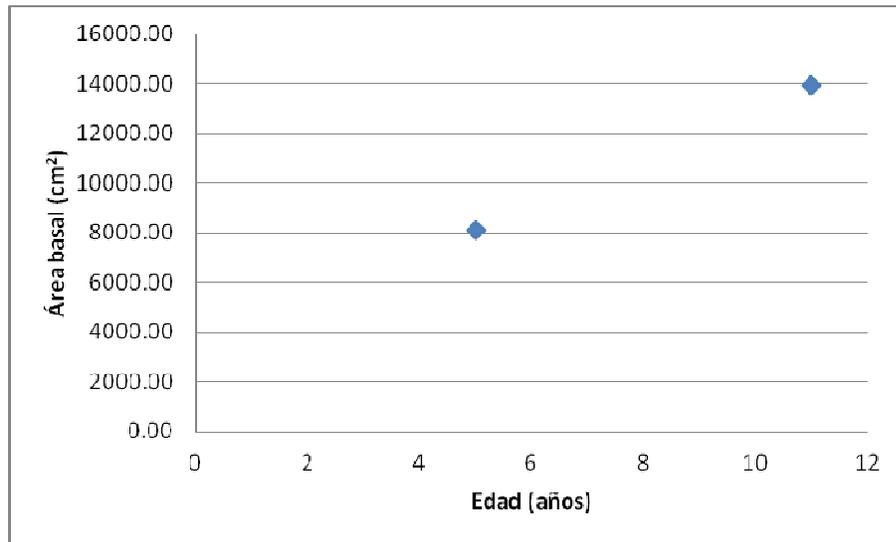


Figura 18 Relación Edad (años) vs. Área basal (cm^2) para la clase de sitio I

En la figura 19 observamos la relación que existe entre la edad (años) y la altura promedio (m). Podemos ver que la relación entre ambas variables es directa, es decir, la altura aumenta a medida que aumentan los años. La parcela 051701 de 4 años de edad presenta un valor de altura promedio inferior a lo que indica la tendencia.

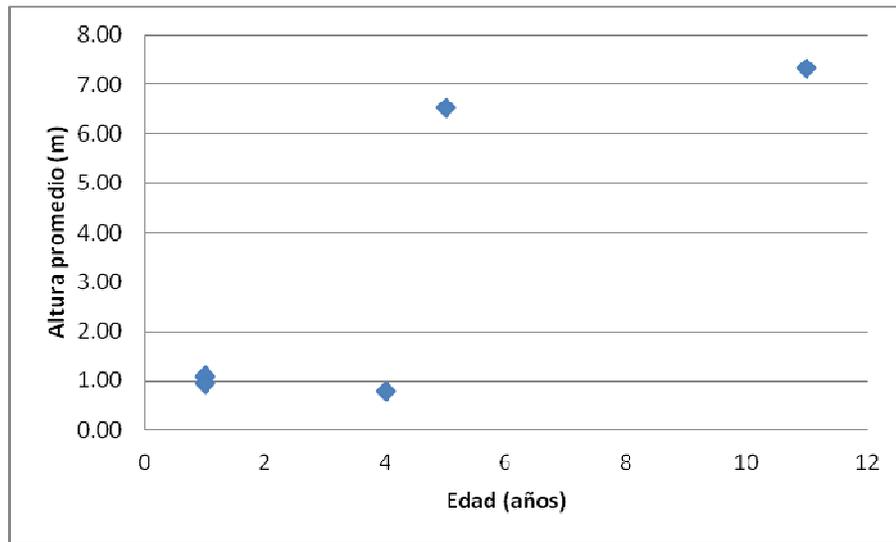


Figura 19 Relación Edad (años) vs. Altura promedio (m) para la clase de sitio I

En la figura 20, podemos observar que la relación existente entre la edad (años) y la altura dominante (m) es directa. Los datos obtenidos para la altura dominante presentan una tendencia lineal. La plantación 051701 de 4 años, presenta una altura dominante por encima de lo que indica la tendencia.

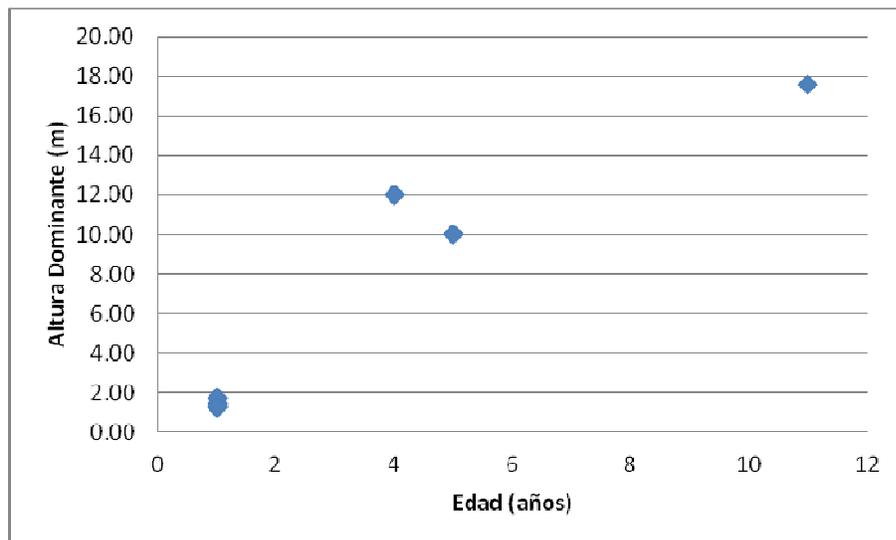


Figura 20 Relación Edad (años) vs. Altura dominante (m) para la clase de sitio I

B) CLASE DE SITIO II

En la figura 21 se observa la relación entre la edad (años) y el dap promedio (cm) para la clase de sitio II, en la cual podemos observar la tendencia ascendente. Vemos que la parcela 053501 de 4 años presenta valores de dap superiores a los de las otras parcelas de mayor edad, esto nos indica nuevamente la existencia de factores que influyen en el mejor crecimiento y/o desarrollo de ésta plantación (presencia de quebradas estacionales).

