

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EL ESTADO DE LAS PLANTACIONES DE**  
*Sequoia sempervirens* ((D. Don.) Endl.) Y  
**SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS**  
**SUELOS PARA LOCALIDADES DE LA VIII, IX Y X REGIÓN**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Forestal

**TATIANA LUMY OSSES ACUÑA**

Profesor Guía: Ingeniero Forestal Manuel Toral Ibáñez;  
Profesor de Estado MSc. Estadística Sergio Mora O.

**SANTIAGO - CHILE**  
**2004**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

### RESUMEN

### SUMMARY

INTRODUCCIÓN.....	1
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Objetivo general.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Antecedentes generales de <i>sequoia sempervirens</i> .....</b>	<b>3</b>
3.1.1 Distribución natural .....	3
3.1.2 Características de la especie .....	3
3.1.3 Requerimientos Ecológicos.....	4
3.1.4 Antecedentes de la especie en Chile.....	5
<b>3.2 Plantación y calidad de sitio .....</b>	<b>6</b>
3.2.1 Forma de evaluación de la productividad de sitios .....	7
<b>4. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Material .....</b>	<b>10</b>
4.1.1 Zona de estudio .....	10
4.1.2 Clima .....	11
4.1.3 Suelo .....	13
4.1.4 Identificación de los rodales a estudiar.....	14
<b>4.2 Método .....</b>	<b>15</b>
4.2.1 Objetivo 1: “Caracterizar la estructura vertical y horizontal de las plantaciones de <i>Sequoia sempervirens</i> de las localidades en estudio.” .....	15
4.2.2 Objetivo 2 “Caracterizar los suelos bajo plantaciones de <i>Sequoia sempervirens</i> de los sectores en estudio”.....	16
4.2.3 Objetivo 3: “Establecer los factores edáficos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de <i>Sequoia sempervirens</i> para las áreas en estudio”.....	19
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Caracterización de la estructura vertical y horizontal de las plantaciones de secoya.....</b>	<b>22</b>
5.1.1 Clase de edad 1 (16 – 21 años).....	22

5.1.2 Clase de edad 2 (22 – 31 años).....	27
5.1.3 Clase de edad 3 (32 – 41 años).....	30
5.1.4 Clase de edad 4 (mayor a 42 años).....	34
<b>5.2 Caracterización de los suelos bajo plantaciones de secoya .....</b>	<b>38</b>
5.2.1 Topografía .....	38
5.2.2 Propiedades químicas y físicas de los suelos .....	39
5.2.3 Valores de las variables químicas y físicas detallados para cada perfil del suelo .....	40
<b>5.3 factores edáficos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de <i>Sequoia sempervirens</i> para las áreas en estudio.....</b>	<b>50</b>
5.3.1 Multicolinealidad.....	50
5.3.2 Análisis por componentes principales (ACP).....	51
5.3.4 Análisis de los factores edáficos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de <i>Sequoia sempervirens</i> para las áreas en estudio. ....	68
<b>6-. CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....</b>	<b>103</b>
<b>8-. APÉNDICE.....</b>	<b>108</b>
8.1 Apéndice I.....	108
8.2 Apéndice II.....	110
8.3 Apéndice III.....	113
8.4 Apéndice IV .....	160
8.5 Apéndice V .....	161
8.6 Apéndice VI .....	185
8.7 Apéndice VII .....	191
8.8 Apéndice VIII .....	197
8.9 Apéndice IX .....	204

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Distribución de algunas plantaciones de <i>Sequoia sempervirens</i> en Chile .....	5
Tabla 2. Localidades a estudiar y distribución por regiones .....	10
Tabla 3. Características climáticas de las localidades .....	11
Tabla 4. Valores extremos, medias y desviación típica de las variables climáticas.....	12
Tabla 5. Características edafológicas de las localidades.....	13
Tabla 6. Distribución de las parcelas de muestreo .....	14
Tabla 7. Variables topográficas a obtenidas en el estudio.....	16
Tabla 8. Propiedades físicas obtenidas en el estudio directamente en terreno.....	17
Tabla 9. Propiedades químicas y físicas de los suelos analizados en laboratorio.....	18
Tabla 10. Clases de edad utilizadas en el estudio.....	19
Tabla 11. Variables independientes a relacionar con el estado actual de las plantaciones de secoya.....	20
Tabla 12. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad entre 16-21 años. Secoya.....	25
Tabla 13. Variables dasométricas para secoya crecidas en Inglaterra .....	26
Tabla 14. Variables dasométricas para secoya crecidas en Chile.....	26
Tabla 15. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad entre 22-31 años. Secoya.....	29
Tabla 16. Variables dasométricas para secoya en Chile .....	29
Tabla 17. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad entre 32-41 años. Secoya.....	33
Tabla 18. Variable dasométricas para secoya crecidas en Nueva Zelanda.....	33
Tabla 19. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad mayor a 42 años. Secoya.....	37
Tabla 20. Variable dasométricas para secoya crecidas en Nueva Zelanda.....	37
Tabla 21. Variables Topográficas .....	38
Tabla 22. Propiedades físicas y químicas del suelo en el horizonte A.....	39
Tabla 23. Propiedades físicas y químicas del suelo para el horizonte B.....	39
Tabla 24. Propiedades físicas y químicas del suelo para el horizonte BC.....	40

Tabla 25. Variables extraídas del análisis para evitar multicolinealidad. ....	51
Tabla 26. Número de componentes principales, según número de Horizontes presentes en el perfil de la calicata analizada .....	52
Tabla 27. Variables analizadas .....	54
Tabla 28. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente incremento medio en volumen ( $m^3/ha/año$ ).....	54
Tabla 29. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente incremento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ).....	55
Tabla 30. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente incremento medio en volumen ( $m^3/ha/año$ ).....	55
Tabla 31. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: Variable dependiente Incremento medio en volumen ( $m^3/ha/año$ ).....	56
Tabla 32. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente altura (m).....	56
Tabla 33. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente altura (m).....	56
Tabla 34. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente altura (m).....	57
Tabla 35. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente altura (m).....	57
Tabla 36. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente Dap (cm). ....	58
Tabla 37. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente Dap (cm). ....	58
Tabla 38. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente Dap (cm). ....	59
Tabla 39. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente Dap (cm). ....	59
Tabla 40. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente volumen total ( $m^3/ha$ ).....	60
Tabla 41. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente Volumen total ( $m^3/ha$ ).....	60
Tabla 42. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente volumen total ( $m^3/ha$ ).....	61
Tabla 43. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente volumen total ( $m^3/ha$ ).....	61
Tabla 44. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente incremento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ).....	62
Tabla 45. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente incremento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ).....	62
Tabla 46. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente incremento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ).....	63

Tabla 47. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente incremento medio anual en volumen (m <sup>3</sup> /ha/año).....	63
Tabla 48. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente altura (m).....	64
Tabla 49. Resultado del análisis de regresión para la Clase de edad 2: variable dependiente altura (m).....	64
Tabla 50. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente altura (m).....	64
Tabla 51. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente altura (m).....	65
Tabla 52. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente Dap (cm). ....	65
Tabla 53. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente Dap (cm). ....	66
Tabla 54. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente Dap (cm). ....	66
Tabla 55. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente Dap (cm). ....	66
Tabla 56. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente volumen total (m <sup>3</sup> /ha).....	67
Tabla 57. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente volumen total (m <sup>3</sup> /ha).....	67
Tabla 58. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente volumen total (m <sup>3</sup> /ha).....	67
Tabla 59. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente volumen total (m <sup>3</sup> /ha).....	68
Tabla 60. Variables más significativas del suelo para las variables de estado analizadas.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Planos de ubicación de parcelas de muestreo de <i>Sequoia sempervirens</i> .....	11
Figura 2. Levantamiento vertical y horizontal Voipir 45 sector I b.....	23
Figura 3. Levantamiento vertical y horizontal de Vopir 67 sector II.....	24
Figura 4. Levantamiento vertical y horizontal de Frutillar.....	27
Figura 5. Levantamiento vertical y horizontal de Vopir 18 sector II.....	28
Figura 6. Levantamiento vertical y horizontal de Llancacura.....	31
Figura 7. Levantamiento vertical y horizontal de Voipir 9 sector II a.....	32
Figura 8. Levantamiento vertical y horizontal de El Vergel.....	35
Figura 9. Levantamiento vertical y horizontal de Voipir 34 sector II.....	36
Figura 10. Contenido de Nitrógeno.....	41
Figura 11. Contenidos de Materia Orgánica.....	41
Figura 12. Contenido de Carbono.....	42
Figura 13. Contenido de Azufre.....	43
Figura 14. Relación Carbono Nitrógeno.....	44
Figura 15. Actividad biológica (DH).....	45
Figura 16. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	46
Figura 17. Capacidad de retención de agua (CRA).....	47
Figura 18. Contenido de Humedad.....	47
Figura 19. Contenido de Magnesio.....	48
Figura 20. Nivel de acidez de los suelos.....	49
Figura 21. Conductividad de los suelos.....	49
Figura 22. Densidad aparente de los suelos.....	50
Figura 23. Procedimientos seguidos para cribar los datos desde el ACP hasta las regresiones múltiples paso a paso utilizando la matriz reducida.....	53
Figura 24. Porcentaje de Azufre promedio versus Incremento medio anual en volumen.....	70
Figura 25. Porcentaje de Azufre promedio versus altura.....	71

Figura 26. C/N promedio versus incremento volumétrico anual.....	72
Figura 27. C/N promedio versus altura. ....	73
Figura 28. Humedad del suelo promedio versus Incremento medio anual en volumen.....	74
Figura 29. Humedad del suelo promedio versus altura.....	74
Figura 30. pH promedio versus Incremento medio anual en volumen. ....	76
Figura 31. pH promedio versus altura.....	76
Figura 32. Densidad aparente del suelo versus Incremento medio anual. ....	77
Figura 33. Densidad aparente del suelo versus altura.....	77
Figura 34. Actividad biológica versus Incremento medio anual en volumen.....	78
Figura 35. Actividad biológica versus altura.....	79
Figura 36. Magnesio promedio versus incremento medio anual en volumen. ....	80
Figura 37. Magnesio promedio versus altura.....	80
Figura 38. Conductividad versus incremento medio anual en volumen. ....	81
Figura 39. Conductividad versus altura.....	81
Figura 40. % CIC versus incremento medio anual en volumen. ....	82
Figura 41. % CIC versus altura.....	83
Figura 42. % Capacidad de retención de agua versus incremento medio anual en volumen.....	84
Figura 43. % Capacidad de retención de agua versus altura. ....	84
Figura 44. Materia orgánica versus incremento medio anual en volumen.....	85
Figura 45. Materia orgánica versus altura.....	85
Figura 46:. % Nitrógeno versus incremento medio anual en volumen. ....	86
Figura 47. % Nitrógeno versus altura.....	86
Figura 48. % de Nitrógeno versus incremento medio anual en volumen. ....	87
Figura 49. Profundidad del suelo versus incremento medio anual en volumen. ....	88
Figura 50. Profundidad del suelo versus altura.....	88
Figura 51. Drenaje interno del suelo versus incremento medio anual en volumen.....	89
Figura 52. Drenaje interno del suelo versus altura.....	89



Figura 53. Fisiografía versus incremento medio anual en volumen.....	90
Figura 54. Fisiografía versus altura.....	91
Figura 55. Variación latitudinal versus incremento medio anual en volumen.....	91
Figura 56. Variación latitudinal versus altura .....	92
Figura 57. Variación longitudinal versus incremento medio anual en volumen.....	92
Figura 58. Variación longitudinal versus altura .....	93
Figura 59. Ubicación en relieve versus incremento medio anual en volumen. ....	94
Figura 60. Ubicación en relieve versus altura. ....	94
Figura 61. Pendiente versus incremento medio anual en volumen.....	94
Figura 62. Pendiente versus altura.....	96
Figura 63. Exposición versus incremento medio anual en volumen. ....	96
Figura 64. Exposición versus altura. ....	96
Figura 65. Elevación versus incremento medio anual en volumen. ....	97
Figura 66. Elevación versus altura.....	97
Figura 67. Precipitación anual versus Incremento medio anual en volumen. ....	99

## RESUMEN

Con el objetivo de analizar el estado de las plantaciones de secoya y su relación con las características edafo-climáticas, se estudiaron 11 localidades de la VIII, IX y X región.

En cada una de las 23 parcelas de muestreo, se evaluaron parámetros dasométricos de las secoyas y se realizaron caracterizaciones de los sitios muestreados, considerando factores topográficos y edáficos. Finalmente se establecieron 64 variables, entre climáticas, edáficas y topográficas.

Se trabajó con clase de edad, porque no se contaba con una red de plantaciones de distintas edades correspondientes a una sola localidad, lo cual no permitió ajustar funciones de crecimientos.

Además, como se disponía de un alto número de datos, para establecer los factores edáficos y climáticos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de *Sequoia sempervirens*, se empleó el método de análisis por componentes principales, para poder transformar el conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas de respuesta, con el propósito de cribar los datos multivariados con los cuales se estaba trabajando.

Una vez reducido el número de variables, se realizaron análisis de regresión múltiple paso a paso, para seleccionar aquellas de mayor incidencia en el estado actual de las plantaciones de secoya.

Los resultados indican que, en general las plantaciones estudiadas, presentan desarrollos interesantes en relación a plantaciones señaladas en este trabajo y que corresponden a rodales de Nueva Zelanda, Inglaterra y otros de Chile.

Se determinó que la productividad de las plantaciones de secoya está influenciada principalmente por las características edafológicas de las localidades, observándose que la importancia principal, radica en las propiedades físico-químicas del horizonte superficial del suelo.

En relación a las propiedades físicas, suelos profundos, con densidades menores a  $1\text{gr/cm}^3$  y drenaje interno rápido son los más indicados. En cuanto a las propiedades químicas, suelos moderadamente y fuertemente ácidos son los más adecuados. También se determinó, que el contenido de agua en el suelo, es uno de los elementos más importantes a considerar para este tipo de plantación. Con respecto a los elementos nutritivos del suelo, valores bajos de la razón C/N, altos contenidos de Nitrógeno, importantes porcentajes de materia orgánica y una elevada actividad biológica, son suelos en que las plantaciones de secoya crecen bien. Contrariamente, altos contenidos de Azufre y Magnesio en el suelo, no son favorables para el crecimiento de la especie.

Finalmente en relación a los factores topográficos, son ideales aquellos sitios ubicados en laderas bajas o bien fondos de hondonadas, entre los 180 m.s.n.m. y 330 m.s.n.m., con pendientes bajo un 10%.

**Palabras claves:** *Sequoia sempervirens*, secoya, suelo, productividad, Chile.

## SUMMARY

Eleven localities in the VIII, IX and X regions were studied to analyze the state of the redwood plantations and its relation with edapho-climatic characteristics.

In each one of 23 sampled parcels, redwood measurement parameters were evaluated and characterizations of sampled sites were made, considering topographic and edaphic factors. Finally, 64 variables were selected, between climatic, edaphic and topographic ones.

Age classes were utilized because it was not possible to work with a network of plantations of different ages that allow fitting growth functions.

There were a high number of data to establish edaphic and climatic factors that have relevance in the current state of the plantations of *Sequoia sempervirens*. For this reason, the principal components methods was used to transform correlated response variables into a smaller set of uncorrelated variables with the objective of screening multivaried data.

Once the number of variables was reduced, a multiple step by step regression analysis was made to select those of greater effect on the current state of the redwood plantations.

In general, studied plantations results show better growth than plantations located in New Zealand, England and Chile.

Redwood plantation productivity was mainly affected by the local edaphic characteristics. The physical-chemical properties of the soil A horizon showed the greater influence on the plantations productivity.

In relation to physical properties, the most suitable soils were deep soils, with densities smaller than 1g/cm<sup>3</sup> and fast internal drainage. In the case of chemical properties, redwood might growth in moderately and strongly acid grounds. It was determined that soil water content is one of the most important elements to consider for this type of plantation. In addition, redwood plantations growth well on soil with low values of C/N, high Nitrogen level, high percentage of organic matter and a high biological activity, on the other hand, soils with high Sulfur and Magnesium levels are not suitable for this species.

Finally in relation to the topographic factors, the best redwood plantations site are those located in bottom hill or bottom valley, between 180 m.a.s.l and 330 m.a.s.l with slopes under 10%.

**Key words:** *Sequoia sempervirens*, redwood, site, productivity, Chile.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Durante los últimos años el sector forestal chileno se ha desarrollado en torno a las plantaciones de especies exóticas de rápido crecimiento, las cuales se han consolidado como uno de los principales soportes productivos de la economía nacional. La exitosa adaptación de estas especies, está basada en similitudes climáticas que existen entre sus áreas de origen y las zonas donde se han introducido. Por otro lado las tendencias estratégicas del Estado de promover la diversificación de las plantaciones, por razones económicos, sociales, ecológicos y sanitarios, ha originado la búsqueda de nuevas especies forestales promisorias para Chile.

Entre éstas, se encuentra *Sequoia sempervirens* ((D. Don.) Endl.), “secoya”, cuya distribución natural se desarrolla a lo largo de la Costa del Pacífico desde el estado de California hasta el sur de Oregón, EE.UU. Esta especie presenta interesantes características para su establecimiento en Chile, primero porque las características climáticas de su zona de origen son similares a las características climáticas de Chile entre la VI y X región; segundo por sus características de crecimiento relativamente rápido y por último, una valiosa madera de color rojo intenso y muy resistente a la pudrición, lo que le permite generar buenas perspectivas en el mercado.

En el marco del Proyecto FONDEF D01i 1008 “Silvicultura y Manejo de la Secoya en Chile y fomento de su plantación forestal sustentable”, la secoya es considerada como una de las alternativas para la diversificación forestal en Chile. Según este proyecto, existe un área potencial para su establecimiento, entre la VIII y X región. También indica, que esta especie puede obtener una productividad media con mejoramiento genético y selección de sitios de 25 m<sup>3</sup>/ha/año, incremento medio en volumen, comparables al promedio de pino radiata bajo las mismas condiciones.

Bajo esos antecedentes, resulta interesante realizar un estudio de las áreas potenciales de crecimiento para esta especie forestal, en las regiones VIII, IX y X, identificando aquellos sitios que mejores condiciones presentan para el crecimiento de esta especie.