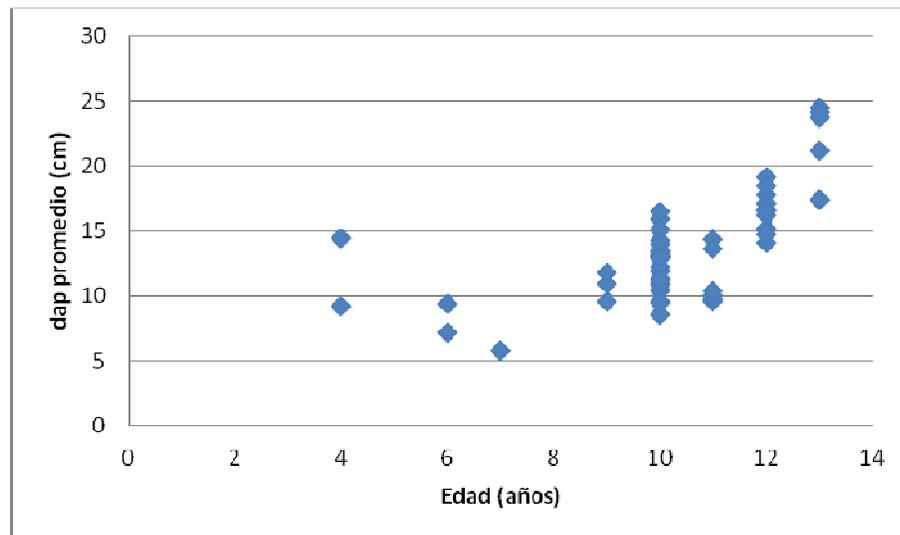


Figura 21 Relación Edad (años) vs. dap promedio (cm) para la clase de sitio II

En la figura 22 se observa la tendencia ascendente que sigue la relación edad (años) y área basal (cm^2). La parcela 053501 de 4 años presenta un valor superior de área basal, lo cual podría deberse, como se indicó anteriormente, a la presencia de quebradas estacionales cerca de la plantación.

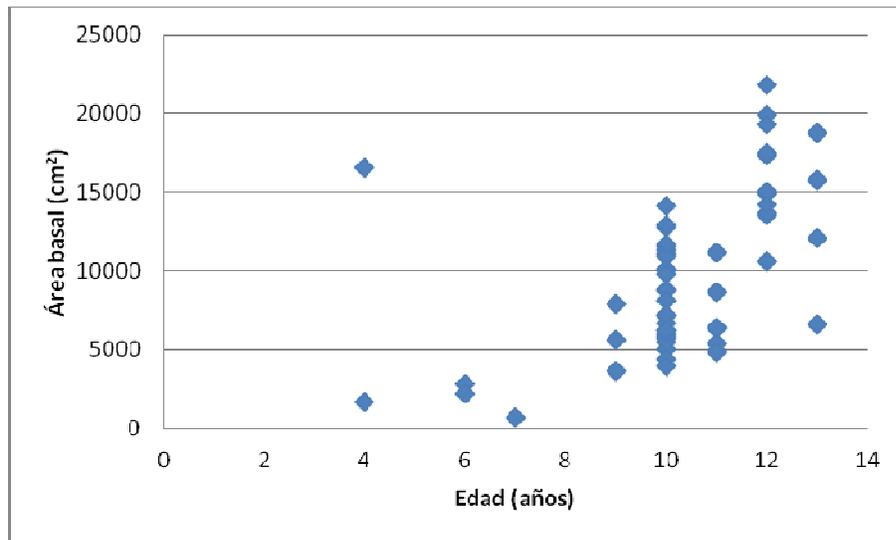


Figura 22 Relación Edad (años) vs. Área basal (cm²) para la clase de sitio II

En la figura 23 vemos la relación entre la edad (años) y la altura promedio (m). Vemos que los datos siguen una tendencia ascendente, a mayor edad mayor altura promedio. La parcela 991204 de 10 años y la parcela 961802 de 13 años muestran valores de altura promedio inferior a lo que muestra la tendencia. Esto podría deberse a que la parcela 991204 presenta plaga del lepidóptero (*Nicteria sp.*) y que la parcela 961892 no tuvo un manejo silvicultural adecuado, ambos hechos observados en campo.

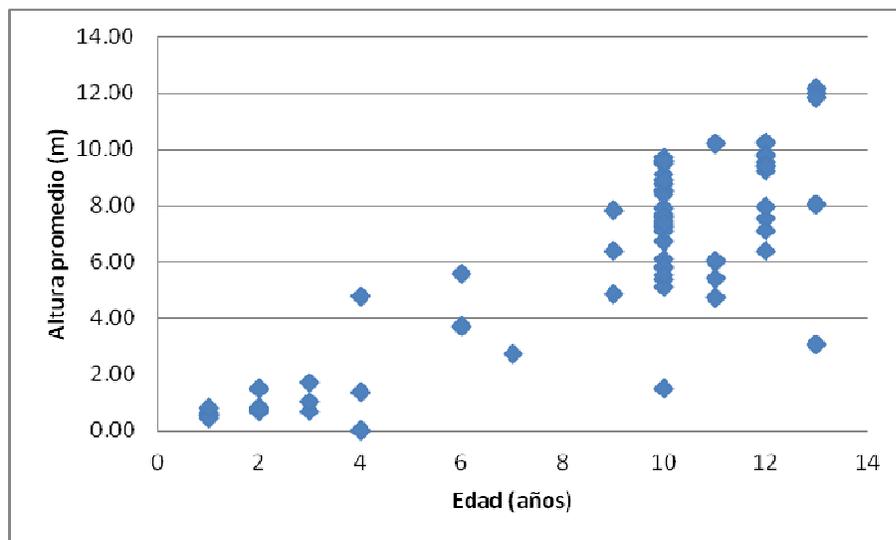


Figura 23 Relación Edad (años) vs. Altura promedio (m) para la clase de sitio II

En la figura 24 se observa que la relación entre la edad (años) y la altura dominante (m) es directa, es decir, que la altura dominante va aumentando a medida que pasan los años.