En este contexto, en la presente memoria de título se analizó la influencia de factores edafo-climáticos sobre la productividad de la secoya, a base de 11 localidades ubicadas entre la VIII y X región, con el objetivo de determinar las áreas óptimas para el establecimiento de plantaciones de esta especie para fines comerciales, además de ofrecer alternativas operativas de decisión frente a las distintas posibilidades de utilización de suelos para estas plantaciones.

## **2. OBJETIVOS**

---

### **2.1 Objetivo general**

Analizar el estado de las plantaciones de *Sequoia sempervirens* y su relación con las características de los suelos para localidades de la VIII, IX y X región.

### **2.2 Objetivos específicos**

- 1) Caracterizar la estructura vertical y horizontal de las plantaciones de *Sequoia sempervirens* de las localidades en estudio.
- 2) Caracterizar los suelos bajo plantaciones de *Sequoia sempervirens* de los sectores en estudio.
- 3) Establecer los factores edáficos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de *Sequoia sempervirens* para las áreas en estudio.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

---

#### 3.1 Antecedentes generales de *sequoia sempervirens*

*Sequoia sempervirens* ((D.Don.)Endl.), de nombre común secoya, pertenece a la familia Taxodiaceae, es una especie de gran interés debido a que posee un crecimiento relativamente rápido y valiosa madera, de color rojo intenso y muy resistente a la pudrición. Se le conoce como Californian Redwood, Coast Redwood y en Chile su madera se comercializa como "Alerce Americano" o secoya.

##### 3.1.1 Distribución natural

Su distribución natural está restringida a una angosta banda discontinua de territorio ubicada desde el extremo sur oeste del estado de Oregón hasta las Montañas de Santa Lucía en el Condado de Monterrey, estado de California. Esta banda tiene 720 km de largo y no supera los 57 km de ancho (Ramírez, 2002).

Generalmente no se la encuentra a más de 32 a 48 km de la costa, llegando hasta aproximadamente los 915 msnm en valles, cañones y laderas, donde la lluvia y la niebla son abundantes. Requiere de climas frescos con alta humedad. Aunque la mayoría de los bosques de secoya se encuentran en las cercanías del mar, no tolera los vientos marinos que acarrearán sal (Snyder, 1992).

Gran parte de su superficie se encuentra protegida dentro de Parques Estatales del National Park Service.

##### 3.1.2 Características de la especie

Árbol de gran altura, perennifolio y monoico, que en buenas condiciones naturales puede lograr alturas desde 61 a 104 m, con diámetros de 4 a 6 m, incluso se han encontrado diámetros superiores a 8,5 m. De tronco recto y estructura piramidal, sus ramas están extendidas horizontalmente y se presentan un poco péndulas en los extremos (Olson *et al.*, 1990). En individuos maduros puede estar libre de ramas entre 1/3 y la mitad de la altura total (Kannegiesser, 1990).

La corteza es de un tono castaño rojizo, blanda, fibrosa, con escamas irregulares, profundamente surcada y gruesa, la cual puede alcanzar los 40 cm de espesor en individuos maduros (Hoffmann, 1993). La corteza gruesa, le permite sobrevivir a los incendios forestales característicos de su zona de origen. Lo que le permite generar una gran cantidad de ramillas nuevas a lo largo del fuste, después de que se le han quemado sus ramas (Bailey, 1960).

El duramen de la secoya varía de un color cereza hasta un caoba oscuro, mientras que la albura es casi blanca. Se distingue por ser liviana pero resistente, blanda, de grano recto y fácil de trabajar (Snyder, 1992).

Los conos son pequeños, leñosos y resistentes. Las escamas son rugosas, peltadas con una espina en el centro. Bajo cada escama se ocultan 2 a 9 semillas pequeñas, livianas

aladas, de color café brillante. La reproducción se lleva a cabo mediante semillas o por renuevos que son emitidos por las raíces. La semilla no requiere pretratamiento para germinar, pero su capacidad germinativa es baja debido a la alta proporción de semillas vanas (Grosse y Kannegiesser, 1988).

### 3.1.3 Requerimientos Ecológicos

#### • **Clima**

La secoya se desarrolla en climas que se pueden clasificar como templado superhúmedo o húmedo con influencia oceánica. Las temperaturas medias anuales varían entre 10 y 16 °C y la diferencia entre la media mínima y máxima anual no supera los 5,6 °C para los bosques de la costa y hasta 16,7 °C para aquellos más continentales. Las temperaturas raramente descienden de los -9 °C y exceden los 38 °C, mientras que el periodo libre de heladas, varía entre 6 y 11 meses (Olson *et al.*, 1990).

La precipitación anual varía entre 635 a 3100 mm, distribuida principalmente en invierno. Otras características de la región en que se desarrolla, es la presencia de nieblas veraniegas que tienen una considerable importancia en la distribución de la especie (Olson *et al.*, 1990).

#### • **Topografía**

La secoya en su lugar de origen tiene su distribución máxima entre los 30 y 760 m.s.n.m. Al aumentar la altitud, la sequedad y la pendiente, la secoya es más pequeña y cede el paso a otras especies (Olson *et al.*, 1990).

En relación a su distribución natural, en el norte, ocupan todas las exposiciones y alcanzan su desarrollo máximo como árboles forestales. En el sector sur de la distribución natural están restringidas a exposiciones norte y oeste. En la extensión extrema del sur están restringidas casi completamente en cañones estrecho y profundos que se encuentran entre colinas escarpadas que limitan el océano (Olson *et al.*, 1990).

#### • **Suelo**

Las secoyas logran mayor desarrollo en terrazas aluviales con suelos formados por depósito de rocas sedimentarias. Estas condiciones se observan a lo largo de ríos, en planos costeros húmedos, en valles que se abren hacia el mar y en pendientes moderadas hacia el poniente (Olson *et al.*, 1990).

Los suelos correspondientes a las regiones de distribución natural de la especie, son de color gris claro a suavemente rojizos o café profundos y con una capacidad moderada a alta de retención de agua. Los pH de estos suelos están entre 5,0 (levemente ácidos) y 7,5 (alcalinos), siendo óptimo 6,5. Con respecto a la textura, estos suelos varían entre suelos arcillosos, arcillosos-arenoso, areno-limoso o limoso (Kannegiesser, 1990). Generalmente las secoyas se desarrollan mejor sobre texturas medias, suelos profundos (sobre 1,20 m), permeables de buen drenaje (Lenihan, 1990).

En relación a los nutrientes del suelo, Kannegiesser (1990), señala que el exceso de nitrógeno en forma de nitrato, se expresa a través del colorido plateado de las acículas. Por otro lado según Olson *et al.* (1990), en suelos con altas concentraciones de magnesio y sodio la secoya no crece bien.

### 3.1.4 Antecedentes de la especie en Chile

En Chile, la secoya se introdujo con fines ornamentales a fines del siglo XIX. Sin embargo Kodzon (1952), señala que esta especie sería de interés para ser plantada en bosques de gran extensión, en pequeños grupos o bien como cortinas corta viento con fines productivos.

#### • Distribución de la secoya en Chile

Según INFOR (1998), en Chile los sectores más apropiados para plantaciones de secoya, se extienden desde Valparaíso por la costa internándose en el Valle Central a la latitud de Linares hasta Puerto Montt. Pero las áreas óptimas de crecimiento coinciden con las de pino radiata, calculando que la secoya puede alcanzar un desarrollo mayor y más rápido en suelos planos y aluviales a lo largo de los ríos.

En la tabla 1 se observa la distribución de las superficies de algunas plantaciones de secoya en Chile.

**Tabla 1. Distribución de algunas plantaciones de *Sequoia sempervirens* en Chile**

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	PREDIO	SUPERFICIE (HA)
IX	Cautín	Villarrica	Voipir	107
		Freire	Campamento	5
		Loncoche	Porvenir	10
X	Valdivia	Lanco	El Sotillo	85
			Cucharo	5
			Contra	2,5
			Chifura	25
			San Antonio	5
		Pumillahue	20	
Panguipulli	Toledo	30		
Otras: Predios distribuidos entre las regiones VII, VIII y X				150
<b>TOTAL</b>				<b>444,5</b>

Fuente: Fernández (1999).



### • Antecedentes de plantaciones de secoya en Chile

En Chile, la secoya se encuentra representada en plantaciones puras y mixtas, principalmente con *Pseudotsuga menziessi*. La secoya requiere de suelos profundos y bien drenados. Se han demostrado rendimientos altos en plantaciones realizadas entre la VII y la X Región. La rotación para los sitios estudiados en Chile fluctúa entre los 30 y 40 años (Kannegiesser, 1990).

Para una plantación de secoya, ubicada en el Fundo Voipir en Villarrica (IX Región), Kannegiesser (1990), analizó el crecimiento de secoya mediante un análisis de tallo, obteniendo el crecimiento medio anual por árbol del dap, altura y volumen, resultando los siguientes valores: 0,53 cm/año, 0,62 m/año y 0,04 m<sup>3</sup>/año respectivamente.

El rodal estudiado se localiza en una ladera, sin embargo Kannegiesser (1990) señala que para un rodal plantado en la misma época, situado en una quebrada con suelo profundo y buen drenaje, los individuos presentaban dimensiones superiores al rodal estudiado. Así mismo, concluye que a nivel mundial y en Chile se observa que las plantaciones de secoya se adaptan bien cuando se encuentran en suelos profundos, fértiles y húmedos. En esas condiciones los árboles crecen a mayores tasas que en E.E.U.U.

### 3.2 Plantación y calidad de sitio

Existe una gran cantidad de definiciones acerca de lo que se entiende por sitio y calidad de sitio. Bruce y Schumacher (1950), expresan que el sitio es aquel conjunto de factores edáficos, climáticos y biológicos que afectan el crecimiento de una especie forestal.

Según Donoso (1981), sitio es una interacción de elementos climáticos, del suelo y biológicos, que determinan la productividad o crecimiento potencial de un determinado lugar para soportar árboles forestales u otro tipo de vegetación. Estos elementos que interactúan y determinan la productividad de los árboles, se denominan factores de sitio o factores reguladores del crecimiento, de los cuales uno o más son dominantes.

El hecho de que la productividad sea variable, según diferentes combinaciones de los factores ambientales, hace que los sitios sean diferentes en cuanto al potencial de crecimiento de la vegetación. En términos generales, habrá entonces sitios buenos, medianos y pobres (Celis, 1996).

Dentro de una región climática, el crecimiento variará fuertemente dependiendo de las condiciones topográficas y edáficas. El clima no varía fuertemente en una región y generalmente se ignora en la evaluación de la calidad de sitio, mientras que el clima local puede variar significativamente de un lugar a otro en una determinada localidad (Spurr, 1964).

El suelo es sólo uno de los elementos que determinan las características del sitio, no obstante, es un importante factor de hábitat, que influye considerablemente en la tasa de crecimiento, en el vigor reproductivo, en la calidad de la madera, en la resistencia a enfermedades y en la resistencia al viento de los árboles (Donoso, 1992).

La información que se necesita respecto de los suelos para cualquier problema de manejo de bosques o plantaciones, se refiere generalmente a aquellas que expresan la relación

suelo-agua-planta, que según Donoso (1992) son: la profundidad del suelo, textura, permeabilidad, capacidad de agua aprovechable, forma de humus o profundidad de horizonte A, contenido de sustancia orgánica del horizonte A y acidez del suelo.

Según Coile (1952), las principales características del suelo que se relacionan con la calidad del sitio forestal son:

1) Factores del suelo:

- profundidad total del suelo
- profundidad efectiva del horizonte A
- Naturaleza física del subsuelo, entre éstos la textura, distribución de poros y capacidad de agua aprovechable, por su influencia en el movimiento de agua, aireación y agua disponible para las raíces.
- Materia orgánica, en forma de humus incorporado y no incorporado, por su influencia el régimen de humedad y porosidad.
- Características químicas del suelo

2) Otros factores: clima y longitud del día, exposición (que afecta al clima local), topografía y ecología superficial.

Acorde a Spurr (1964), las variables más importantes para estimar la productividad son, la profundidad efectiva de suelo, profundidad del horizonte A y la profundidad de la napa freática. Además señala que son importantes las características del perfil del suelo que afectan al drenaje y humedad del suelo, tales como textura y estructura. También las características topográficas, exposición y pendiente, las cuales influyen las propiedades físicas del suelo, específicamente las relacionadas con la humedad de éstos.

La información disponible de un suelo en relación con un área determinada, es válida sólo dentro de los límites donde prevalecen ciertas condiciones uniformes de clima, entendiéndose por ello condiciones uniformes de precipitación, de distribución de la precipitación, de longitud de la estación de crecimiento y temperatura (Donoso, 1992).

### 3.2.1 Forma de evaluación de la productividad de sitios

Una base fundamental para el éxito de las plantaciones es la selección adecuada de los sitios para el establecimiento de la especie en cuestión, en concordancia con sus requerimientos. Para ello es necesario determinar la influencia de distintos factores del sitio sobre la productividad de las plantaciones (Gerding *et al.*, 1995).

Existen dos formas generales para evaluar la capacidad productiva de un determinado sitio, las cuales se detallan a continuación.

#### 3.2.1.1 Método directo

Basado en mediciones de las características del rodal, como altura, volumen, número de árboles por unidad de superficie (Mansilla, 1997).

Según Prodan *et al.* (1997), la evaluación mediante el método directo se puede realizar a través de:

- La determinación del volumen o altura del rodal, sin embargo señala que es difícil de interpretar, salvo que el rodal se encuentre cercano a una edad clave o de rotación usada como comparación.
- Registro histórico de desarrollo y rendimiento.
- Análisis fitosociológica y/o fisionómico de la vegetación presente en el área.

La medición directa del sitio no es tan simple, ya que la obtención de los valores se dificulta, debido a que en la productividad de un bosque están influenciando una serie de factores como: climático, edáficos, luz en el rodal y topográficos, entre otros, por lo que se emplea frecuentemente la estimación indirecta (Celis, 1996).

### 3.2.1.2 Método indirecto

Se basa en evaluaciones de parámetros que influyen en el crecimiento del bosque. Estos pueden ser factores del suelo, clima, vegetación y topográficos. Estos métodos conducen a la obtención de índices de sitio o productividad (Mansilla, 1997).

Entre los métodos indirectos más utilizados se pueden mencionar el índice de sitio basado en la altura de los árboles dominantes, especies indicadoras y los factores de sitio.

#### • **Altura de los árboles dominantes de un rodal**

La altura de los árboles dominantes, constituye uno de los análisis más comunes para estimar la calidad de un determinado sitio. Comúnmente se señala que los incrementos diametrales varían de acuerdo a la calidad del sitio, pero al mismo tiempo son sensibles a la densidad del rodal (Ribalta, 1983).

Se ha demostrado empíricamente que la altura dominante de un rodal es independiente de la densidad y también, que la productividad en volumen del rodal es independiente de esta variable (Celis, 1996).

La calidad de sitio expresada en términos de la altura se denomina índice de sitio, que es equivalente a la altura alcanzada por el rodal, a una edad determinada (Dyer *et al.*, 1987). Además, estos mismos autores, señalan que teóricamente el crecimiento en altura es sensible a diferentes calidades de sitio, poco afectada por variaciones de densidad y composición de especies, relativamente estable bajo variaciones de intensidades de raleo y fuertemente correlacionado con el volumen.

Al ser independiente de la silvicultura y fácilmente medible, la altura dominante de rodales coetáneos es usada comúnmente para evaluar productividad potencial de sitios forestales (Contreras, 1982).

El problema en el uso de índices de sitio, es que la elección de las clases dominantes y codominantes es muy subjetiva. El raleo y otras cortas pueden cambiar teóricamente la calidad del sitio. La asignación de un índice a un rodal basado en la edad y altura no es

válida, un rodal con volumen alto, puede tener árboles dominantes pequeños e inversamente (Spurr, 1964).

#### • **Especies indicadoras**

Existen ciertas especies vegetales del sotobosque que, a través de sus parámetros ecológicos, como por ejemplo presencia, frecuencia, abundancia relativa y tamaño, sirven para definir la calidad de un sitio (Ribalta, 1983).

Un requisito para aplicar eficazmente este método, consiste en encontrar plantas cuya presencia, abundancia o vigor, indiquen rangos pequeños de calidad de sitio, es decir plantas de amplitud ecológica estrecha (Contreras, 1982).

#### • **Factores del sitio**

Consiste en efectuar un análisis de los factores del medio ambiente que influyen en el área, generalmente factores climáticos o edáficos, siendo importante que éstos tengan una correlación estrecha con la calidad del sitio y por supuesto que sean medibles (Donoso, 1981). Son los factores que de una u otra forma están influyendo en el crecimiento de los árboles (Ribalta, 1983).

Existen diferentes metodologías para poder relacionar factores del medio con la productividad de los rodales, pero la forma más usual, es mediante un análisis de regresión múltiple, con la altura o cualquier otro índice de productividad como variable dependiente y un número determinado de características del medio como variables independientes (Prodan *et al.*, 1997).

En el procedimiento seguido por Mansilla (1997), para poder relacionar factores del medio con los estimadores de productividad, primero llevó a cabo un análisis de correlación, para la elección de aquellas variables que presentan una mejor relación con los estimadores de productividad. Posteriormente, una vez determinadas las 19 variables con mayores grados de correlación, llevó a cabo un análisis de regresión paso a paso, utilizando como variables dependientes los estimadores de productividad. De esta forma pudo determinar los factores del medio que tenían mayor importancia para la evaluación de la calidad de sitio para pino insigne en la región de Valdivia.

Similar método empleó Ribalta (1983), para determinar productividad del monte bajo de una plantación de eucaliptus.

Gerding *et al.* (1982), también empleó un análisis similar para seleccionar aquellas variables de mayor incidencia en el índice de sitio. Pero como paso previo a la regresión paso a paso, analizó los grados de asociación entre el índice de sitio y cada una de las variables del sitio, a través del coeficiente de Pearson. Luego determinó mediante regresiones múltiples, las tendencias que presentaba el índice de sitio en función de algunos de los factores altamente correlacionados con éste.