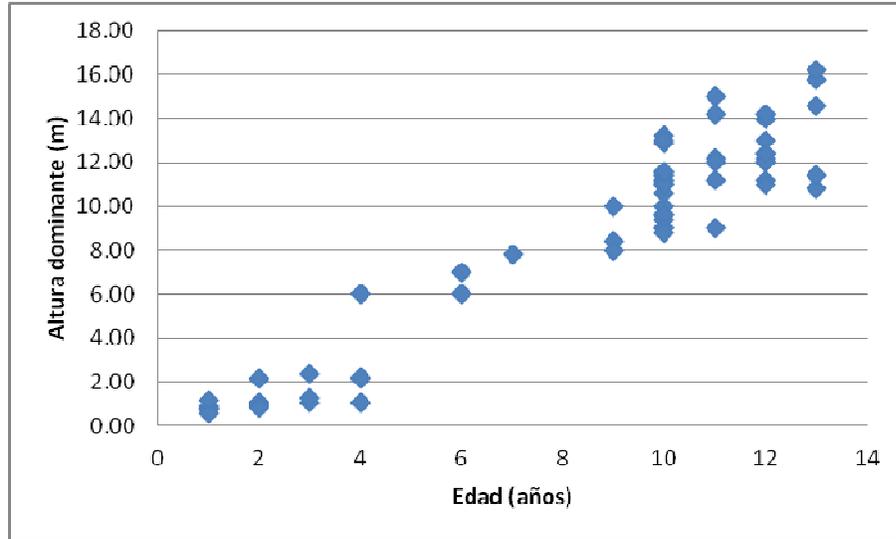


Figura 24 Relación Edad (años) vs. Altura dominante (m) para la clase de sitio II

C) CLASE DE SITIO III

En la figura 25 observamos la relación que existe entre la edad (años) y el dap promedio (cm) para la clase de sitio III. En la figura sólo se muestran los valores de dap de ocho parcelas (de un total de 16) debido a que sólo en ellas se encontraron árboles con $\text{dap} \geq 5$ cm. Vemos que la relación entre ambas variables es directa, es decir, el dap aumenta con el pasar de los años.

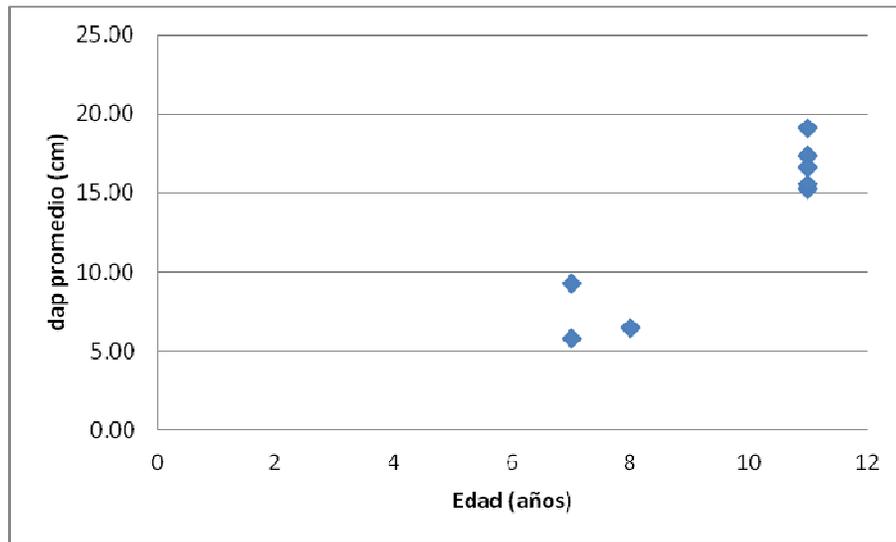


Figura 25 Relación Edad (años) vs. dap promedio para la clase de sitio III

En la figura 26 observamos la relación edad (años) y área basal (cm^2) para la clase de sitio III. Al utilizar los datos de dap para hallar el área basal vemos que la relación entre ambas variables también es directa.

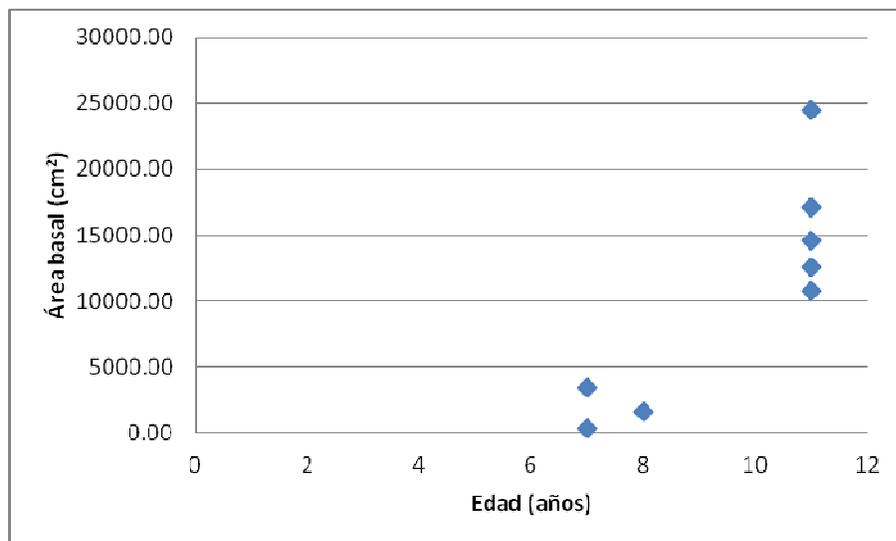


Figura 26 Relación Edad (años) vs. Área basal (cm^2) para la clase de sitio III

En la figura 27, vemos la relación entre la edad (años) y la altura promedio (m) para la clase de sitio III. Vemos que la relación existente entre ambas variables es directa, el área basal aumenta a medida que pasan los años.

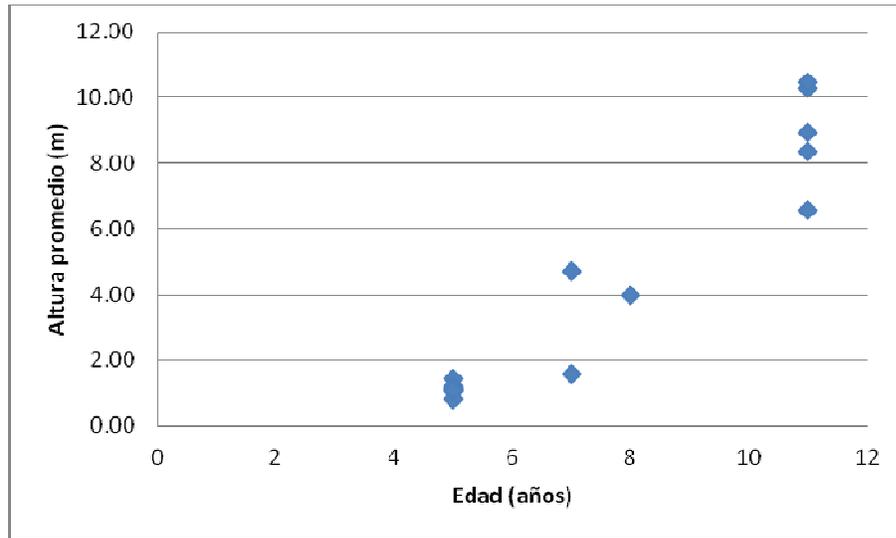


Figura 27 Relación Edad (años) vs. Altura promedio (m) para la clase de sitio III

En la figura 28 observamos la relación lineal que existe entre la edad (años) y la altura dominante (m). Todos los rodales pertenecientes a la clase de sitio III, muestran que a mayor edad (años) mayor altura dominante (m).