Según los antecedentes bibliográficos, en general la metodología empleada para relacionar factores de sitio con índices de productividad de un rodal, consiste en un análisis de regresión múltiple paso a paso. La diferenciación de los métodos, radica en el paso previo al análisis de regresión, donde es importante cribar o disminuir el número de variables explicativas, de forma de simplificar el análisis y evitar resultados ambiguos.

## 4. MATERIAL Y MÉTODO

### 4.1 Material

#### 4.1.1 Zona de estudio

Para analizar el estado actual de las plantaciones de secoya y su relación con las características del suelo, se seleccionaron plantaciones ubicadas entre la VIII y X región, área considerada por el FONDEF D01i 1008<sup>1</sup>, como potencial para el desarrollo de plantaciones de secoya, en la cual se podría obtener interesantes perspectivas en cuanto a productividad.

El criterio utilizado para seleccionar las localidades a estudiar se basó en variaciones climáticas, edáficas y topográficas, cubriendo de esta forma un rango amplio de situaciones.

Es importante señalar que estas plantaciones de secoya son de pequeñas superficies y dispersas en edad.

La localización de las localidades estudiadas se detallan en la tabla 2 y los planos de ubicación se presentan en la figura 1.

**Tabla 2. Localidades a estudiar y distribución por regiones**

FUNDO	COMUNA	PROVINCIA	REGIÓN
Antiquina	Antiquina	Arauco	VIII
El Vergel	Angol	Malleco	IX
Campanario	Freire	Cautín	
Voipir	Villarrica		
Correltué	Panguipulli	Valdivia	X
Quechuco	San José de la Mariquina		
Trafun	Coñaripe		
Las Palmas	Valdivia		
Piedras Blancas	Valdivia		
Llancacura	Llancura		
Frutillar	Frutillar		

Fuente: Proyecto FONDEF D01 1008, 2003

<sup>1</sup> FONDEF D01i 1008. Silvicultura y manejo de la Secoya en Chile y fomento de su plantación forestal sustentable.

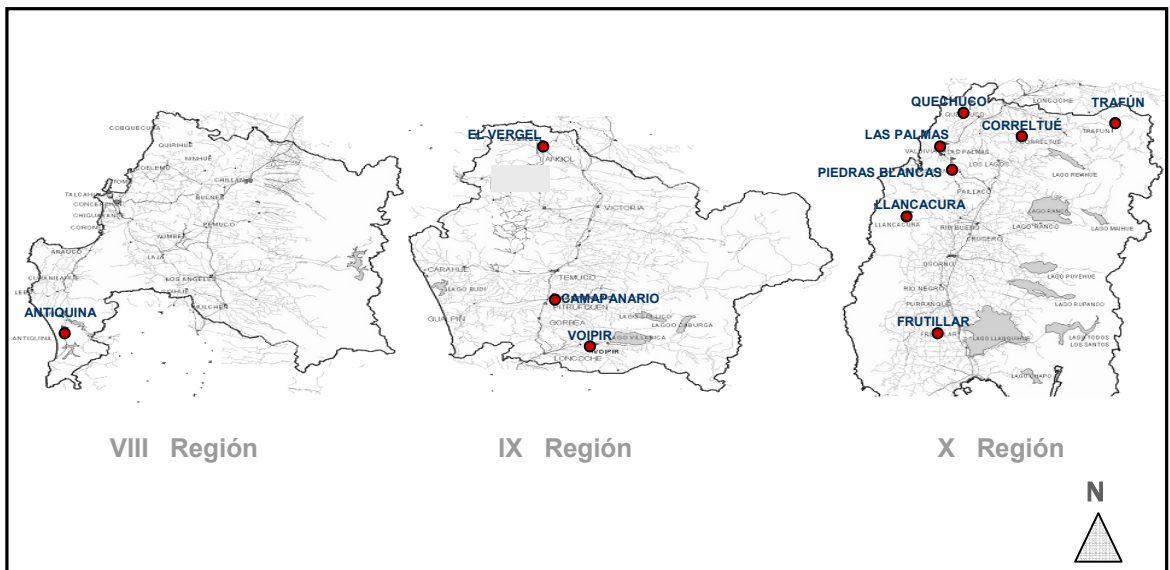


Figura 1. Planos de ubicación de parcelas de muestreo de *Sequoia sempervirens*

#### 4.1.2 Clima

Las principales características climáticas para las regiones VIII, IX y X, detallado por localidad están sintetizadas en la tabla 3.

**Tabla 3. Características climáticas de las localidades**

Localidad	Distrito Agrodinámico	Humedad relativa Enero (%)	Humedad relativa Julio (%)	T.Max Enero (°C)	T.Mn. Enero (°C)	T.Max Julio (°C)	T.Mn. Julio (°C)	Período libre de heladas (días)	N Total de Heladas (año)	Período Seco (meses)	Período Húmedo (meses)	Pp Anual (mm)
Antiquina	8,4	78	87	22,8	11	13	5,3	270	4	5	6	1300
El Vergel	97,2	67	86	25,7	10,1	11,7	4,1	213	13	5	6	1364
Campanario	9,2	71	88	24,1	10,6	12,3	4,1	215	14	3	6	1342
Voipir	910,3	67	79	23,5	8,7	10,2	4,6	207	10	0	9	2454
Correltúe	6	75	87	21,3	8,5	10,4	3,6	9	20	0	9	2160
Quechuco	10	77	91	21,2	9,6	10,5	4,9	280	8	0	10	2454
Traful	9	78	87	18,7	9	9,2	3,6	219	19	0	11	3112
Las Palmas	10	77	91	21,2	9,6	10,5	4,9	280	8	0	10	2454
Piedras Blancas	3	75	91	21,4	9,9	11,3	5,1	295	6	0	9	2263
Llancaura	6	75	87	21,3	8,5	10,4	3,6	9	20	0	9	2160
Frutillar	6	75	87	21,3	8,5	10,4	3,6	9	20	0	9	2160

Fuente: Proyecto FONDEF D01 1008, 2003

Para establecer el rango de situaciones abarcadas en este estudio son de especial interés los valores extremos y la variabilidad de cada parámetro. En la tabla 4 se indican los valores medios, extremos y desviación típica de los factores considerados. Se aprecia que las variables climáticas presenta un amplio rango de variación, criterio que se considera al

seleccionar las localidades muestreadas, siendo las más críticas aquellas relacionadas con la humedad disponible para las plantaciones.

Lo anterior, se refleja a través de las variables, periodo seco y periodo húmedo, en que los valores máximos estarían aproximadamente doblando el número de meses de los valores mínimos, lo mismo sucede con la variable precipitación anual, expresada en mm.

**Tabla 4. Valores extremos, medias y desviación típica de las variables climáticas.**

VARIABLE	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV. TÍP.
Humedad enero (%)	67	78	70,54	1,57
Humedad en julio (%)	79	92	86,68	3,57
T° máxima enero (°C)	18,7	26	22,94	4,48
T° mínima enero (°C)	8,1	11	8,88	0,93
T° máxima en julio (°C)	9,2	13	10,71	0,89
T° mínima Julio (°C)	3,6	5,4	4,50	0,50
Período libre de heladas (Días)	9	295	198,54	78,88
Número total de heladas (Días)	3	20	11,04	4,61
Período seco (Meses)	0	5	0,75	1,75
Período húmedo (Meses)	6	11	8,67	1,30
Pp Anual (mm)	1300	3112	2256,33	442,16

En relación al periodo seco de las localidades (tabla 3), Antiquina y El Vergel son las más críticas en comparación a las localidades restantes, ya que tienen 5 meses secos. Seguidas por Campanario con 3 meses secos. El resto de las localidades no tienen meses secos, condiciones que podrían favorecer el desarrollo de plantaciones de secoya.

En cuanto al periodo húmedo (tabla 3), Quechuco, Trafún y Las Palmas, son las localidades que presentan periodos húmedos más largos, sobre los 10 meses, situación que puede ser importante en cuanto al desarrollo de plantaciones de secoya. Esto porque según Olson *et al.* (1990), la humedad es una variable importante para esta especie, primero porque los climas en que se desarrolla son clasificados como súper húmedo o húmedo con influencia oceánica; segundo porque son de considerable importancia en la distribución de esta especie, la presencia de nieblas veraniegas, condiciones que reflejan la importancia que adquiere la humedad para la secoya.

En cuanto a la precipitación anual (tabla 3), Trafún es la localidad que presenta los mayores índices (3112 mm), contrariamente, Antiquina, El Vergel y Campanario son las localidades con menores precipitaciones anuales, se encuentran bajo los 1350 mm.

Sin embargo, las tres variables antes analizadas (periodo seco, periodo húmedo y precipitación anual), están dentro de los valores máximos y mínimos para el lugar de origen de las secoyas.

Finalmente con respecto a la variable periodo libre de heladas (tabla 4), el valor máximo (295 días), supera notoriamente al valor mínimo (9 días), lo que indica que existe una alta variación de esta variable. Junto a lo señalado, si se observa la tabla 3, las localidades que presentan 9 días de periodos libre de heladas son Correltué, Llanacura y Frutillar,

localidades que estarían bajo el rango de variación señalado por Olson *et al.* (1990), para este especie en su lugar de origen, 6 y 11 meses, libre de heladas.

#### 4.1.3 Suelo

De las caracterizaciones generales presentadas de cada una de las series de suelo (apéndice I), se puede señalar que la mayoría de las localidades presenta suelos de origen volcánico, a excepción de los suelos de El Vergel, cuyos orígenes son sedimentarios.

Es importante señalar que los suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por tener un alto contenido de materia orgánica, siendo la acumulación de carbono orgánico un factor determinante de muchas de sus propiedades y características químicas y físicas. Otras de las características de estos suelos, es la fijación del fósforo, quedando no disponible para las plantas (Zunino y Borie, 1985).

Finalmente en la tabla 5 se presenta un resumen de los antecedentes edafológicos para las localidades estudiadas.

**Tabla 5. Características edafológicas de las localidades**

Localidad	Clase de Cap. de Uso	Serie	Textura (Horizonte 1)*	Drenaje	Profundidad general (cm)	Ph o nivel de acidez del suelo (Horizonte 1)*	Densidad del suelo (g/cm <sup>3</sup> ) (Horizonte 1)*
Antiquina	III	Nahuelbuta	Arcilloso	Bien drenado	Profundo, más de 100 cms	5,2	1,41
El Vergel	III	San Esteban	--	--	--	--	--
Campanario	III-IV	Temuco	Franco limoso	Bien drenado	Ligeramente profundo, 50 - 75 cms	5,7	0,98
Voipir	VII	Cerro Nahuel	Franco arenoso fino	Bien drenado	Mod. profundo, 75 - 100 cms	5,9	0,91
Correltúe	IV	Malihue	Franco limoso	Bien drenado	Profundo, más de 100 cms	5,6	0,89
Quechuco	VII	Nahuelbuta	--	--	--	--	--
Piedras Blancas	VIII	Nahuelbuta	--	--	--	--	--
Las Palmas	II	Valdivia	Franco limoso	Bien drenado	Mod. profundo, 75 - 100 cms	6,3	0,82
Trafun	s/i	Corte Alto	Franco arcillo limoso	Bien drenado	Profundo, más de 100 cms	5,6	0,86
Llancacura	VII	Nahuelbuta	--	--	--	--	--
Frutillar	IV-VII	Frutillar	Franco	pobremente drenado	Mod. Profundo, 75 - 100 cms	5,6	0,53

Fuente: Proyecto FONDEF D01 1008, 2003

\* Las variables: textura, pH y densidad del suelo, corresponden al horizonte superficial del perfil (Horizonte 1 ò A).



#### 4.1.4 Identificación de los rodales a estudiar

En este trabajo se estudian rodales con plantaciones de 16 a 48 años de edad, que se distribuyen entre altitudes de 30 a 890 m.s.n.m.

Se muestrearon rodales de secoya puros y rodales de secoya mixtos con pino oregón, en los cuales la representatividad de secoya es mayor al 75% del total de la plantación.

En la tabla 6, se detallan la distribución de las parcelas de muestreo, indicando ubicación geográfica, elevación y edad, entre otros antecedentes.

Es importante señalar que en la localidad de Voipir se muestreó más de un rodal por reunir diversas situaciones topográficas interesantes de estudiar y por poseer mayor variedad en cuanto a edad de las secoyas.

**Tabla 6. Distribución de las parcelas de muestreo**

LOCALIDAD MUESTRAEDA	EDAD (años)	COORDENADAS		ELEVACIÓN (msnm) (z)	COMUNA	PROVINCIA	REGIÓN
		LATITUD °S	LONGITUD °W				
ANTIQUINA	29	38,096	73,402	55	Antiquina	Arauco	VIII
EL VERGEL	47	37,797	72,710	238	Angol	Malleco	IX
CAMPANARIO	41	38,960	72,627	118	Freire	Cautín	
VOIPIR 9 sector II a	39	39,301	72,257	313	Villarrica		
VOIPIR 9 sector II b	39	39,302	72,257	305			
VOIPIR 24 sector I	21	39,302	72,270	339			
VOIPIR 25 sector I	20	39,302	72,268	323			
VOIPIR 45 sector I	16	39,309	72,273	544			
VOIPIR 45 sector I	16	39,309	72,273	486			
VOIPIR 54 sector I	46	39,310	72,280	580			
VOIPIR 34 sector II	45	39,310	72,257	262			
VOIPIR 39 sector II	48	39,311	72,252	279			
VOPIR 41 sector II	45	39,311	72,299	412			
VOIPIR 48 sector II	19	39,312	72,261	481			
VOIPIR 18 sector II	23	39,312	72,262	327			
VOIPIR 67 sector II	19	39,349	72,254	327			
CORRELTUE	45	39,651	72,347	125		Panguipulli	Valdivia
QUECHUCO	44	39,540	72,968	30	San José de la Mariquina		
TRAFUN	41	39,587	72,038	890	Coñaripe		
LAS PALMAS	37	39,797	73,218	128	Valdivia		
PIEDRAS BLANCAS	45	39,888	73,100	84	Valdivia		
LLANCACURA	40	40,331	73,341	193	Llancacura		
FRUTILLAR	27	41,122	73,057	153	Frutillar	Llanquihue	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5 Instrumental y equipo utilizado.

Para realizar los muestreos en terreno se utilizó: GPS, forcípula, clinómetro, brújula, huincha (50 m), cinta y tiza. Junto con lo anterior para realizar las calicatas se utilizó pala, picota, bolsas plásticas, cuchillo y botellas de agua.

Los análisis estadísticos se realizaron empleando los paquetes estadísticos Statistica Student Versión y SPSS.

Los levantamientos verticales y horizontales fueron elaborados utilizando el programa Stand Visualization System, (USDA Forest Service, 1997).

## 4.2 Método

Para cumplir con los objetivos específicos de esta memoria, se emplea la siguiente metodología por objetivo.

4.2.1 Objetivo 1: “Caracterizar la estructura vertical y horizontal de las plantaciones de *Sequoia sempervirens* de las localidades en estudio.”

- La distribución de las unidades muestrales se realizó mediante un recorrido estructurado de cada rodal, con el objeto de capturar superficies con variaciones fisiográficas importantes y/o existencia de curso de agua. Debido a que las superficies de los rodales de secoya de este estudio son pequeñas, sólo se realizó una parcela por rodal y su posición fue seleccionada de forma dirigida, evitando bordes de caminos y privilegiando sectores más representativos del rodal. El muestreo se realizó mediante parcelas rectangulares cuyo tamaño varió según la superficie y la homogeneidad del rodal, empleando unidades de muestreo entre los 300 m<sup>2</sup> y los 800 m<sup>2</sup>. En cada parcela se midieron con forcípula o con huincha, cuando fue necesario, los diámetros de todos los árboles dentro de la parcela, incluyendo aquellas que no eran secoya.

- Para caracterizar la distribución vertical y horizontal, en cada parcela se seleccionó una sub-parcela. El tamaño de éstas varió según la superficie de la parcela y representatividad de los individuos de alturas dominantes.

Del levantamiento vertical se obtuvieron las alturas de copas y alturas totales para todos los árboles dentro de ésta. A partir del levantamiento horizontal se obtuvo la distribución de copas y grado desarrollo de éstas. Para esto se midió la longitud de éstas hacia los 4 lados cardinales: Norte, Sur, Este y Oeste. Esto último, también para todos los árboles de la sub-parcela, sin importar su especie.

La visualización de los levantamientos de forma gráfica fue elaborada utilizando el software Stand Visualization System (SVS) de USDA Forest Service Pacific Northwest Research Station (1997), disponible gratuitamente en Internet. Este programa (SVS), permite generar imágenes gráficas que representan las características del levantamiento, vertical y horizontal, representado por una lista de los componentes individuales de éste. Detallando por ejemplo árboles, arbustos y abajo materia orgánica, usando modelos geométricos. Lo cual permite crear imágenes de un bosque, como grupo espacial continuo de árboles que tienen estructuras similares y que crecen bajo suelo y condiciones climáticas similares.

4.2.2 Objetivo 2 “Caracterizar los suelos bajo plantaciones de *Sequoia sempervirens* de los sectores en estudio”.

- La descripción de los suelos se centra en factores edáficos y topográficos. En cada parcela se realizó una descripción general de la geomorfología del sector y se estudió las características del perfil del suelo, mediante calicatas de 1m de profundidad, cuya ubicación en la parcela se determinó al azar.
- La descripción del perfil se realizó, determinando los horizontes en orden secuencial a partir de la superficie. En general se puede indicar que el horizonte 1, representa el suelo superficial (Horizonte A), donde no se hizo la distinción entre horizonte A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>, de manera de simplificar el estudio. Sin embargo se puede señalar que en general corresponde a la zona de máxima eluviación (Horizonte A<sub>2</sub>). El horizonte 2, corresponde a la zona de iluviación (horizonte B<sub>2</sub>). Finalmente el horizonte 3, representa un horizonte transicional (Horizonte BC o también denominado B<sub>3</sub>).

En la tabla 7, se detallan las variables topográficas evaluadas, las categorías y forma de determinar cada variable. En general la evaluación de éstas se realizó según el manual para el reconocimiento de suelos de Schlatter (1981).