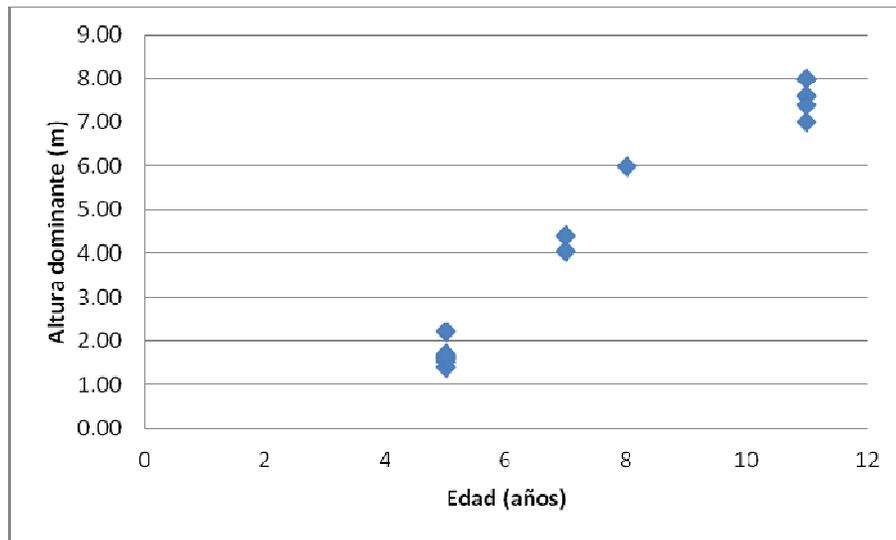


Figura 28 Relación Edad (años) vs. Altura dominante (m) para la clase de sitio III

5. CONCLUSIONES

El dap promedio más alto fue encontrado en las parcelas de 13 años y el menor valor de dap promedio fue encontrado en las parcelas de 8 años.

La altura promedio más alta fue encontrada en las parcelas de 13 años y el menor valor de altura fue encontrado en las parcelas de 1 año.

Las parcelas de 4 y 5 años de edad presentan valores de dap promedio y altura promedio superiores a los de años siguientes, esto podría deberse a la cercanía de las mismas a quebradas estacionales.

Del análisis realizado y por los resultados obtenidos se desprende que los rodales de *Pinus radiata* se encuentran distribuidos en 3 clases de sitio. El 74,23% del total de rodales se encuentra en la clase de sitio II, que indica una producción normal.

Se determinó el modelo matemático $dap = 24,1 - 4,47Edad + 0,326Edad^2$ que permitirá estimar el crecimiento en diámetro a la altura de pecho.

Se determinó el modelo estadístico $AB = 17856 - 4081Edad + 313Edad^2$ que permitirá estimar el crecimiento en área basal.

Se determinó un modelo estadístico en función de la variable $\ln E$, $H = -0,752 + 3,45 \ln Edad$ que permitirá estimar el crecimiento en altura.

Se determinó un modelo estadístico para la estimación del volumen total de la plantación en función de la relación dap^2h , $V = 0,00423 + 0,000027 dap^2h$. El cuál será de mucha utilidad para futuros estudios científicos o planes de negocio.

6. **RECOMENDACIONES**

- Conocer la procedencia de los lotes de las fuentes semilleras. Además, estos deben ser reconocidos para evitar la variabilidad de los datos.
- Es necesario realizar mayores estudios de predicción de la Calidad de Sitio.
- Realizar el plan de manejo forestal adecuado para la plantación.
- Iniciar estudios de valoración económica para la determinación de la rentabilidad de las plantaciones de *Pinus radiata*, considerando la clasificación de sitios encontrada, a fin de incentivar las inversiones estatales y privadas en la actividad forestal.
- Realizar evaluaciones en periodos de 5 años a fin de hacer un seguimiento en el crecimiento de los árboles ya evaluados y así poder hacer ajustes a las ecuaciones de predicción y crecimiento que se proponen en el presente estudio.
- Realizar estudios de inventario y evaluación de suelos en el distrito de Inkawasi.
- Realizar estudios para la determinación del método de control biológico que permita controlar la plaga *Nicteria sp.* que está atacando los diferentes rodales de *Pinus radiata*, impidiendo de esta manera el crecimiento de los árboles.
- Determinar la influencia del ataque de esta plaga sobre el crecimiento de la plantación y la calidad de sitio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alder, D.** 1980. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Vol. 2 – Predicción del Rendimiento. Estudio FAO: MONTES 22/2.
- Barrena, V; Dancé, J.; Saéñz, D.** 1986. Metodología para la selección de ecuaciones de volumen. Revista Forestal del Perú 13 (2). Lima, Perú. 3-12 p.
- Bruce, D.; Schumacher F.** 1965. Medición forestal. Editorial Herrero. México. 474 p.
- Carreras, J.** 1929. Los tipos de suelos en el departamento de Lambayeque. Anales del primer congreso de irrigación y colonización del Norte. Vol. II. 743 p.
- Carrillo, H.** 1995. Selección de sitio o zonificación. Forestería en Microcuencas Altoandinas del PRONAMACHCS (FEMAP). Curso de Plantaciones Forestales. 18 p.
- CES Solidaridad.** 2002. Diagnóstico Situacional del Distrito de Inkawasi. Año 2002. 120 p.
- CICAFOR.** 1978. Proyecto Específico Forestal. Ensayos y Demostraciones de Plantaciones Forestales. Cajamarca, Perú. 33 p.
- Clutter, R.; Fortow, J.; Piennar, L.; Brister, G.; Bailey, R.** 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. N. Y. (USA): J. Wiley. 31 p.
- Corvalán, P.; Hernández, J.** 2006. Cátedra de Dasometría. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.
- Daniel, T.; Helms, J.; Baker, F.** 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw Hill Company Inc, México. 492 p.
- Dans Del Valle F; Fernández F; García R. A.** 2004. Manual de selvicultura del Pino radiata en Galicia. Proyecto Columella. Universidad de Santiago de Compostela.
- FAO, PRONAMACHCS.** 1998. Manual de Plantaciones Forestales para la sierra peruana. Lima, Perú. 165 p.
- Ferreñafe. Plan Vial Provincial Participativo de Ferreñafe 2008-2017.** (en línea). Consultado el Mayo del 2009. Disponible en www.proviasdes.gob.pe/unidades/planes_viales/lambayeque/PVPP_Ferrenafe.pdf.

- Ficha Técnica del Pino.** (en línea). Consultado en Junio 2009 Disponible en www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Pinus%20radiata.pdf
- Ficha Técnica N°11 PINO.** (en línea). Disponible en <http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/pino.pdf> PDF.
- Flores, C.** 1993. La variabilidad en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) bajo condiciones naturales: Influencia del sitio y la vejez relativa. *Revista Forestal del Perú.* 20(1): 39-49 p.
- Flores, Y.** 2002. Ecuación de Índice de Sitio para *Cedrelinga catenaeformis* en el bosque Alexander Von Humboldt, Ucayali. *Revista Forestal del Perú.* 25 (1-2): 35-44 p.
- García, A.; Guindeo, A; Peraza, C; De Palacios, P.** 2003. La madera y su anatomía. 321 p.
- García, E.; Silva, S.; Sotomayor, A.; Valdebenito, G.** 2000. Establecimiento de plantaciones forestales. *Eucalyptus sp.* 32 p.
- García, O.** 1988. Modelos de crecimiento, una revisión. *New Zealand Forestry.* 33 (3): 14-17 p.
- Hall, M.; Witte, J.** 2004. Maderas del sur de Chile, árboles, aplicaciones y procesos. Ed. Universitaria, Colección Bosque Nativo, Cooperación Alemana-CONAF. Santiago. 94 p.
- Hidrografía en Lambayeque.** (en línea). Disponible en www.lambayeque.com/departamento/hidrografia.php
- Hopkins, F.** 1976. Aspectos económicos relacionados con la reforestación. Lima, Perú. N° 6. 51 p.
- Imaña, J.; Encinas, O.** 2008. Epidometría Forestal. Universidade de Brasília. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Brasil. 72 p.
- Incahuasi.** (en línea). Consultado en Febrero del 2009. Disponible en www.lambayeque.net/ferrenafe/incahuasi/
- INEI.** 2005. Resultados del Censo Nacional del año 2005: X de Población y V de Vivienda. Lima, Perú.

- INRENA.** 1994. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa. Lima. Perú. 219 p.
- Jensen, William A.; Salisbury, Frank B.** 1988. Botánica. México D.F., México.
- La Republica.** 2003. Atlas Departamental del Perú: La Libertad-Lambayeque. Tomo n. 6
Lima. Diario La Republica en coedición con PEISA SAC, Quebecord World PERU
SAC. 162 p.
- Lamprecht, H.** 1990. Silvicultura en los trópicos. República Federal de Alemania. 335 p.
- López, M.** 2003. Análisis del crecimiento diamétrico de cinco especies forestales en los
bosques de colinas bajas de la unidad de Dantas. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE:
Universidad Nacional Agraria La Molina. 94 p.
- Mackay, E.** 1984. Dasometría. Teoría y técnica de las mediciones forestales. Escuela
Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid. España.
- Medina, L.; Cardich, P.** 1989. Simulación del crecimiento y rendimiento en rodales de
Eucalytus Globulus en Cajamarca. Revista Forestal del Perú 16(1): 31-40.
- Mendoza, H.** 1980. Determinación del índice de sitio de *Pinus radiata* Don en bosquetes del
Altiplano. (Primera aproximación). Puno – Perú. 60 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA.** 2008. Boletín Estadístico Mensual del Sector
Agrario.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA.** Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre.
2010. Perú Forestal en Números Año 2010.
- Montoya, E.** 1999. Lambayeque. 8° ed. Lima, Perú. 258 p.
- Moret, A.; Jerez, M.; Mora, A.** 1998. Determinación de ecuaciones de volumen para
plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.) en la unidad experimental de la reserva
forestal Caparo, Estado Barinas, Venezuela. Universidad de Los Andes, Facultad de
Ciencias Forestales y Ambientales.
- Núñez, C.** 2008. Relaciones entre densidad básica y densidad seca de madera. 8 p.
- Ocampo, M.A.** 1994. Evaluación de algunas características dasométricas y de calidad de
sitio para la predicción del rendimiento. 219 p.

- Ocaña, J.** 1976 Análisis del Crecimiento del *Eucalyptus globulus* Labill, en el Departamento de Huánuco. 189 p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.** 1980. Estudio FAO: Montes. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Volumen 22 (2). Roma, Italia.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.** 1998. *Terms and Definitions*. FAO Forest Resources Assessment Programme, Working Paper 1. Roma, Italia.
- Otárola, E.; Freitas, L.; Linares, C.; Baluarte, J.** 2001. Estimación de la Calidad de Sitio mediante “índices de sitio” para *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (tornillo) en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*. 12 (1-2): 39-51 p.
- Perú Forestal en Números. Año 2010.** (en línea). Disponible en www.dgffs.minag.gob.pe/pdf/estadistica_forestal/anuarios/ANUARIO_PERU_FORESTAL_2010.pdf. PDF.
- Philip, M.** 1994. *Measuring Trees and Forests*. 2 ed. Cambridge. United Kingdom. 310 p.
- Plan Estratégico Sectorial Multianual de Agricultura 2007-2011.** (en línea). Disponible en www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/bnsf/plan_estrategico.pdf. PDF
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P.** 1997. *Mensura Forestal*. IICA – BMZ/GTZ. San José. Costa Rica. 561 p.
- PRONAMACHCS.** 2007. *Resumen de Plantaciones Forestales – Período de 1995 al 2006*. Agencia Zonal de Incahuasi. Lima. Perú. 52 p.
- Revolorio, A.** 1996. Evaluación de la Calidad de Sitio para *Pinus oocarpa* Schiede, en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Sierra de Las Minas, Guatemala. Costa Rica. 141 p.
- Rojas, F.** 1989. *Plantaciones Forestales*. Costa Rica. 229 p.
- Sierra, A.; Vazquez-Soto, J; Rodríguez, D..** 1994. *La Autoecología del Pinus radiata en la Cuenca de México*. Serie Publicación Especial. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. México.