**Tabla 7. Variables topográficas a obtenidas en el estudio.**

VARIABLES	METODOLOGÍA
Posición fisiográfica	Observación directa del sector en estudio (montaña, cerro, lomaje, plano, valle, hondonada con drenaje).
Altitud	GPS
Exposición	Brújula
Ubicación en relieve	Observación directa del sector en estudio (fondo de valle, fondo de hondonada, ladera baja, ladera media, ladera alta, cumbre).
Forma ladera	Observación directa del sector en estudio (inclinada, convexa, cóncava, forma de terraza).
Pendiente	Clinómetro.

Fuente: Elaboración propia, a partir del Manual para el Reconocimiento del suelo de Schlatter (1981).

Las variables edáficas, relacionadas con las propiedades físicas de los suelos se detallan en las tabla 8. Estas son variables que fueron evaluadas directamente en terreno, las cuales se analizaron de acuerdo a la metodología propuesta por Schlatter, (1981), excepto la densidad aparente del suelo, que no está incluida en dicho manual y que fue obtenida en laboratorio.

**Tabla 8. Propiedades físicas obtenidas en el estudio directamente en terreno.**

VARIABLES	METODOLOGÍA
Estructura	Visual, mediante grupos de clasificación del Manual.
Textura-tacto	Estimación al tacto.
Color	Evaluación mediante la tabla Munsell.
Moteado	Color con Tabla Munsell, abundancia y tamaño según Manual.
Concreciones	Observación del perfil y muestras húmedas al tacto.
Consistencia seco	Estimación al tacto, evaluando grado de cohesión y adhesión.
Consistencia húmedo	Estimación al tacto, desmenuzando la muestra húmeda de suelo, evaluando resistencia y firmeza del material.
Profundidad del suelo	Se evaluó a partir de la descripción de los horizontes del perfil, obteniendo el espesor de suelo potencialmente arraigable y desde el cual las plantas pueden extraer el agua y los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo.
Drenaje interno	Observación directa de acuerdo a escurrimiento relativo de agua superficial.
Drenaje externo	Observación directa en terreno, determinado por la infiltración y percolación del agua en profundidad.
Densidad del suelo	Se utilizó un densímetro. (método del cilindro). Se procedió a secar las muestras de suelo a 105 °C, extraídas con el densímetro hasta masa constante, para luego pesarlas en una balanza analítica y calcular la densidad en $\text{gr/cm}^3$ .

Fuente: Elaboración propia, partir del Manual para el Reconocimiento del suelo de Schlatter (1981).

Para evaluar las propiedades químicas de los suelos y algunas físicas, que no se pueden evaluar directamente en terreno, se extrajo una muestra de suelo por horizonte, de cada una de las calicatas realizadas.

En total se obtuvieron 59 muestras de suelo, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelo de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile. Las variables se detallan en la tabla 9 con sus respectivas metodologías.

La metodología empleada por el laboratorio de análisis de suelo, fue de acuerdo al texto preparado por el INIA "Métodos de análisis recomendados para los suelo Chilenos" (Sadzawka *et al.*, 2000).

En el apéndice 2 de esta memoria, se incluye los significados e importancia de estas variables de suelos, para ayudar al lector a comprender en mejor forma las variables de la tabla 9.

**Tabla 9. Propiedades químicas y físicas de los suelos analizados en laboratorio.**

VARIABLES	METODOLOGÍA
pH	Suspensión y determinación potenciométrica.
Conductividad	Extracto a saturación y determinación conductivimétrica.
Capacidad de Intercambio de Cationes	Extracción con acetato de amonio y determinación espectrofotométrica.
Materia Orgánica	Se determinó de 2 formas:1) Según manual de Schlatter, (1981), que se determina en terreno; 2) Según la fórmula: %Mat. Org. (%) = % C x 1,72 donde: 1,72 = factor de conversión.
Nitrógeno	Los análisis de N, C y S fueron realizados en un analizador elemental VARIO-EL, que los determina sobre muestra seca, por combustión en corriente de Oxígeno, adsorción en columnas y posterior desorción y cuantificación con un detector IR.
Carbono*	
Azufre	
Razón C/N	Mediante la división del % de Carbono por el % de Nitrógeno.
Magnesio	Se hizo por Absorción Atómica en un equipo Perkin Elmer.
Fósforo disponible	Extracción con solución de bicarbonato de sodio 0,5 mol/L a pH 8,5 y determinación colorimétrica del azul de molibdeno.
Actividad biológica	Se calculó a través de la enzima dehidrogenasa. Se mide agregando al suelo el sustrato trifeníl tetrazolio, que por acción de la enzima se transforma en formazan, de coloración roja. Lo que permite medir cuantitativamente, la actividad biológica con un instrumento.
Capacidad de retención de agua	En una pipeta se colocó papel filtro y sobre éste una muestra de suelo, luego se procedió a saturar con agua dicha muestra, se esperó un tiempo de drenaje de 1 a una 1:30 hora, luego se procedió a medir el agua que se filtró y quedó en el fondo del recipiente.
Humedad del suelo	La muestra de suelo se secó a una temperatura de 105°C ± 5°C hasta masa constante.

Fuente: Elaboración de la autora a partir de la metodología empleada por el laboratorio de análisis de suelos.

Con la información edáfica y topográfica necesaria para cumplir el objetivo general de esta memoria de título, se elaboraron fichas de caracterización de suelos para cada una de las localidades en estudio, las cuales se presentan en el apéndice 3 de esta memoria.

4.2.3 Objetivo 3: “Establecer los factores edáficos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de *Sequoia sempervirens* para las áreas en estudio”

Para poder analizar el estado actual de las plantaciones de secoya, se trabajó con clase de edad, porque no se cuenta con una red de plantaciones de distintas edades correspondientes a una sola localidad. Esto último no permitió ajustar funciones de crecimiento para las distintas edades de los rodales, que se ubican en cada una de las localidades muestreadas y así poder comparar los rodales a una edad considerada como clave en cuanto a productividad. En la tabla 10, se indican las clases de edad utilizadas.

**Tabla 10. Clases de edad utilizadas en el estudio.**

CLASE DE EDAD	NÚMERO DE LOCALIDADES	EDAD DE LAS SECOYAS
1	6	16-21 años
2	3	22-31 años
3	6	32-41 años
4	8	Mayor a 42 años

Fuente: Elaboración propia

Bajo el supuesto que la altura media de los árboles dominantes, el incremento medio anual en volumen por hectárea, volumen total por hectárea y DAP, interpretan la productividad del rodal, se procedió a relacionar estas variables dependientes con variables edáficas, fisiográficas y climáticas.

Para las variables cualitativas como: posición fisiográfica, ubicación en relieve, forma de la ladera, exposición, profundidad del suelo, drenaje interno y drenaje externo, se procedió a asignar un rango o escala numérica (apéndice 4). De esta manera fue posible analizar las variables cualitativas junto con las variables cuantitativas de este estudio.

También es importante señalar que se eliminó del análisis el cuarto horizonte del perfil, en aquellas calicatas que lo presentaban. Esto por que las variables edáficas estaban altamente correlacionadas con el horizonte 3 del perfil. Las localidades que presentaban el horizonte 4 en la calicata, corresponden a las localidades de Voipir 45 sector I a, Voipir 54 sector I, Correltué y Antiquina.

Finalmente se establecieron 64 variables entre variables topográficas, edáficas y climáticas, las cuales se detallan en la tabla 11.

Es importante aclarar que aquellos parámetros indicados con un asterisco en la respectiva tabla, fueron analizados para cada uno de los horizontes presentes en el perfil del suelo.

**Tabla 11. Variables independientes a relacionar con el estado actual de las plantaciones de secoya.**

FACTORES AMBIENTALES	VARIABLES INDEPENDIENTES	
<b>CLIMÁTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Humedad Enero (%)</li> <li>● Humedad Julio (%)</li> <li>● T. Max. Enero (°C)</li> <li>● T. Min. Enero (°C)</li> <li>● T. Max. Julio (°C)</li> <li>● T. Min. Julio (°C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Período libre de heladas (Días)</li> <li>● N. Total de Heladas (Días)</li> <li>● Período Seco (Meses)</li> <li>● Período Húmedo (Meses)</li> <li>● Pp. Anual (Mm)</li> </ul>
<b>TOPOGRAFÍA DEL LUGAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Posición fisiográfica</li> <li>● Elevación (m.s.n.m.)</li> <li>● Exposición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ubicación en relieve</li> <li>● Forma ladera</li> <li>● Pendiente (%)</li> </ul>
<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Latitud (°S)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Longitud (° O)</li> </ul>
<b>PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Profundidad del suelo</li> <li>● Drenaje interno</li> <li>● Drenaje externo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de retención de agua* (%)</li> <li>● Humedad del suelo* (%)</li> <li>● Densidad del suelo* (gr/cm<sup>3</sup>)</li> </ul>
<b>PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● pH*</li> <li>● Conductividad* (us)</li> <li>● Capacidad de Intercambio de Cationes* (cmol/kg)</li> <li>● Materia Orgánica* (%)</li> <li>● Nitrógeno* (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Carbono* (%)</li> <li>● Azufre* (%)</li> <li>● Razón C/N*</li> <li>● Magnesio* (k/kg)</li> <li>● Fósforo disponible* (mg/kg)</li> <li>● Actividad biológica* ug de formazan/g)</li> </ul>

\*Para cada uno de los horizontes del perfil analizado

Para realizar un análisis exhaustivo de los datos y de esta forma poder jerarquizar los factores edáficos más relevantes, en relación al estado actual de las plantaciones de secoya, se emplearon las herramientas de análisis que se detallan a continuación.

#### 4.2.3.1 Análisis por componentes principales

Como se disponía de un alto número de datos, se empleó el método de análisis por componentes principales, el cual comprende un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas de respuesta llamadas componentes principales. El análisis de componentes principales (ACP), es quizás el más útil para cribar datos multivariados (Dallas, 1998).

Razones para emplear este método según Pla, (1986):

A) Genera nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos.

B) Reduce la dimensionalidad del problema que se está estudiando, como paso previo para futuros análisis.

C) Elimina, algunas variables, cuando es posible, si ellas aportan poca información.

#### 4.2.3.2 Análisis de regresión múltiple paso a paso (Stepwise)

Una vez reducido el número de variables se implementó el método Stepwise, que consiste en un análisis de regresión múltiple paso a paso, para seleccionar aquellas variables de mayor incidencia en el estado actual de las plantaciones de secoya.

Este método ha sido empleado por varios autores para poder relacionar factores medio ambientales con la productividad de un rodal. Es así como Ribalta (1983), emplea este método para evaluar la productividad de una plantación de *Eucalyptus* utilizando como variables independientes: elementos del rodal, variables del suelo, foliares y fisiográficas. Igualmente, Gerding *et al.* (1982), para identificar factores edáficos y fisiográficos de mayor incidencia en la productividad de una plantación de pino radiata.

El método de regresión paso a paso actúa a través de iteraciones, que cuando culminan se tiene un número de variables independientes (x), que explican en forma significativa a la variable dependiente (y) (Canavos, 1988).



## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

---

Para comprender mejor los resultados de este estudio, se realiza a continuación un análisis de ellos en conjunto con su presentación.

### **5.1 Caracterización de la estructura vertical y horizontal de las plantaciones de secoya.**

Se expone a continuación para cada clase de edad sólo dos levantamientos, el primero tiene relación con una baja productividad y el segundo una situación de alta productividad. Los levantamientos restantes, se presentan en el apéndice 5.

#### **5.1.1 Clase de edad 1 (16 – 21 años)**

En esta clase de edad, Voipir 45 sector II b, las secoyas presentan menores dimensiones, en cuanto a copas y crecimiento en altura (figura 2). Con respecto al grado de desarrollo de las copas, éstas poseen un área promedio por secoya, de 23 m<sup>2</sup>. Se observa que el grado de desarrollo de las copas del pino oregón es notoriamente menor en comparación a la secoya, específicamente 19 m<sup>2</sup> por árbol.

Por el contrario, la localidad que presenta mejores características en cuanto a crecimiento en altura y cobertura de copas es Voipir 67 sector I (figura 3). El desarrollo promedio de copa es de 26 m<sup>2</sup> por secoya.

Respecto al crecimiento en altura, en Voipir 67 sector II, las secoyas superan los 20 m, encontrándose inclusive individuos con alturas de 34 m. En cambio para Voipir 45 sector II b, las alturas de las secoyas no superan los 20 m.

Localidad: Voipir 45 sector I b Edad: 16

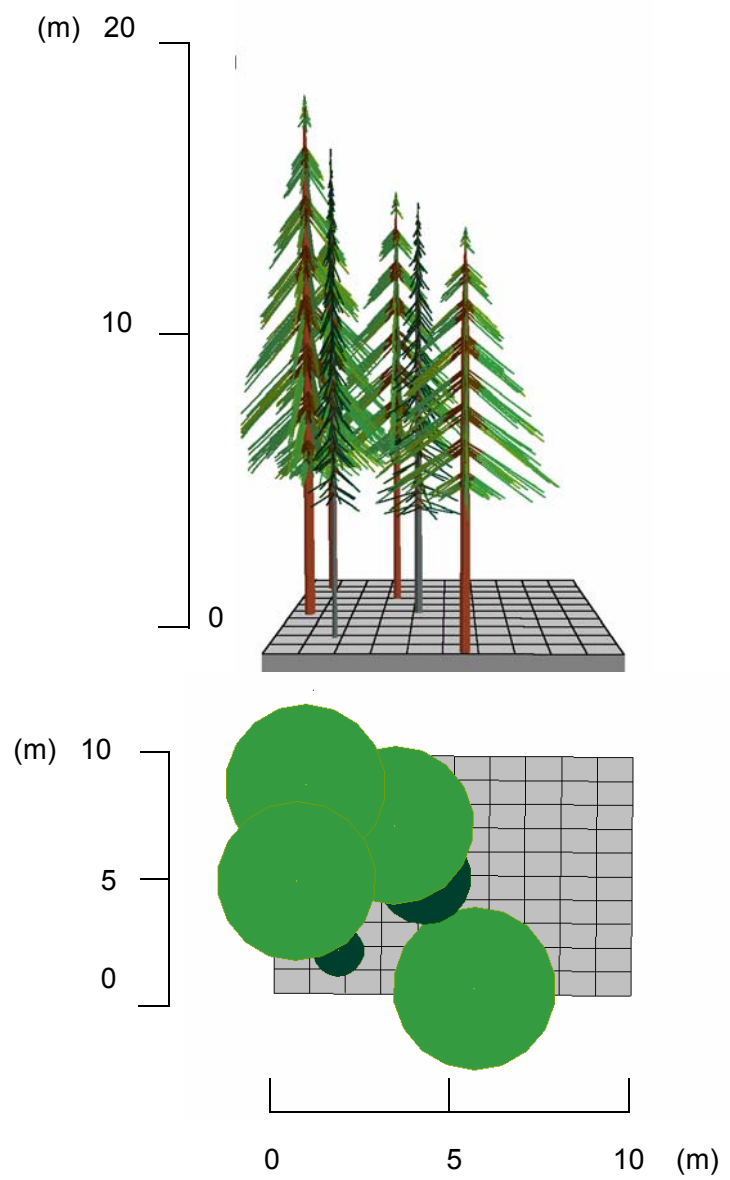


Figura 2. Levantamiento vertical y horizontal Voipir 45 sector I b

Localidad: Voipir 67 S II Edad: 19

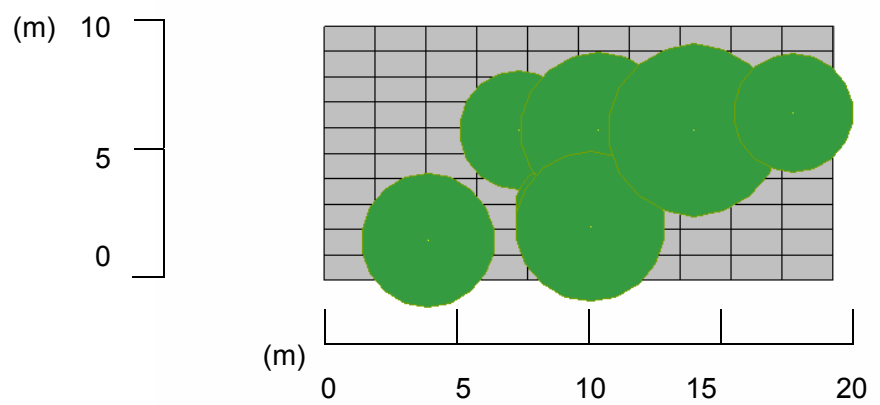
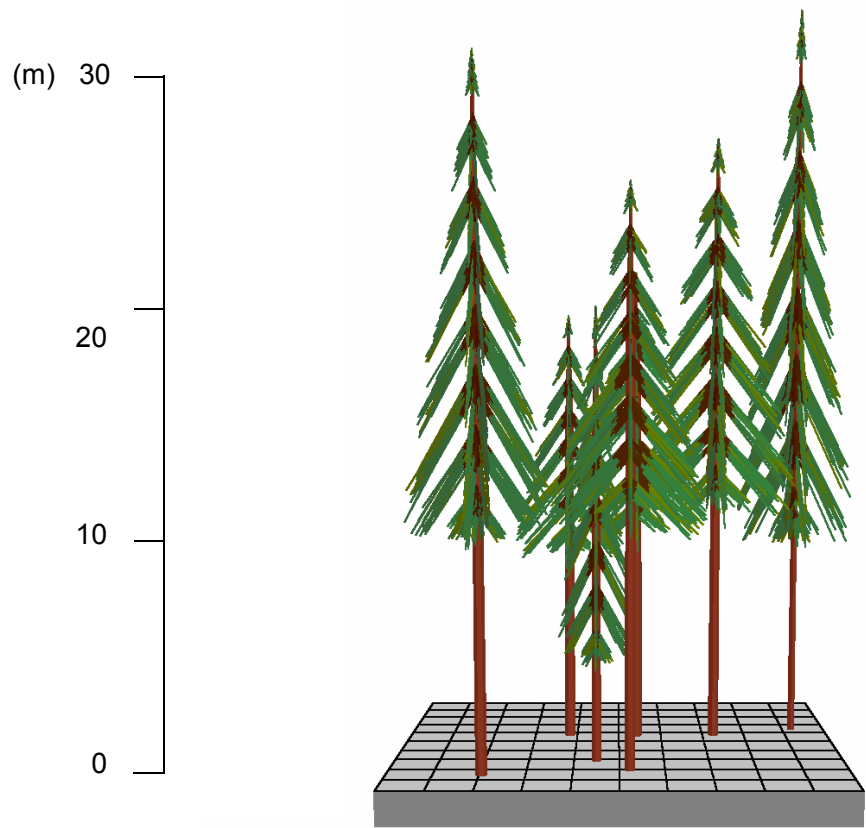


Figura 3. Levantamiento vertical y horizontal de Vopir 67 sector II

Sin embargo la localidad que presenta la mayor altura promedio corresponde a Voipir 24 sector I, lo cual se verifica en la tabla 12 de este trabajo. En cambio la localidad que presenta los mayores desarrollos en cuanto a copas es Voipir 25 sector II (figura 5 del apéndice 5), con un área promedio por secoya de 31 m<sup>2</sup>. No obstante, se seleccionó Voipir 67 sector II, por presentar en su conjunto, las mejores características en cuanto a crecimiento en altura, copas y diámetro.