- Torres y Magaña.** 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Ed. Limusa. México. 472 p.
- Vanclay, J.K.** 1994. Modelling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests. CAB International. 312 p.
- Vignote, S; Martínez, I.** 2006. Tecnología de la Madera. 3ra ed. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 687 p.
- Vincent, L.** 1975. Manejo de Plantaciones Forestales con fines de Producción. Mérida. Universidad de los Andes. Centro de Estudios Forestales de Post-grado. 375 p.

ANEXO 1

MAPA DE UBICACIÓN DE LAS PARCELAS

ANEXO 3

CODIGOS DE LAS PARCELAS EVALUADAS

Año	Nº plantación en el plano	Parcela	Código	Nombre/Dueño
96	18	01	961801	Comunal "Mulacacha"
96	18	02	961802	Comunal "Mulacacha"
96	18	03	961803	Comunal "Mulacacha"
96	18	04	961804	Comunal "Mulacacha"
96	18	05	961805	Comunal "Mulacacha"
97	14	01	971401	Juan Tenorio Caju "Intiraymi"
97	22	01	972201	Santos Sánchez Caju "Espino Cerca"
97	23	01	972301	Comunal "Hueco del Zorro 1"
97	23	02	972302	Comunal "Hueco del Zorro 1"
97	23	03	972303	Comunal "Hueco del Zorro 1"
97	23	04	972304	Comunal "Hueco del Zorro 1"
97	28	01	972801	Comunal "Hueco del Zorro 2"
97	28	02	972802	Comunal "Hueco del Zorro 2"
97	28	03	972803	Comunal "Hueco del Zorro 2"
97	28	04	972804	Comunal "Hueco del Zorro 2"
97	28	05	972805	Comunal "Hueco del Zorro 2"
97	33	01	973301	Paulino Sánchez "Caminos del Inca"
97	33	02	973302	Paulino Sánchez "Caminos del Inca"
98	02	01	980201	Comunal "Tranca Pucro 1"
98	02	02	980202	Comunal "Tranca Pucro 1"
98	19	01	981901	José Bernilla Caju "Hermosa Cantana"
98	19	02	981902	José Bernilla Caju "Hermosa Cantana"
98	34	01	983401	Feliciano Purihuamaní "La Loma"
98	37	01	983701	Luciano Calderón Quispe "Huaycayju"
98	41	01	984101	Santos Sánchez Caju "Parejo Pampa"
98	41	02	984102	Santos Sánchez Caju "Parejo Pampa"
98	41	03	984103	Santos Sánchez Caju "Parejo Pampa"
98	41	04	984104	Santos Sánchez Caju "Parejo Pampa"
98	47	01	984701	Narciso Calderón Carlos "Caminos del Inca"
98	47	02	984702	Narciso Calderón Carlos "Caminos del Inca"
99	05	01	990501	Comunal "Tranca Pucro 2"
99	05	02	990502	Comunal "Tranca Pucro 2"
99	09	01	990901	Natividad Bernilla "Romeryjon"
99	09	02	990902	Natividad Bernilla "Romeryjon"
99	12	01	991201	Comunal "Atunyacu"
99	12	02	991202	Comunal "Atunyacu"
99	12	03	991203	Comunal "Atunyacu"

99	12	04	991204	Comunal "Atunyacu"
99	16	01	991601	Comunal "Fundo La Perga 1"
99	16	02	991602	Comunal "Fundo La Perga 1"
99	24	01	992401	Eleuterio Sánchez Caju "Hueco del Zorro 1"
99	26	01	992601	Comunal "Fundo La Perga 2"
99	26	02	992602	Comunal "Fundo La Perga 2"
99	26	03	992603	Comunal "Fundo La Perga 2"
99	26	04	992604	Comunal "Fundo La Perga 2"
99	27	01	992701	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	27	02	992702	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	27	03	992703	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	27	04	992704	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	27	05	992705	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	27	06	992706	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	27	07	992707	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	27	08	992708	Comunal "Fundo La Perga 3"
99	42	01	994201	Miguel y Hemiliano "Huaycayju"
99	43	01	994301	Miguel y Hemiliano "Cochayjón"
99	43	02	994302	Miguel y Hemiliano "Cochayjón"
99	46	01	994601	Clemente Calderón Carlos "Caminos del Inca"
00	40	01	004001	Pablo Bernilla Roque "Valle Verde"
00	40	02	004002	Pablo Bernilla Roque "Valle Verde"
00	53	01	005301	Rosas Tenorio Caju "Atun rumi"
01	31	01	013101	Santos Sánchez Caju "Cruz Cerca"
02	15	01	021501	Anastacio Sánchez Caju "Ucpa Mullacayqun"
02	65	01	026501	Angelino Sánchez "Puquial 1"
02	67	01	026701	Angelino Sánchez "Puquial 2"
03	25	01	032501	Eleuterio Sánchez Caju "Hueco del Zorro 2"
03	25	02	032502	Eleuterio Sánchez Caju "Hueco del Zorro 2"
04	29	01	042901	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	29	02	042902	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	29	03	042903	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	29	04	042904	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	29	05	042905	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	29	06	042906	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	29	07	042907	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	29	08	042908	Comunal "Pergayjon rumi 1"
04	56	01	045601	Oswaldo Sánchez "Chilcayjón"
05	17	01	051701	Eleuterio Sánchez Caju "Hueco del Zorro 3"
05	30	01	053001	Comunal "Pergayjon rumi 2"
05	30	02	053002	Comunal "Pergayjon rumi 2"
05	35	01	053501	Cristóbal Sánchez "Piedra grande"
05	61	01	056101	Emiliano Tenorio Manayay "Kutu rumi"
06	49	01	064901	Eusebio Sánchez "Parejo Pampa"
06	50	01	065001	Angelino Sánchez "Shita"

06	59	01	065901	Angelino Sánchez "Marayhuaca 1"
07	04	01	070401	Luciano Calderón Quispe
07	57	01	075701	Angelino Sánchez "Marayhuaca 2"
07	57	02	075702	Angelino Sánchez "Marayhuaca 2"
07	57	03	075703	Angelino Sánchez "Marayhuaca 2"
08	03	01	080301	Luciano Calderón Quispe
08	08	01	080801	Luciano Calderón Quispe
08	08	02	080802	Luciano Calderón Quispe
08	11	01	081101	Luciano Calderón Quispe
08	21	01	082101	Comunal "Pergayjon rumi 3"
08	44	01	084401	Comunal "Sirka Pukyu"
08	44	02	084402	Comunal "Sirka Pukyu"
08	44	03	084403	Comunal "Sirka Pukyu"
08	44	04	084404	Comunal "Sirka Pukyu"
08	44	05	084405	Comunal "Sirka Pukyu"

ANEXO 4

VOLÚMENES DE LAS SECCIONES DE LOS FUSTES

Árbol	Sección de Fuste	Longitud (m)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2	Volumen (m ³)
A1	S1	1,3	25	-	0,064
A1	S2	0,7	25	20	0,028
A1	S3	2	20	15	0,049
A1	S4	2	15	10	0,026
A1	S5	2	10	5	0,01
A1	S6	4	5	-	0,003
A2	S1	1,3	35	-	0,125
A2	S2	1,7	35	30	0,142
A2	S3	3	30	20	0,153
A2	S4	3	20	15	0,074
A2	S5	3	15	10	0,038
A2	S6	3	10	-	0,008
A3	S1	1,3	25	-	0,064
A3	S2	0,7	25	20	0,028
A3	S3	2	20	15	0,049
A3	S4	2	15	15	0,035
A3	S5	2	15	10	0,026
A3	S6	4	10	-	0,010
A4	S1	1,3	20	-	0,041
A4	S2	0,7	20	20	0,022
A4	S3	2	20	15	0,049
A4	S4	2	15	10	0,026
A4	S5	2	10	5	0,010
A4	S6	2	5	-	0,001
A5	S1	1,3	25	-	0,064
A5	S2	0,7	25	25	0,034
A5	S3	2	25	20	0,081
A5	S4	2	20	15	0,049
A5	S5	2	15	5	0,02
A5	S6	2	5	-	0,001
A6	S1	1,3	25	-	0,064
A6	S2	0,7	25	20	0,028
A6	S3	2	20	15	0,049
A6	S4	2	15	10	0,026

A6	S5	2	10	5	0,010
A6	S6	5	5	-	0,003
A7	S1	1,3	30	-	0,092
A7	S2	1,7	30	25	0,102
A7	S3	3	25	20	0,121
A7	S4	3	20	15	0,074
A7	S5	3	15	10	0,038
A7	S6	3	10	-	0,008
A8	S1	1,3	20	-	0,041
A8	S2	0,7	20	15	0,017
A8	S3	2	15	10	0,026
A8	S4	2	10	10	0,016
A8	S5	2	10	5	0,010
A8	S6	4	5	-	0,003
A9	S1	1,3	20	-	0,041
A9	S2	0,7	20	15	0,017
A9	S3	2	15	15	0,035
A9	S4	2	15	10	0,026
A9	S5	2	10	5	0,010
A9	S6	2	5	-	0,001
A10	S1	1,3	25	-	0,064
A10	S2	0,7	25	20	0,028
A10	S3	2	20	15	0,049
A10	S4	2	15	10	0,026
A10	S5	2	10	5	0,010
A10	S6	4	5	-	0,003
A11	S1	1,3	20	-	0,041
A11	S2	0,7	20	15	0,017
A11	S3	2	15	10	0,026
A11	S4	2	10	5	0,010
A11	S5	2	5	5	0,004
A11	S6	3	5	-	0,002
A12	S1	1,3	20	-	0,041
A12	S2	0,7	20	15	0,017
A12	S3	2	15	15	0,035
A12	S4	2	15	10	0,026
A12	S5	2	10	5	0,010
A12	S6	6	5	-	0,004
A13	S1	1,3	25	-	0,064
A13	S2	0,7	25	20	0,028
A13	S3	2	20	15	0,049

A13	S4	2	15	10	0,026
A13	S5	2	10	5	0,010
A13	S6	3	5	-	0,002
A14	S1	1,3	20	-	0,041
A14	S2	0,7	20	15	0,017
A14	S3	2	15	15	0,035
A14	S4	2	15	10	0,026
A14	S5	2	10	5	0,010
A14	S6	4	5	-	0,003
A15	S1	1,3	25	-	0,064
A15	S2	0,7	25	20	0,109
A15	S3	4	20	15	0,098
A15	S4	4	15	10	0,051
A15	S5	4	10	5	0,020
A15	S6	4	5	-	0,003
A16	S1	1,3	20	-	0,041
A16	S2	0,7	20	15	0,042
A16	S3	3	15	10	0,038
A16	S4	3	10	10	0,024
A16	S5	3	10	5	0,015
A16	S6	3	5	-	0,002
A17	S1	1,3	20	-	0,041
A17	S2	0,7	20	15	0,017
A17	S3	2	15	15	0,035
A17	S4	2	15	10	0,026
A17	S5	2	10	5	0,010
A17	S6	6	5	-	0,004
A18	S1	1,3	25	-	0,064
A18	S2	1,7	25	20	0,028
A18	S3	2	20	15	0,049
A18	S4	2	15	10	0,026
A18	S5	2	10	5	0,010
A18	S6	5	5	-	0,003
A19	S1	1,3	25	-	0,041
A19	S2	1,7	25	20	0,042
A19	S3	3	20	15	0,053
A19	S4	3	15	10	0,038
A19	S5	3	10	5	0,015
A19	S6	4	5	-	0,003
A20	S1	1,3	20	-	0,041
A20	S2	1,7	20	15	0,042

A20	S3	3	15	15	0,053
A20	S4	3	15	10	0,038
A20	S5	3	10	5	0,015
A20	S6	3	5	-	0,002
A21	S1	1,3	25	-	0,064
A21	S2	0,7	25	20	0,028
A21	S3	2	20	15	0,049
A21	S4	2	15	10	0,026
A21	S5	2	10	5	0,010
A21	S6	2	5	-	0,001
A22	S1	1,3	20	-	0,041
A22	S2	0,7	20	15	0,017
A22	S3	2	15	15	0,035
A22	S4	2	15	10	0,026
A22	S5	2	10	5	0,010
A22	S6	2	5	-	0,001
A23	S1	1,3	20	-	0,041
A23	S2	0,7	20	15	0,017
A23	S3	2	15	15	0,035
A23	S4	2	15	10	0,026
A23	S5	2	10	5	0,010
A23	S6	3	5	-	0,002
A24	S1	1,3	15	-	0,023
A24	S2	0,7	15	15	0,012
A24	S3	2	15	10	0,026
A24	S4	2	10	10	0,016
A24	S5	2	10	5	0,010
A24	S6	3	5	-	0,002
A25	S1	1,3	20	-	0,041
A25	S2	0,7	20	15	0,017
A25	S3	2	15	10	0,026
A25	S4	2	10	10	0,016
A25	S5	2	10	5	0,010
A25	S6	4	5	-	0,003
A26	S1	1,3	25	-	0,064
A26	S2	0,7	25	20	0,028
A26	S3	2	20	15	0,049
A26	S4	2	15	15	0,035
A26	S5	2	15	10	0,026
A26	S6	2	10	-	0,005
A27	S1	1,3	20	-	0,041