Conjuntamente para la clase de edad 1, la localidad que presenta los incrementos medios anuales en volumen de mayor valor, corresponde a Voipir 24 sector I, valor muy superior al de las localidades restantes. Sin embargo al observar el crecimiento en diámetro y área basal por hectárea de esta localidad, los valores son relativamente bajos.

También se puede notar que en general las localidades de Voipir 45 sector I (a y b), tienen valores inferiores en cuanto a las variables de estado, con un diámetro promedio de 25 cm (Voipir 45 sector I a) y altura promedio de 17 m (Voipir 45 sector I b). Es importante recordar que estos dos sectores corresponden a un solo rodal.

Con respecto a Voipir 25 sector II, localidad que según la gráfica del levantamiento vertical y horizontal, posee las copas más desarrolladas (31 m<sup>2</sup> por secoya), se puede observar que el crecimiento en altura es bajo y que es la localidad con menor incremento medio anual en volumen.

Finalmente se puede decir que Voipir 67 sector II y Voipir 24 sector I, son las localidades que presentan las mejores características en cuanto a sus variables dasométricas.

Resulta interesante mencionar que la localidad de Voipir 67 sector II, tiene la particularidad de tener dos esteros atravesándola, lo cual hace que sea un sector bastante húmedo, en comparación a las localidades restantes de este estudio. Situación que influye en grado de desarrollo de estas secoyas, confirmando lo señalado por Olson *et al.* (1990), que esta especie logra su mayor desarrollo en sectores húmedos.

**Tabla 12. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad entre 16-21 años. Secoya.**

CLASE EDAD 1							
LOCALIDAD MUESTREADA	EDAD (años)	DAP PROM C/C (cm)	H PROM (m)	NHA (arb/ha)	GHA (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN TOTAL SECOYA (m <sup>3</sup> /ha)	INCREMENTO MEDIO EN VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha/año)
Voipir 45 sector I a	16	25	19	1000	49,0	606	37,8
Voipir 45 sector I b	16	32	17	680	54,6	364	22,8
Voipir 67 sector II	19	36	26	600	61,0	687	36,2
Voipir 48 sector II	19	27	20	850	48,6	588	30,9
Voipir 25 sector II	20	38	20	400	45,3	337	16,9
Voipir 24 sector I	21	28	30	711	43,7	903	43,0
<b>MÍNIMO</b>	16	25	17	400	43,7	337	16,8
<b>MÁXIMO</b>	21	38	30	1000	61,0	903	42,9
<b>MEDIA</b>	19	31	22	705	51	591	31
<b>DESV. TÍP.</b>	2,1	5,2	4,9	221	6,72	219,07	10,1

Por otra parte, al comparar los valores obtenidos en este estudio (tabla 12) con los valores dasométricos de secoyas crecidas en Inglaterra (tabla 13), se puede observar que las localidades estudiadas presentan desarrollos muy superiores en cuanto a sus variables, que las que se observan en Leighton (Gales) y Darttrington (SW Inglaterra), siendo la localidad de Voipir 45 sector I b, la de desarrollos más similares a estas localidades de Inglaterra.

**Tabla 13. Variables dasométricas para secoya crecidas en Inglaterra**

LOCALIDAD	EDAD (años)	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)
Leighton (Gales)	19	16,5	20,2	330
Darttrington (SW Ingl)	20	18,3	26,7	374

Fuente: Streets, 1962.

Si se compara los crecimientos de secoyas de las localidades estudiadas, con plantaciones de secoya ubicadas en Chile, específicamente en la provincia de Malleco y Bío-Bío (tabla 14), se observa que Voipir 67 sector II y Vopir 45 sector I b, superan ampliamente, en cuanto a productividad, a éstas plantaciones.

**Tabla 14. Variables dasométricas para secoya crecidas en Chile**

LOCALIDAD	EDAD (años)	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)
Provincia de Malleco y Bío-Bío	6	4,1	10,4	17
	12	7,4	18,3	62
	19	10,7	21,6	151

Fuente: Gaete, 1968.

Es importante señalar que, mediante los levantamientos verticales y horizontales se pudo apreciar que los rodales que presentaban mayor desarrollo de copas, están dentro de los rodales más bajos en cuanto a productividad. Esto podría indicar que a mayor densidad de plantación la secoya tiene mayor productividad, sin embargo esta afirmación requiere un estudio enfocado a las alternativas de manejo para esta especie de forma de hacer un análisis más exhaustivo respecto de este tema.

### 5.1.2 Clase de edad 2 (22 – 31 años)

Para la clase de edad 2, la localidad que presenta secoyas con desarrollos más bajos en cuanto a altura y Dap corresponde a Frutillar (figura 4).

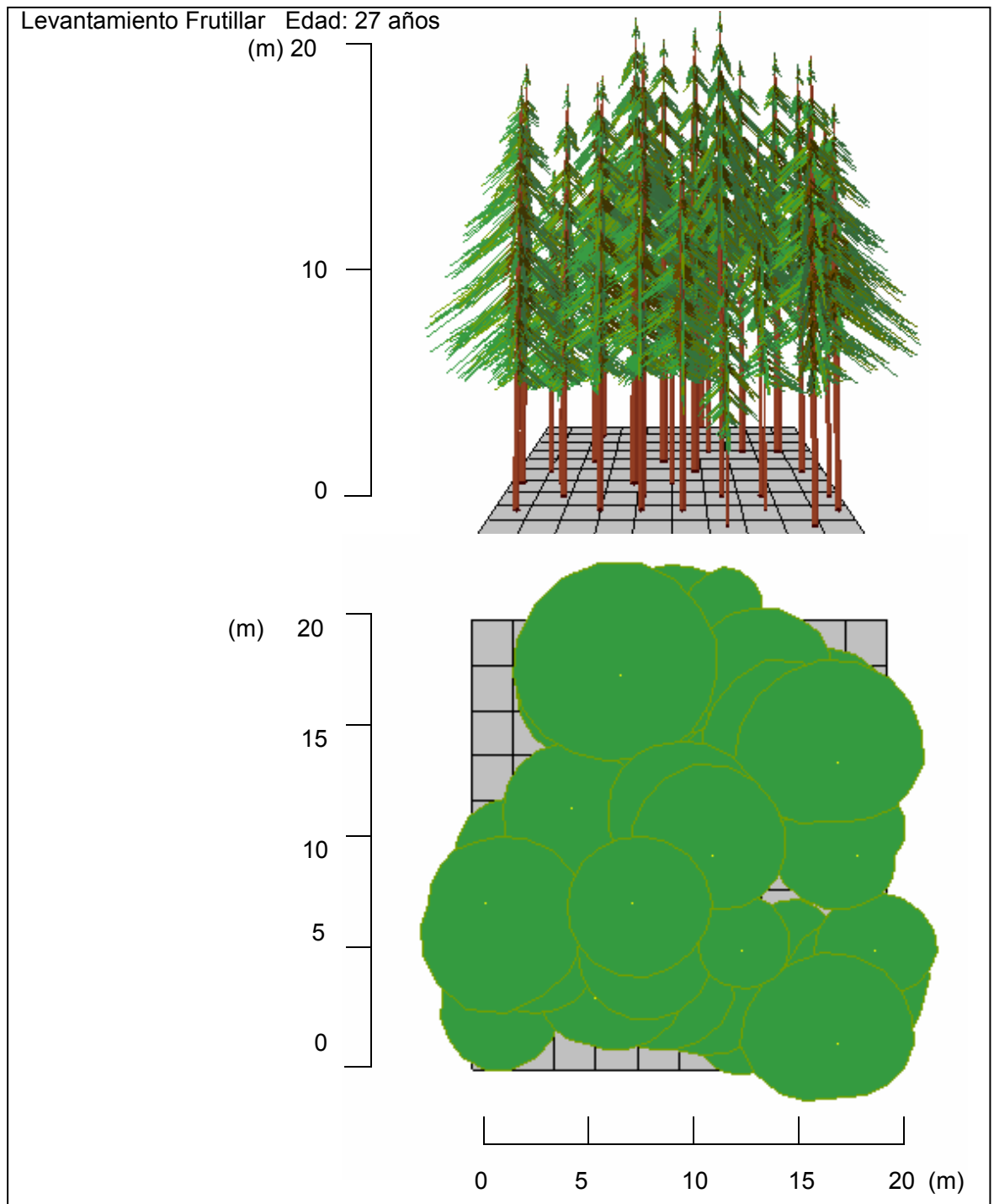


Figura 4. Levantamiento vertical y horizontal de Frutillar.

Contrariamente la localidad con mejores características dasométricas promedio corresponde a Voipir 18 sector II, cuyo levantamiento horizontal y vertical se encuentran en la figura 5.

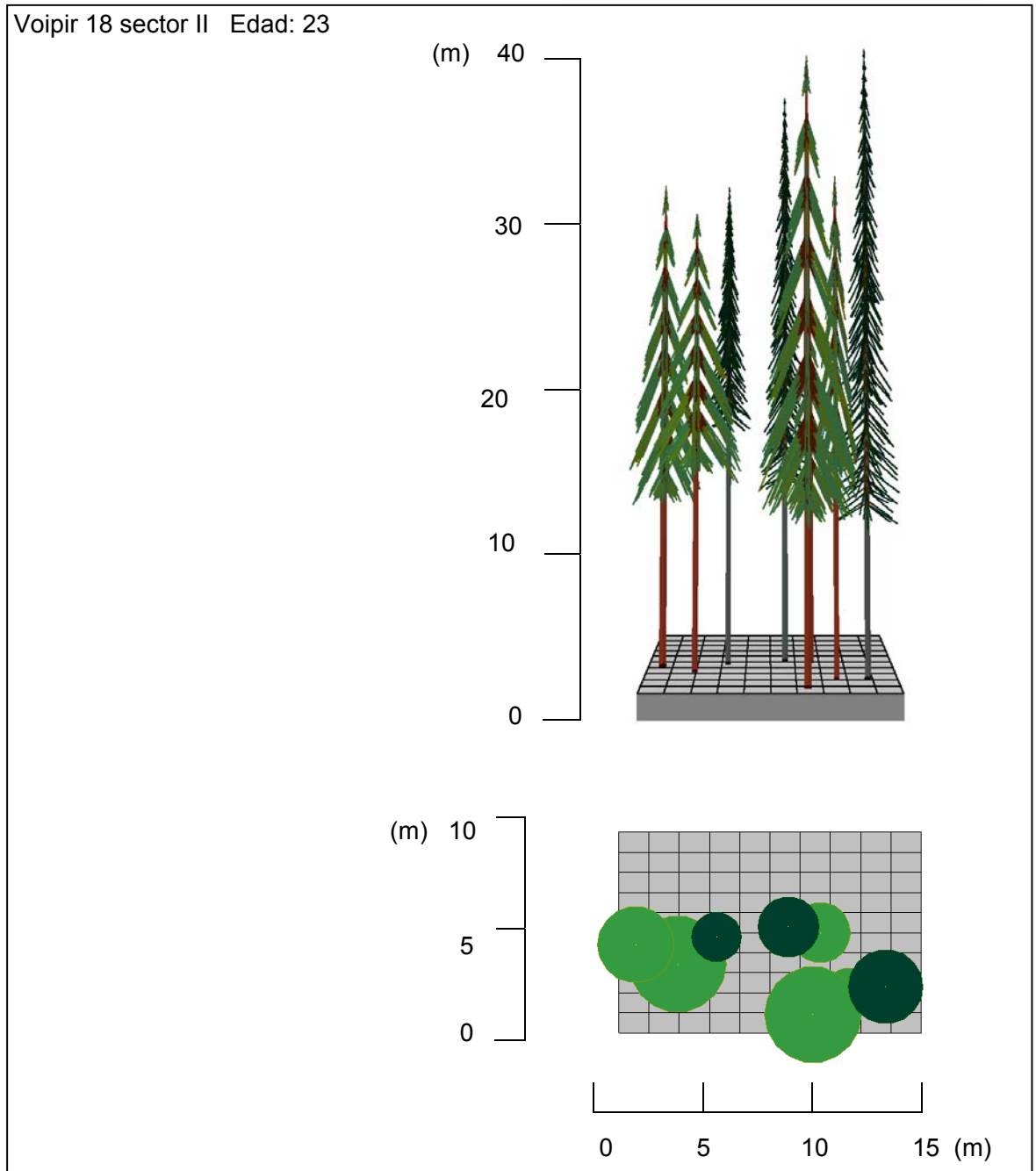


Figura 5. Levantamiento vertical y horizontal de Voipir 18 sector II.

La localidad Voipir 18 sector II, como lo indica la tabla 15, presenta los valores más altos en cuanto a Dap promedio, altura promedio, incremento medio anual en volumen y volumen total por hectárea, en comparación a las otras localidades. En cambio la localidad de Frutillar presenta los valores de altura promedio y Dap promedio más bajos.

Sin embargo Frutillar posee el mayor promedio de copas, con 25 m<sup>2</sup> por secoya. El promedio de copa observado en las localidades de Voipir 18 sector II y Antiquina es de 18 m<sup>2</sup> por secoya y 23 m<sup>2</sup> por secoya respectivamente.

En cuanto a la localidad de Antiquina, es la que presenta plantaciones de secoyas con menores valores en cuanto a área basal por hectárea, incremento medio anual en volumen y volumen total por hectárea.

En consecuencia el sector que presenta los mejores desarrollos dasométricos en la clase de edad 2, corresponde a Voipir 18 sector II, ya que estos árboles superan en altura promedio y volumen total por hectárea a las secoyas de las localidades restantes.

Según Dyer *et al.* (1987), la altura, altamente correlacionada con el volumen, es una variable sensible a diferentes calidades de sitio, relación de la cual se podría deducir que Voipir 18 sector II corresponde a un sitio de mejor calidad en comparación a Frutillar y Antiquina.

**Tabla 15. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad entre 22-31 años. Secoya.**

CLASE DE EDAD 2							
LOCALIDAD MUESTREADA	EDAD (años)	DAP PROM C/C (cm)	H PROM (m)	NHA (arb/ha)	GHA (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN TOTAL SECOYA (m <sup>3</sup> /ha)	INCREMENTO MEDIO EN VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha/año)
Voipir 18 sector II	23	36	28	512,5	51,6	660,8	28,7
Frutillar	27	24	17	1300	57,3	614,2	22,7
Antiquina	29	35	26	460	44,0	532,2	18,3
<b>MÍNIMO</b>	23	24	17	460	44,0	532,2	18,3
<b>MÁXIMO</b>	29	36	28	1300	57,3	660,8	28,7
<b>MEDIA</b>	26	31	24	758	51,0	602,0	23,0
<b>DESV. TÍP.</b>	3,1	6,7	5,7	471	6,7	64,8	5,2

Por otra parte, al comparar estos resultados (tabla 15), con otros estudios realizados en Chile relacionado con plantaciones de secoya (tabla 16), los valores de los parámetros dasométricos obtenidos en la presente memoria son en general superiores.

**Tabla 16. Variables dasométricas para secoya en Chile**

LOCALIDAD	EDAD (años)	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)
Villarrica*	29	21,6	29	336
Provincia de Malleco y Bío-Bío **	24	11,7	23,4	166,0

Fuente:\* Grosse y Kannegiesser, 1988; \*\* Gaete, 1968.

Es importante destacar que los valores que se indican en la tabla 16, específicamente para Villarrica, corresponden a un rodal de Voipir, lo cual puede indicar que la diferencia en cuanto a desarrollo, entre Voipir 18 sector II y el otro rodal de Voipir, se debe a factores



topográficos, como fisiografía y ubicación en relieve. Esta aseveración es coherente con lo señalado por Kannegiesser (1990), que refiriéndose al estudio realizado junto con Grosse (1988), indica que al comparar los crecimientos de secoya (los que se observan en la tabla 16 para Villarrica), con un rodal de Voipir de la misma edad ubicado en un fondo de valle, con suelos profundos y con buen drenaje, los crecimientos de estas secoyas eran notablemente mayores.

#### 5.1.3 Clase de edad 3 (32 – 41 años)

Para esta clase de edad la localidad que presentan los menores desarrollos en general, corresponde a la localidad de Llancacura. Incluso sus valores dasométricos se acercan a los valores obtenidos para las dos clases de edad anteriores, lo cual indicaría que es un rodal de baja productividad y menor calidad de sitio. Por el contrario, Voipir sector 9 II a, corresponde a la localidad que presenta las mejores características dasométricas, en cuanto a productividad, en su conjunto (tabla 17).

En la figura 6 y 7, se presentan los levantamientos verticales y horizontales de las localidades de Llancacura y Voipir 9 sector II a respectivamente. Al comparar ambas localidades en cuanto al desarrollo de copas, la primera con un área promedio de 34 m<sup>2</sup> por secoya, supera notablemente al área promedio de copa de las secoyas de Voipir 9 sector II a (24 m<sup>2</sup>/ árbol), sin embargo se observa que en Llancacura éstas son más irregulares en tamaño y distribución.

Con respecto a lo anterior, es importante señalar que la densidad de copas está altamente correlacionada con la densidad del rodal, a mayor densidad de plantación menor desarrollo de copas, sin embargo, Llancacura posee secoyas de mayor desarrollo de copas y presenta mayor número de árboles por hectárea que Voipir 9 sector II a (tabla 17), situación que es contradictoria con lo antes señalado y requiere una investigación orientada hacia este tema. No obstante es coherente con lo que sucede en la clase de edad 1 y 2, con respecto a que en general las localidades que presentan secoyas con mayores desarrollos en cuanto a copas, corresponden a las que presentan las variables dasométricas de menor dimensión.