A27	S2	0,7	20	15	0,017
A27	S3	2	15	10	0,026
A27	S4	2	10	10	0,016
A27	S5	2	10	5	0,010
A27	S6	3	5	-	0,002
A28	S1	1,3	20	-	0,041
A28	S2	0,7	20	15	0,017
A28	S3	2	15	10	0,026
A28	S4	2	10	10	0,016
A28	S5	2	10	5	0,010
A28	S6	4	5	-	0,003
A29	S1	1,3	20	-	0,041
A29	S2	0,7	20	15	0,017
A29	S3	2	15	10	0,026
A29	S4	2	10	10	0,016
A29	S5	2	10	5	0,010
A29	S6	4	5	-	0,003
A30	S1	1,3	20	-	0,041
A30	S2	0,7	20	15	0,017
A30	S3	2	15	10	0,026
A30	S4	2	10	10	0,016
A30	S5	2	10	5	0,010
A30	S6	3	5	-	0,002
A31	S1	1,3	20	-	0,041
A31	S2	0,7	20	15	0,017
A31	S3	2	15	10	0,026
A31	S4	2	10	10	0,016
A31	S5	2	10	5	0,010
A31	S6	3	5	-	0,002
A32	S1	1,3	20	-	0,041
A32	S2	0,7	20	15	0,017
A32	S3	2	15	10	0,026
A32	S4	2	10	10	0,016
A32	S5	2	10	5	0,010
A32	S6	4	5	-	0,003
A33	S1	1,3	20	-	0,041
A33	S2	0,7	20	15	0,017
A33	S3	2	15	10	0,026
A33	S4	2	10	10	0,016
A33	S5	2	10	5	0,010
A33	S6	5	5	-	0,003

A34	S1	1,3	20	-	0,041
A34	S2	0,7	20	15	0,017
A34	S3	2	15	10	0,026
A34	S4	2	10	10	0,016
A34	S5	2	10	5	0,010
A34	S6	5	5	-	0,003
A35	S1	1,3	15	-	0,023
A35	S2	0,7	15	15	0,012
A35	S3	2	15	10	0,026
A35	S4	2	10	10	0,016
A35	S5	2	10	5	0,010
A35	S6	2	5	-	0,001
A36	S1	1,3	15	-	0,023
A36	S2	0,7	15	15	0,012
A36	S3	2	15	10	0,026
A36	S4	2	10	10	0,016
A36	S5	2	10	5	0,010
A36	S6	3	5	-	0,002
A37	S1	1,3	15	-	0,023
A37	S2	0,7	15	15	0,012
A37	S3	2	15	10	0,026
A37	S4	2	10	10	0,016
A37	S5	2	10	5	0,010
A37	S6	2	5	-	0,001
A38	S1	1,3	15	-	0,023
A38	S2	0,7	15	15	0,012
A38	S3	2	15	10	0,026
A38	S4	2	10	10	0,016
A38	S5	2	10	5	0,010
A38	S6	3	5	-	0,002
A39	S1	1,3	15	-	0,023
A39	S2	0,7	15	15	0,012
A39	S3	2	15	10	0,026
A39	S4	2	10	10	0,016
A39	S5	2	10	5	0,010
A39	S6	2	5	-	0,001
A40	S1	1,3	15	-	0,023
A40	S2	0,7	15	15	0,012
A40	S3	2	15	10	0,026
A40	S4	2	10	10	0,016
A40	S5	2	10	5	0,010

A40	S6	4	5	-	0,003
A41	S1	1,3	25	-	0,064
A41	S2	0,7	25	20	0,028
A41	S3	2	20	15	0,049
A41	S4	2	15	15	0,035
A41	S5	2	15	10	0,026
A41	S6	5	10	-	0,013
A42	S1	1,3	15	-	0,023
A42	S2	0,7	15	15	0,012
A42	S3	2	15	10	0,026
A42	S4	2	10	10	0,016
A42	S5	2	10	5	0,010
A42	S6	2	5	-	0,001
A43	S1	1,3	25	-	0,064
A43	S2	0,7	25	20	0,028
A43	S3	2	20	15	0,049
A43	S4	2	15	15	0,035
A43	S5	2	15	10	0,026
A43	S6	3	10	-	0,008
A44	S1	1,3	25	-	0,064
A44	S2	0,7	25	20	0,028
A44	S3	2	20	15	0,049
A44	S4	2	15	15	0,035
A44	S5	2	15	10	0,026
A44	S6	3	10	-	0,008
A45	S1	1,3	15	-	0,023
A45	S2	0,7	15	15	0,012
A45	S3	2	15	10	0,026
A45	S4	2	10	10	0,016
A45	S5	2	10	5	0,010
A45	S6	3	5	-	0,002
A46	S1	1,3	15	-	0,023
A46	S2	0,7	15	15	0,012
A46	S3	2	15	10	0,026
A46	S4	2	10	10	0,016
A46	S5	2	10	5	0,010
A46	S6	4	5	-	0,003
A47	S1	1,3	20	-	0,041
A47	S2	0,7	20	15	0,017
A47	S3	2	15	15	0,035
A47	S4	2	15	10	0,026

A47	S5	2	10	5	0,010
A47	S6	4	5	-	0,003
A48	S1	1,3	15	-	0,023
A48	S2	0,7	15	15	0,012
A48	S3	2	15	10	0,026
A48	S4	2	10	10	0,016
A48	S5	2	10	5	0,010
A48	S6	2	5	-	0,001
A49	S1	1,3	20	-	0,041
A49	S2	0,7	20	15	0,017
A49	S3	2	15	15	0,035
A49	S4	2	15	10	0,026
A49	S5	2	10	5	0,010
A49	S6	3	5	-	0,002
A50	S1	1,3	25	-	0,064
A50	S2	0,7	25	20	0,028
A50	S3	2	20	15	0,049
A50	S4	2	15	10	0,026
A50	S5	2	10	5	0,010
A50	S6	3	5	-	0,002