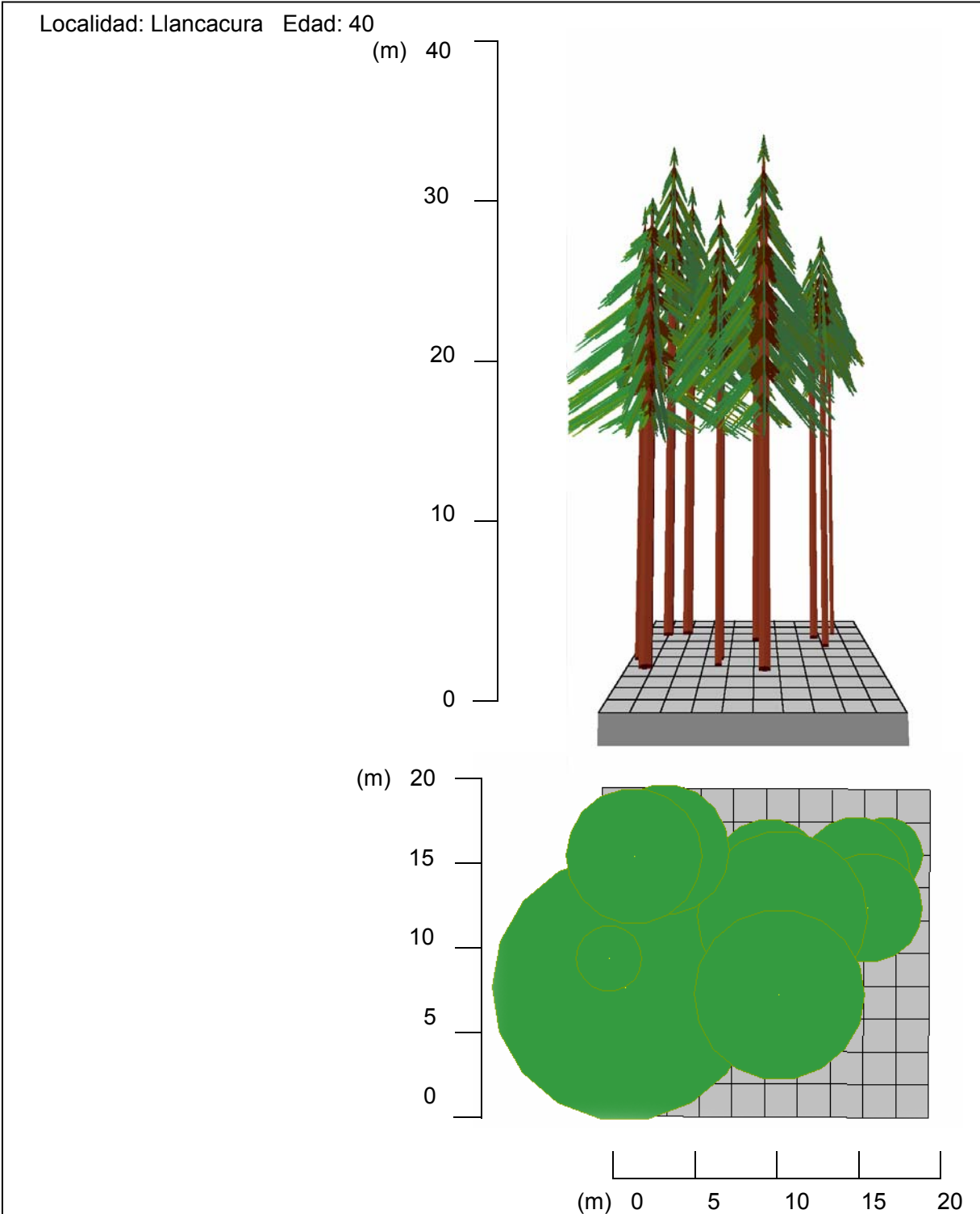


Figura 6. Levantamiento vertical y horizontal de Llancacura.

Localidad: Voipir 9 sector II a Edad: 39

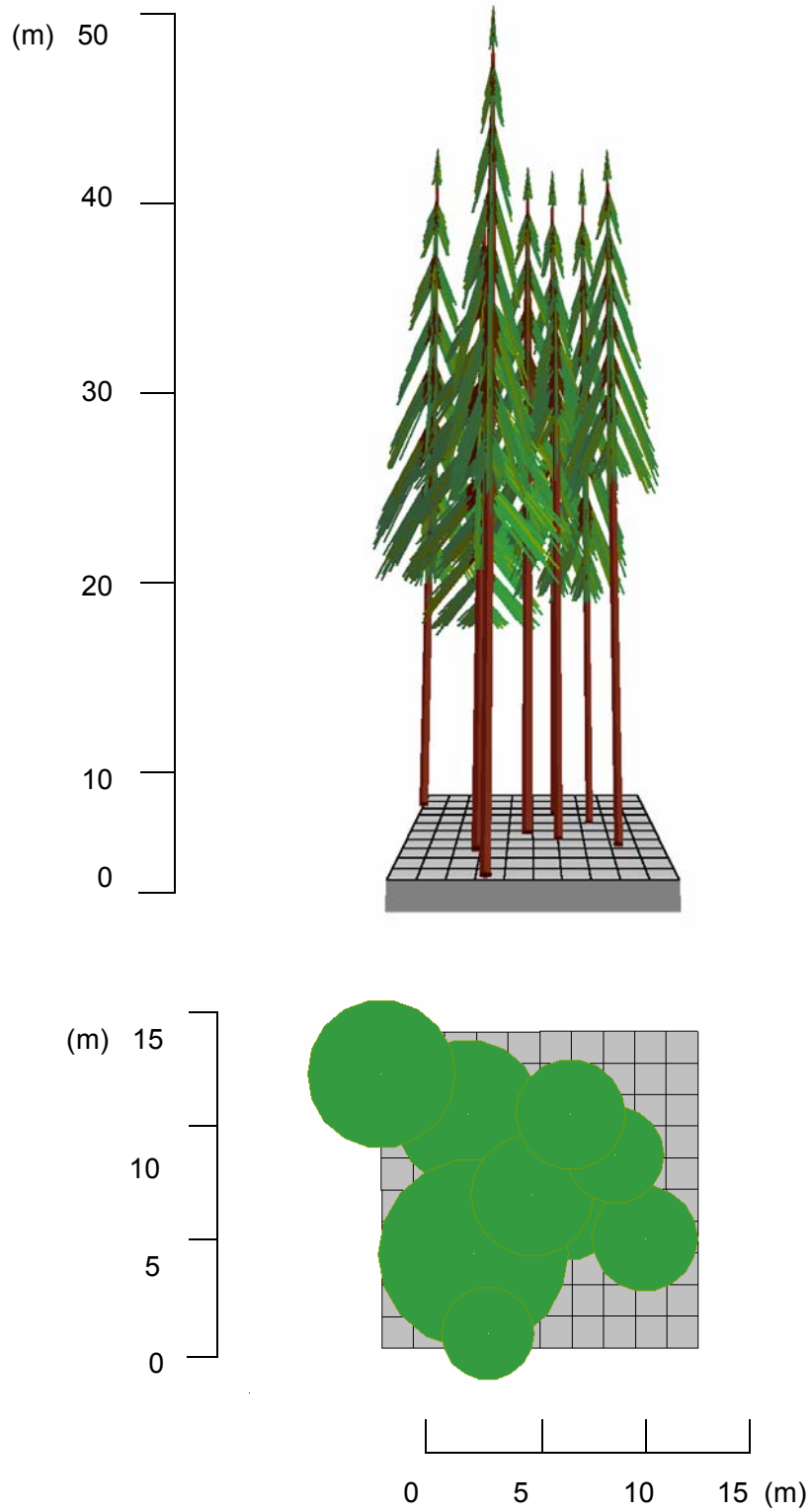


Figura 7. Levantamiento vertical y horizontal de Voipir 9 sector II a.

En la tabla 17 se puede notar que Voipir 9 sector II a, posee los mayores valores en Dap para la clase de edad 3 y en general sus demás valores dasométricos están dentro de los mayores.

Con respecto a Llancacura es la localidad que presenta la altura promedio más baja y el menor incremento medio anual en volumen, este último está por muy debajo de los incrementos de las localidades restantes.

En cuanto a la localidad de Campanario, ésta presenta el Dap promedio y el área basal por hectárea más bajo de todas las localidades de la clase de edad 3. Sin embargo al observar el levantamiento vertical y horizontal de esta localidad (apéndice 5, figura 15), se observa que presenta copas bien desarrolladas en cuanto a tamaño, siendo éstas más grandes que las que se observan en las localidades con variables de estado de mayor magnitud.

**Tabla 17. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad entre 32-41 años. Secoya.**

CLASE EDAD 3							
LOCALIDAD MUESTREADA	EDAD (AÑOS)	DAP PROM C/C (cm)	H PROM (m)	NHA (arb/ha)	GHA (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN TOTAL SECOYA (m <sup>3</sup> /ha)	INCREMENTO MEDIO EN VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha/año)
Las palmas	37	50	34	500	99,0	1050,6	28,4
Voipir 9 sector II a	39	62	43	317	95,6	1062,9	27,2
Voipir 9 sector II b	39	45	44	378	60,0	954,1	24,4
Llancacura	40	46	30	400	66,3	679,0	16,9
Trafún	41	45	33	580	92,2	1056,9	25,7
Campanario	41	38	32	533	59,7	826,8	20,1
<b>MÍNIMO</b>	37	38	30	317	59,7	679,0	16,9
<b>MÁXIMO</b>	41	62	44	580	99,0	1062,9	28,4
<b>MEDIA</b>	39,5	47,7	36,0	451	78,8	938,4	23,8
<b>DESV. TÍP.</b>	0,5	4,4	1,2	93	17,1	190,4	4,4

Finalmemnte, al comparar los crecimientos obtenidos en este estudio (tabla 17), con plantaciones de secoyas ubicadas en Nueva Zelanda (tabla 18), se aprecia que los valores en cuanto a volumen por hectárea son superiores en ese país, pero la altura de las secoyas es superior en las localidades estudiadas. En cuanto al Dap se observa que los rodales de Nueva Zelanda superan a la media de las plantaciones de este estudio, sin embargo también se observa que Voipir 9 sector a presenta un Dap promedio que supera en 10 cm al observado en Nueva Zelanda.

**Tabla 18. Variable dasométricas para secoya crecidas en Nueva Zelanda**

LOCALIDAD	EDAD (años)	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)
Te Awamutu *	36	29,3	52,6	1470

Fuente:\* Streets, 1962.

La importante diferencia en volumen probablemente se deba al número de árboles por hectárea presentes en cada lugar. Es así como los sitios estudiados tienen un promedio de 451 árboles por hectárea y Nueva Zelanda 790 arb/ha, correspondiente al mismo rodal de la tabla 18.

Lo anterior es interesante de discutir, ya que plantea la interrogante de qué situación es preferible, un rodal con alta densidad, o bien uno con baja densidad. El rodal de Nueva Zelanda posee una densidad de casi el doble que los observados en este estudio, lo cual implica que afecta directamente al crecimiento en diámetro de las secoyas y favorece el crecimiento en altura, sin embargo éstas son bajas en relación a las alturas observadas en este estudio. Aún así la plantación de Nueva Zelanda estaría generando mayor volumen por hectárea, más de 40 m<sup>3</sup>/ha, que lo que se estaría generando en las localidades estudiadas. De lo anterior se deduce que la productividad de las plantaciones de secoyas muestreadas en el presente trabajo, podría ser superior con un mayor número de árboles por hectárea, por presentar en su estado actual alturas mayores en relación a las secoyas de Nueva Zelanda, lo cual indicaría mejores calidades de sitios en relación a dicho país y por consiguiente la posibilidad de generar mayor volumen por hectárea.

Por otro lado, la densidad está relacionada con el crecimiento de copas de los árboles, a mayor densidad menor desarrollo de copas, relación que no se observa en este caso, ya que las secoyas que presentan copas con un gran desarrollo, pertenecen a rodales con mayores densidades, como Llanacura y Campanario.

Finalmente la decisión de optar por una plantación con mayor o menor densidad, depende del enfoque o el nicho productivo que se quiera ocupar, lo cual se traduce en el tratamiento silvicultural. Sin embargo es necesario indagar con mayor profundidad que tipo de manejo es el más adecuado para obtener mayor productividad en una plantación de secoya. Claramente el mercado objetivo es el que determinara el tipo de manejo a aplicar.

#### 5.1.4 Clase de edad 4 (mayor a 42 años)

En esta última clase de edad la localidad que presenta las secoyas con desarrollos más bajos corresponde a El Vergel. La productividad de este rodal es notablemente más baja en relación a las demás, siendo el sector más deficiente en cuanto a productividad en este estudio. Si se observa el levantamiento vertical y horizontal de éste (figura 8), se aprecia claramente que el desarrollo de estas secoyas es bajo, tiene aspecto achaparrado, ya que la altura de copas en general es baja, comienza a partir de los 8 m aproximadamente. En relación a sus copas, éstas están distribuidas homogéneamente y presentan un gran desarrollo.

Es importante acotar que el suelo de El Vergel corresponde a un uso ornamental y forestal y es la única localidad de este estudio donde no se han desarrollado prácticas culturales. Por otro lado es la única localidad que presenta suelos de origen sedimentario, ya que todas las otras presentan suelos de origen volcánico. Todos estos antecedentes pueden explicar en alguna medida el deficiente grado de desarrollo de las secoyas de esta localidad.

Localidad: El Vergel Edad: 47

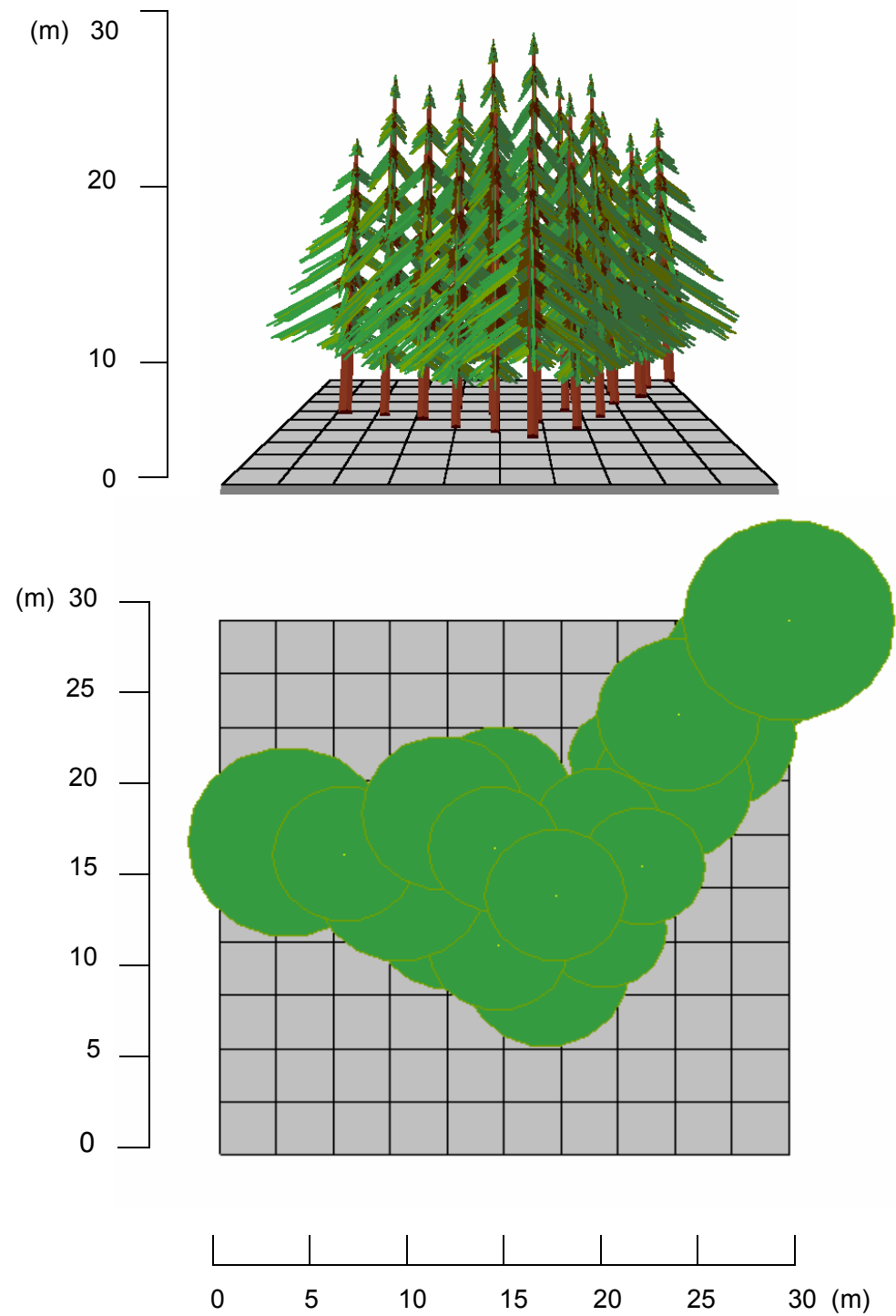


Figura 8. Levantamiento vertical y horizontal de El Vergel.

Localidad: Voipir 34 sector I Edad: 45

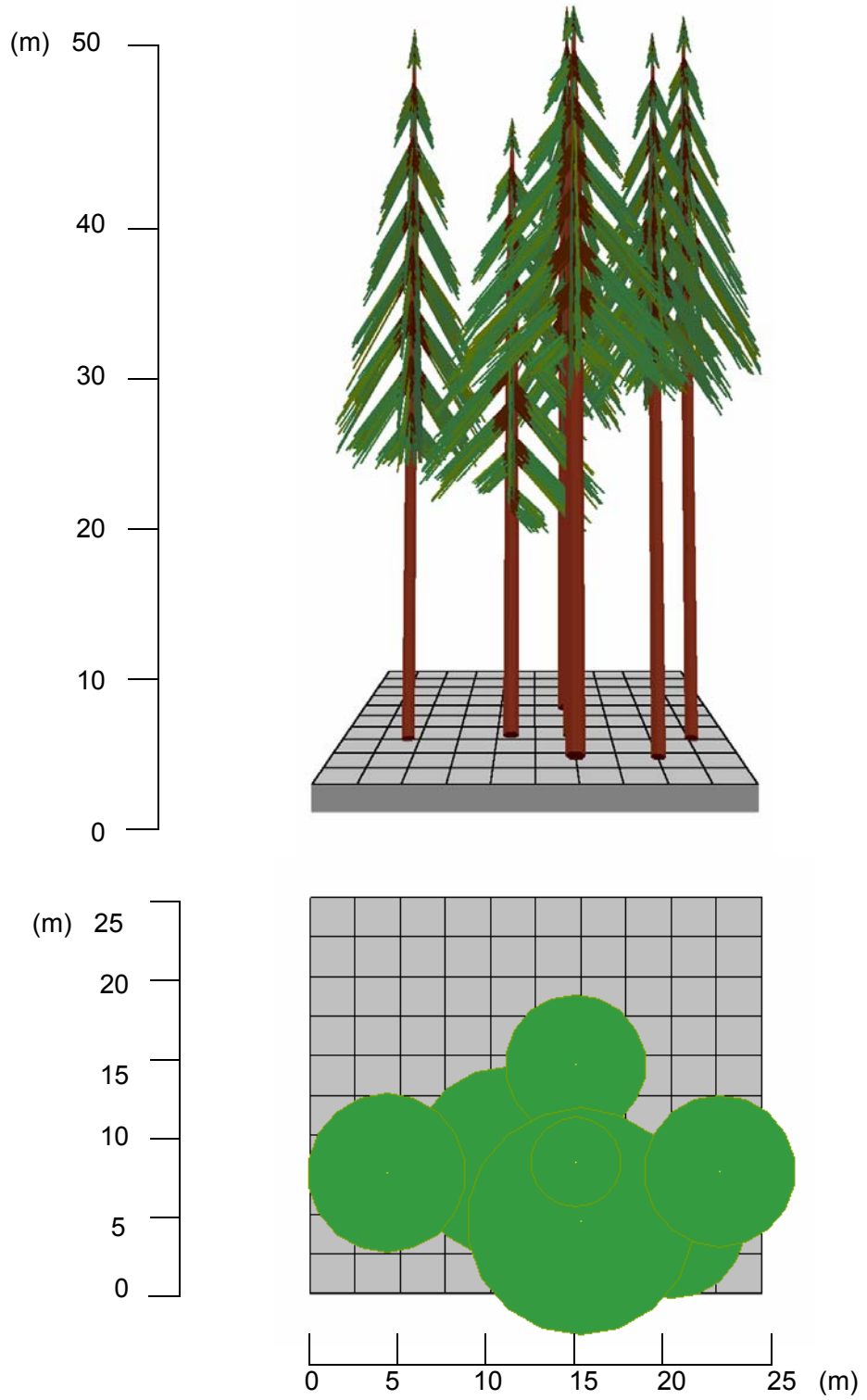


Figura 9. Levantamiento vertical y horizontal de Voipir 34 sector II.

Del levantamiento vertical y horizontal de las localidades de El Vergel (figura 8) y Voipir 34 sector II (figura 9), se observa que la última localidad presenta alturas y copas superiores al rodal de El Vergel. La copa promedio por secoya de Voipir 34 sector II es de 79 m<sup>2</sup>, en cambio en El Vergel la copa promedio por individuo es de 51 m<sup>2</sup>.

Complementando la información hasta ahora analizada, la tabla 19 indica que Voipir 34 sector II presenta el mayor diámetro promedio con un valor de 75 cm. En cuanto a las alturas, la localidad que presenta el mayor crecimiento promedio es Voipir 39 sector II, con un valor de 60 m. Con respecto al volumen, las localidades de Quechuco y Voipir 39 sector II, son las que presentan los mayores valores.

En general las localidades que presentan valores de los parámetros dasométricos más bajos son, EL Vergel y Piedras Blancas. Ésta última con un diámetro y altura promedio de 42 cm y 28 m respectivamente, valores que son inferiores a los obtenidos para la clase de edad 3.

**Tabla 19. Valores medios de las variables dasométricas de las localidades muestreadas, para la clase de edad mayor a 42 años. Secoya.**

CLASE DE EDAD 4							
LOCALIDAD MUESTREADA	EDAD (años)	DAP PROM C/C (cm)	H PROM (m)	NHA (arb/ha)	GHA (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN TOTAL SECOYA (m <sup>3</sup> /ha)	INCREMENTO MEDIO VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha/año)
Quechuco	44	47	36	633	109,3	1343,5	30,5
Voipir 34 sector II	45	75	47	267	117,8	1276,1	28,3
Voipir 41 sector II	45	64	39	267	85,7	865,8	19,2
Correltue	45	47	30	500	86,6	853,2	18,9
Piedras blancas	45	42	28	799	110,7	1165,5	25,9
Voipir 54 sector I	46	62	50	283	85,5	1069,4	23,2
El Vergel	47	65	23	315	104,3	745,7	15,8
Voipir 39 sector II	48	61	60	350	102,2	1517,3	31,6
<b>MÍNIMO</b>	44	42	23	267	85,5	745,7	15,8
<b>MÁXIMO</b>	48	75	60	799	117,8	1517,3	31,6
<b>MEDIA</b>	45,6	57,8	39,3	426	100,3	1104,6	24,2
<b>DESV. TÍP.</b>	1,3	11,3	12,4	199	12,7	270,1	5,8

Por otro lado, si se compara los desarrollos de las secoyas de la localidad estudiadas, con plantaciones de secoyas ubicadas en Nueva Zelanda (tabla 20), se puede apreciar que para un rodal de 54 años, los crecimientos en altura y volumen total por hectárea son en general, mayores en las localidades muestreados en este trabajo.

**Tabla 20. Variable dasométricas para secoya crecidas en Nueva Zelanda**

LOCALIDAD	EDAD (años)	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)
Whakarewarewa *	54	38,7	72,9	921

Fuente:\* Streets, 1962.



Según Roy (1966), bosques de secoyas de 60 años, ubicados en sitios buenos de E.E.U.U., logran desarrollar un área basal por hectárea de 112 m<sup>2</sup>/ha. Si se observan las Gha de las plantaciones de secoya muestreadas en este trabajo (tabla 19), se puede ver que éstas varían de 85,54 m<sup>2</sup>/ha a 117,81 m<sup>2</sup>/ha, este último superior al valor señalado por el autor antes mencionado.

Por otro lado Linquist y Palley (1963), señalan que los rendimientos esperados a los 100 años para plantaciones de secoyas, fluctúan entre 784 y 4900 m<sup>3</sup>/ha, dependiendo de la calidad del sitio. También indican que en rodales manejados los incrementos medios anuales alcanzan los 13 m<sup>3</sup>/ha/año.

Con respecto a lo último, los incrementos medios anuales en volumen de las plantaciones estudiadas (tablas 12, 15, 17 y 19), superan significativamente los 13 m<sup>3</sup>/ha/año señalados por Linquist y Palley (1963), incluso se observan valores que triplican a esta cifra, como por ejemplo las secoyas de la localidad de Voipir 24 sector I con 43,0 m<sup>3</sup>/ha/año y las secoyas de Voipir 45 sector I con 37,8 m<sup>3</sup>/ha/año.

Finalmente, las plantaciones de secoyas estudiadas presentan desarrollos interesantes en relación a las plantaciones de Inglaterra, Nueva Zelanda, E.E.U.U. y otros rodales de Chile citados en esta memoria. Lo último podría señalar que las localidades estudiadas presentan sitios de mejor calidad que los de las plantaciones antes indicadas. En este contexto cabe mencionar a dos autores, primero a Dyer *et al.* (1987), que señala que la calidad de un sitio se expresa en terminos de altura alcanzada por un rodal, por ser sensible a la calidad de un sitio y segundo a Contreras (1992), que indica que la altura dominante de los rodales coetáneos es usada comúnmente para evaluar la productividad potencial de sitios forestales. Ambos antecedentes corroboran la afirmación respecto de que los sitios estudiados presentarían mejor calidad que los citados en esta memoria.

## 5.2 Caracterización de los suelos bajo plantaciones de secoya

Para hacer más clara la presentación y discusión de los resultados del segundo objetivo, en el apéndice 3, se encuentra la descripción de los perfiles y la caracterización general de los suelos estudiados.

### 5.2.1 Topografía

En la tabla 21 se presentan dos de las variables topográficas estudiadas. En cuanto a la elevación, se observa que es una variable con una alta variación, donde el valor máximo supera en aproximadamente 140 m.s.n.m. al rango de distribución natural de esta especie, que está entre los 30 y 760 m.s.n.m., según los antecedentes de Olson *et al.* (1990).

**Tabla 21. Variables Topográficas**

VARIABLES	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV. TÍP.
Elevación (msnm)	30	890	299,71	195,96
Pendiente (%)	1	55	20,88	14,42

Igualmente, las localidades muestreadas, presentan porcentajes de pendientes muy diversas, que varían de 1% a un 55%, lo que es interesante estudiar, ya que según antecedentes bibliográficos de Olson *et al.* (1990), las secoyas presentan crecimientos decrecientes al ir aumentando la pendiente.

### 5.2.2 Propiedades químicas y físicas de los suelos

Para determinar el rango de situaciones abarcadas en este estudio, en las tablas 22, 23 y 24, se indican los valores medios, extremos y desviación típica de las propiedades físicas y químicas de los suelos. De esta forma en la tabla 22 se presentan los resultados obtenidos a partir del horizonte 1 del perfil, luego las tablas 23 y 24, con los horizontes 2 y 3 respectivamente.

**Tabla 22. Propiedades físicas y químicas del suelo en el horizonte A**

	VARIABLES	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV. TÍP.
HORIZONTE 1	Nitrógeno (%)	0,24	0,94	0,66	0,19
	Carbono (%)	2,30	12,60	8,90	3,06
	Materia Orgánica (%)	3,95	21,67	15,30	5,26
	Azufre (%)	0,00	0,15	0,10	0,04
	Relación C/N (%)	9,58	16,32	13,21	1,66
	DH* (ug de formazan/g)	50,00	1270,00	290,75	261,17
	CIC (cmol/kg)**	16,40	70,30	44,84	14,98
	CRA (%)***	15,50	181,00	121,12	43,72
	Humedad (%)	7,00	50,00	35,10	11,38
	Magnesio (cmol/kg)	13,44	80,04	39,86	15,61
	Fósforo disponible (mg/kg)	0,00	24,00	1,00	4,90
	pH	4,07	6,13	4,98	0,55
	Conductividad (us)	9,90	250,80	79,27	55,91
	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	0,12	1,46	0,55	0,34

\*Dehidrogenasa; \*\*Capacidad de intercambio catiónico; \*\*\*Capacidad de retención de agua.

**Tabla 23. Propiedades físicas y químicas del suelo para el horizonte B.**

	VARIABLES	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV. TÍP.
Horizonte 2	Nitrógeno (%)	0,18	0,69	0,438	0,15
	Carbono (%)	1,70	9,30	4,95	2,07
	Materia Orgánica (%)	2,92	15,99	8,52	3,56
	Azufre (%)	0,00	0,19	0,10	0,06
	Relación C/N (%)	8,18	16,67	11,13	1,95
	DH* (ug de formazan/g)	0,00	466,00	68,12	118,26
	CIC (cmol/kg)**	17,00	61,40	40,26	14,43
	CRA (%)***	53,00	328,00	136,28	67,20
	Humedad (%)	12,00	71,00	36,78	13,93
	Magnesio (cmol/kg)	10,46	76,08	33,49	16,64
	Fósforo disponible (mg/kg)	0,00	17,00	0,71	3,47
	pH	4,13	6,10	5,19	0,52
	Conductividad (us)	9,11	155,5	37,76	40,47
	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	0,19	1,52	0,56	0,37

\*Dehidrogenasa; \*\*Capacidad de intercambio catiónico; \*\*\*Capacidad de retención de agua.

**Tabla 24. Propiedades físicas y químicas del suelo para el horizonte BC.**

VARIABLES		MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV. TÍP.
HORIZONTE 3	Nitrógeno (%)	0,13	0,78	0,39	0,14
	Carbono (%)	1,40	9,60	4,17	1,95
	Materia Orgánica (%)	2,40	16,51	7,18	3,35
	Azufre (%)	0,00	0,29	0,12	0,08
	Relación C/N (%)	7,27	13,85	10,35	1,61
	DH* (ug de formazan/g)	0,00	2168,00	113,97	483,53
	CIC (cmol/kg)**	26,60	60,20	47,65	10,28
	CRA (%)***	46,00	250,00	162,85	52,06
	Humedad (%)	13,00	55,00	42,55	10,38
	Magnesio (cmol/Kg)	6,52	85,25	25,85	18,05
	Fósforo disponible( mg/kg)	0,00	0,78	0,04	0,17
	pH	4,25	6,38	5,44	0,49
	Conductividad (us)	6,30	45,5	21,67	9,83
	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	0,20	1,40	0,51	0,32

\*Dehidrogenasa; \*\*Capacidad de intercambio catiónico; \*\*\*Capacidad de retención de agua.

En general, a partir de las tablas 22, 23 y 24, se puede observar que las variables que presentan una amplia variación son el contenido de Nitrógeno, DH, CIC, CRA, conductividad y densidad aparente de los suelos.

El pH varía de débilmente ácido a fuertemente ácido, según la clasificación de Schlatter (1981).

En relación a la razón Carbono/Nitrógeno, se aprecia que ésta varía entre calidad edáfica muy buena a calidad edáfica media. Cuanto menor sea el valor de la relación mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y por lo tanto, la calidad edáfica superior.

### 5.2.3 Valores de las variables químicas y físicas detallados para cada perfil del suelo

Para cada localidad se grafican las características físicas y químicas de los suelos, detallando los valores correspondientes a cada horizonte del perfil.

Con el fin de entender mejor las gráficas que presentan las propiedades fisicoquímicas de los suelos, es importante señalar que las localidades de Voipir 67 sector I, Llancacura, Quechuco y Piedras Blancas sólo presentan dos horizontes en el perfil analizado.

#### • Contenido de Nitrógeno

En la figura 10 se muestra el contenido de Nitrógeno en los suelos bajo los rodales muestreados y se observa que las localidades con menor contenido son el Vergel y Quechuco. En cambio, los rodales con mayor porcentaje de Nitrógeno son Voipir 45 sector I b, Voipir 45 sector a, Voipir 54 sector I, Voipir 25 sector I y Correltué.

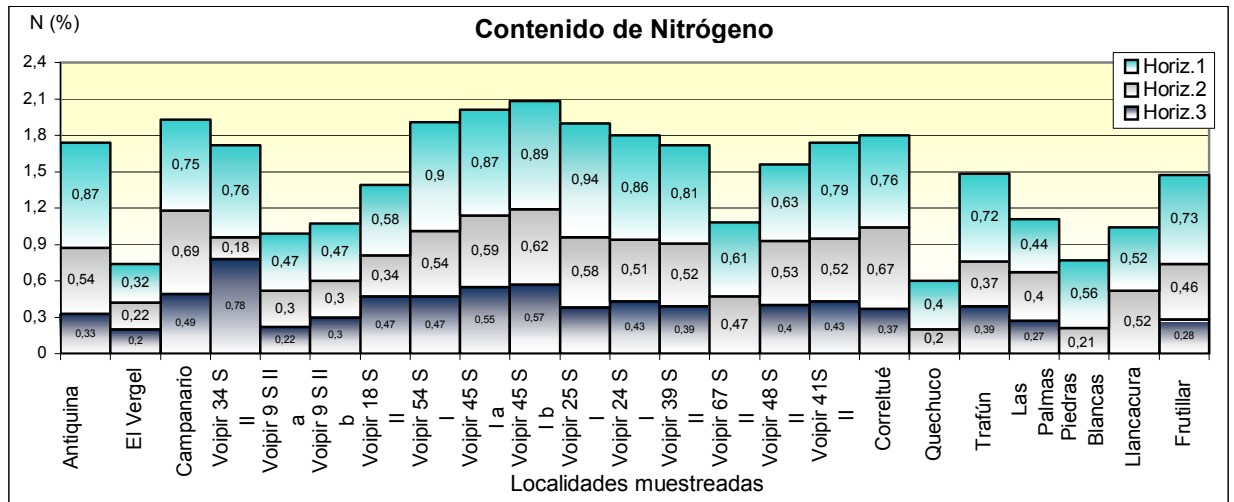


Figura 10. Contenido de Nitrógeno.

### • Materia Orgánica

Con respecto a los contenidos de materia orgánica, los suelos con menores porcentajes (figura 11), son los correspondientes a las localidades El Vergel, Quechuco, Voipir 9 sector II b y Voipir 9 sector II a. En cambio las mayores concentraciones se encuentran en los suelos de Voipir 45 sector I b, Correltué, Voipir 45 sector I, Voipir 34 sector I y por último Voipir 25 sector I.

Según Flores (1998), mientras mayor es la concentración de materia orgánica en el suelo, mayor es la capacidad de intercambio catiónico de éste, relación que tiende a cumplirse en los suelos estudiados, ya que las localidades con mayores contenidos de materia orgánica en sus suelos, presentan valores de CIC dentro de los más altos (figura 16), situación que es más clara en el primer horizonte del perfil.

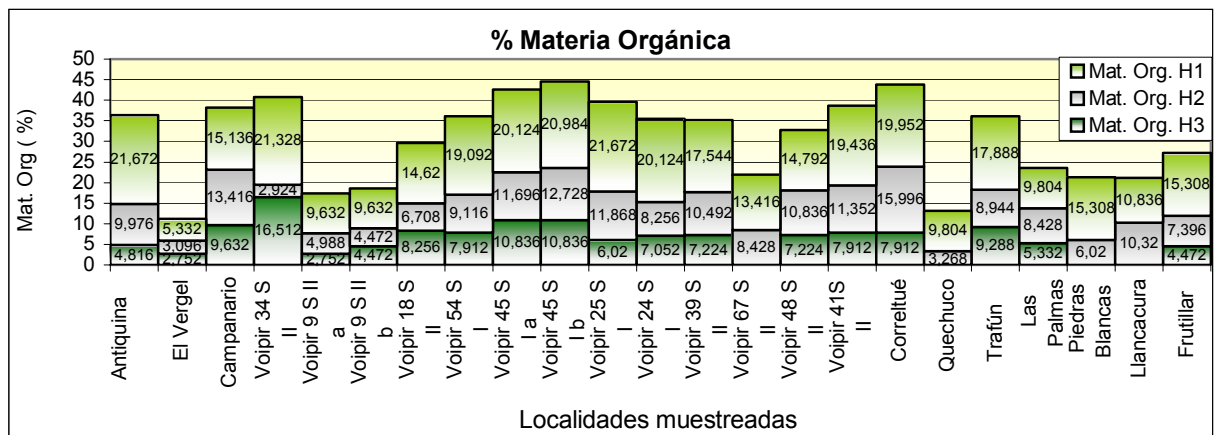


Figura 11. Contenidos de Materia Orgánica.

• **Contenido de Carbono**

El contenido de Carbono (figura 12), tiene un comportamiento similar al de la materia orgánica, ésto se explica porque la materia orgánica fue calculada a través de la formula:  $Materia\ Orgánica = \%C * 1,72$

De ahí que las localidades con menores contenidos de Carbono sean las mismas que las que presentan menores contenidos de materia orgánica, es decir, El Vergel, Quechuco, Voipir 9 sector II b y Voipir 9 sector II a. Lo mismo sucede con las localidades que presentan mayores porcentajes de Carbono, Voipir 45 sector I b, Correltué, Voipir 45 sector I, Voipir 34 sector I y Voipir 25 sector I, que son las mismas que presentan los mayores porcentajes de materia orgánica en sus suelos.

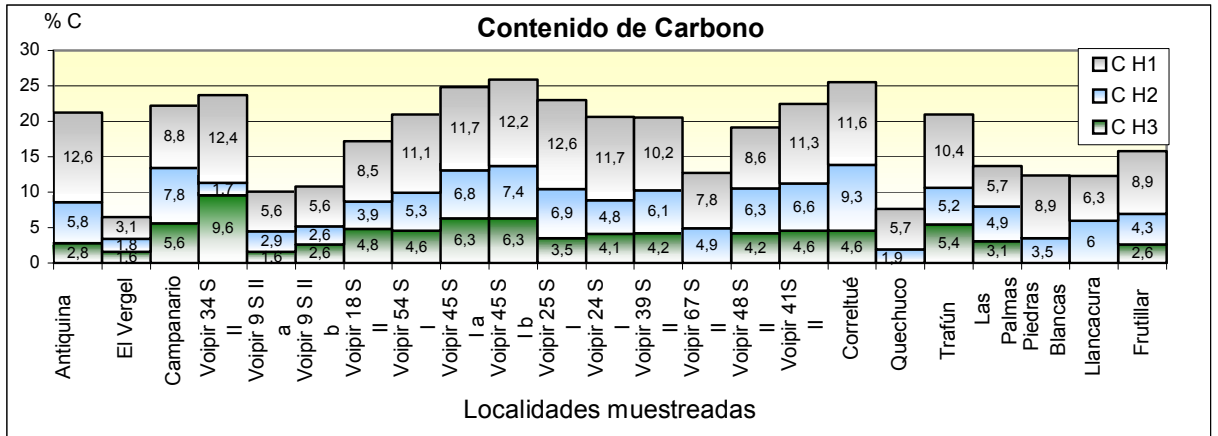


Figura 12. Contenido de Carbono.

En general se puede observar que el porcentaje de Nitrógeno, materia orgánica y Carbono va disminuyendo gradualmente a medida en que se va bajando a través de los horizontes analizados de cada perfil.

• **Contenido de Azufre**

La localidad de Las Palmas presenta la más baja concentración de Azufre, con sus tres horizontes bajo el límite de detección. En general, de la figura 13, las localidades con escasa presencia de Azufre son: Las Palmas, Frutillar, bajo el límite de detección en el segundo y tercer horizonte; Voipir 34 sector II, bajo el límite de detección en el segundo horizonte; y Correltué, bajo el límite de detección en el tercer horizonte.

Además las localidades de Piedras Blancas, Llancacura y El Vergel, presentan Azufre en los tres horizontes del perfil (sobre el límite de detección), pero en baja concentración, en relación al resto de las localidades analizadas.

Las localidades con mayores contenidos de Azufre son: Voipir 24 sector I, Voipir 48 sector II, Voipir 9 sector II b y Voipir 54 sector I.

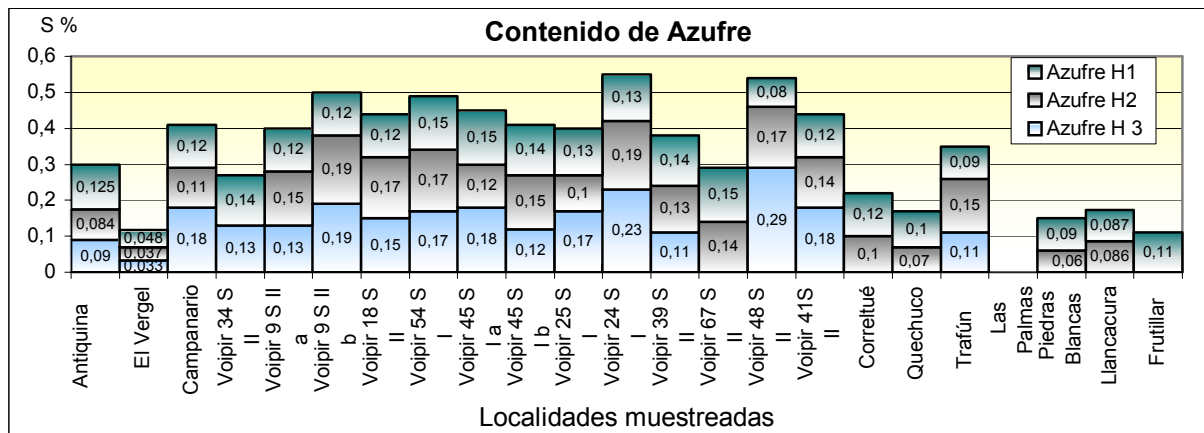


Figura 13: Contenido de Azufre.

A diferencia de lo que sucede con el Nitrógeno, Materia orgánica y Carbono, el Azufre tiende a aumentar al ir bajando en el perfil.

#### • Razón Carbono/Nitrógeno (C/N)

Con respecto a la razón Carbono/Nitrógeno (figura 14), que determina el grado de mineralización de la materia orgánica existente en el suelo y el tipo de humus que se encuentra en él, se observa que en general, toma valores decrecientes al ir bajando a través del perfil.

También se aprecia que la razón C/N no varía significativamente entre las distintas localidades, advirtiéndose que las localidades de Voipir 34 sector II y Piedras Blancas presentan los valores más altos de esta razón, con 16,32 en el horizonte 1 y 16,67 en el segundo. Por otro lado es interesante señalar que Piedras Blancas es la única localidad que presenta un valor menor en su primer horizonte en relación a los horizontes más bajos del perfil.

La localidad que presenta el valor más bajo de la razón C/N, para el perfil en general, es El Vergel, con una razón C/N menor a 10 en sus tres horizontes.

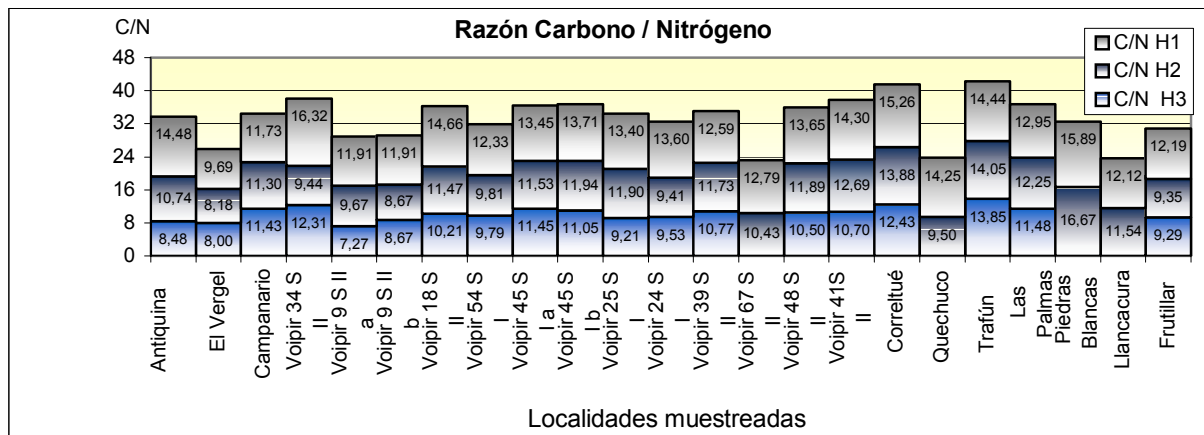


Figura 14. Relación Carbono Nitrógeno.

• **Actividad biológica (DH)**

En la figura 15, se presenta la actividad biológica que existe en los suelos bajo plantaciones de secoya para las localidades estudiadas, determinados por la actividad enzimática de la deshidrogenasa (DH).

Al observar la figura, se puede apreciar que en general, la DH es muy baja en los horizontes 2 y 3 a excepción de la localidad de Las Palmas, que en el horizonte 3 tiene el valor más alto de todos los DH resultantes (2168 ug de formazan/g de suelo seco). El horizonte 3 de las localidades restantes presenta valores entre 0 y 27 ug de formazan/g de suelo seco.

Los valores de actividad biológica más bajos se presentan en Voipir sector II 9 a y b, Voipir 45 sector I y Voipir 67 sector II; y los más altos en Las Palmas y Quechuco.

La actividad biológica de los suelos, es importante porque es directamente proporcional a la liberación de Carbono, Nitrógeno, Fósforo y Azufre, de manera de hacerlos disponibles para las plantas o para los organismos. La biomasa microbiana es una variable sensible para monitorear la calidad del suelo y sus cambios positivos se correlacionan con el aumento del contenido de la materia orgánica y fertilidad del suelo (Barrientos *et al.*, 2003).

Finalmente la actividad biológica será más alta mientras mayor sea la temperatura y la humedad del suelo (Varnero, 1992).

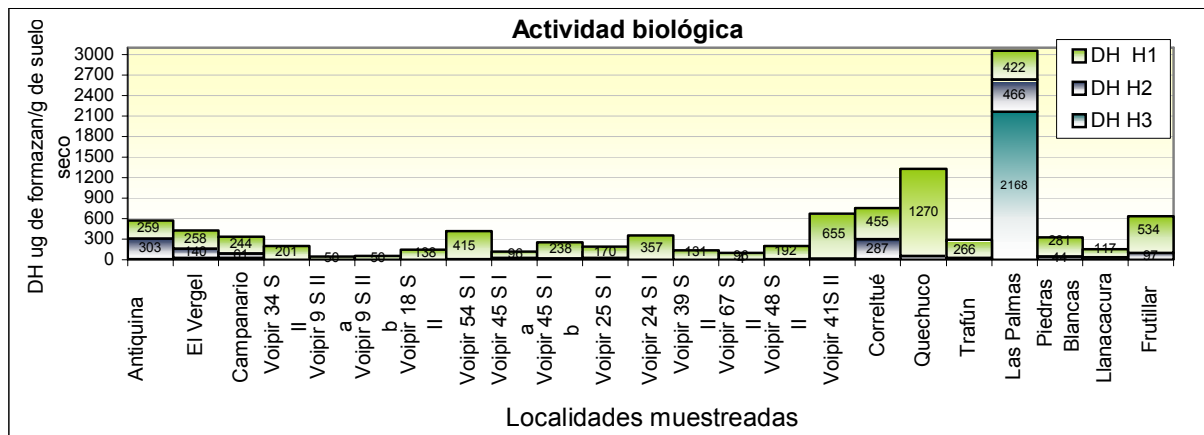


Figura 15. Actividad biológica (DH).

#### • Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Las localidades con suelo de menor CIC son, Llanacacura, Piedras Blancas, Quechuco, Voipir 9 sector II a, Las Palmas y El Vergel; y las localidades que presentan suelos con CIC altos son Voipir 25 sector I, Campanario, Voipir 9 sector II b y Frutillar, esta última con suelos con un CIC en el primer horizonte superior al 70 % (figura 16).

Por otra parte al observar la figura 11 (en que se grafica los contenidos de materia orgánica) se puede apreciar que, en general las localidades con porcentajes bajos de materia orgánica presentan los valores de CIC menores, lo que corrobora lo señalado por Besoin *et al.* (2000), que los valores de CIC más altos están asociados a los mayores contenidos orgánicos.

La magnitud de la CIC está influenciada por la acidez del suelo, dependiendo del tipo de arcilla presente en él (Flores, 1998). Al observar la figura 21, en que se grafica la acidez del suelo, se puede ver que en general, los suelos que son fuertemente ácidos tienden a presentar los valores de CIC más bajos, entre estas localidades están Llanacacura, Piedras Blancas y Las Palmas.

Finalmente la CIC es un valor importante, porque da la idea de disponibilidad que tienen las plantas para absorber sus nutrientes (Carrasco, 1992).



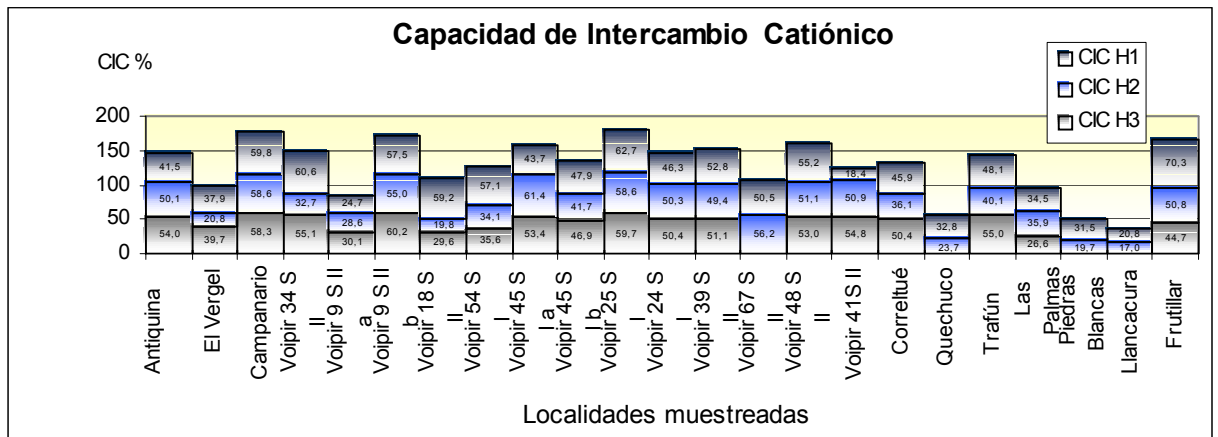


Figura 16. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

• **Capacidad de retención de agua (CRA)**

Los suelos de mayor CRA (figura 17) corresponden a los de las localidades de Voipir 67 sector II, Voipir 9 sector I a, Voipir 39 sector II y Voipir 48 sector II y los suelos con menor CRA se encuentran en las localidades de Quechuco El Vergel, Llancacura y Las Palmas. En general se observa que las localidades presentan mayores CRA en el último horizonte del perfil.

La CRA es afectada por la textura del suelo, el porcentaje de materia orgánica, el grado de agregación, la profundidad del perfil del suelo y el grado de compactación (Benavides, 1992), lo que explicaría los bajos CRA de los suelo antes mencionadas. En el caso de El Vergel, los suelos presentan un cierto grado de compactación (debido a su uso para recreación), presentan bajos contenidos de materia orgánica y poseen una estructura de bloques en tres horizontes del perfil. Por otra parte Quechuco presenta suelos moderadamente profundos, con bajos contenidos de materia orgánica y Las Palmas también con suelos moderadamente profundos y con una textura en los tres horizontes con importante presencia de arena en comparación a los otros suelos estudiados (ver apéndice III).

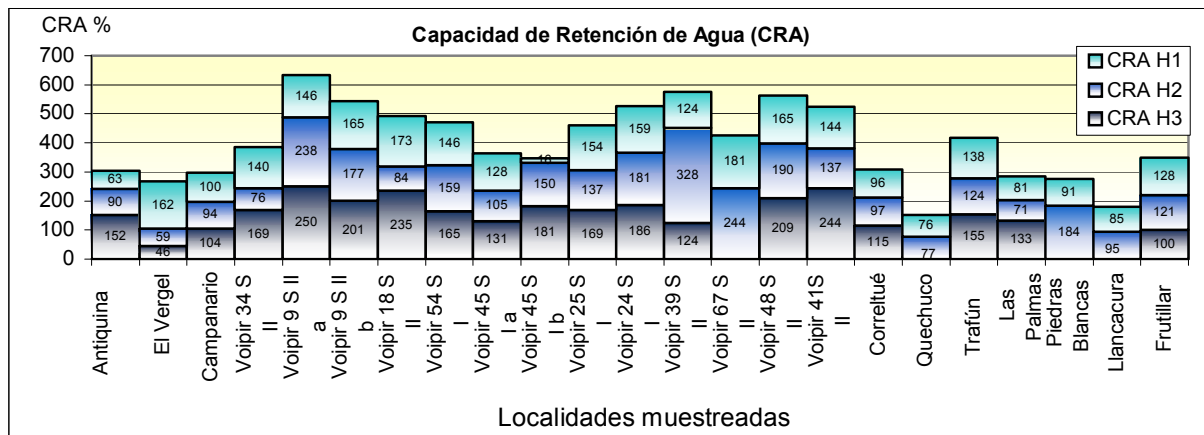


Figura 17. Capacidad de retención de agua (CRA).

• **Contenido de humedad del suelo**

Se puede observar que la humedad de los suelos (figura 18) es mayor en las localidades de Voipir, con valores que superan el 40 % de humedad en cada uno de los horizontes estudiados y entre los cuales se observa una baja variación de los valores para cada perfil. Estos sectores se caracterizan en general, por presentar suelos muy profundos, con altos contenidos de materia orgánica y estructura de grano en los horizontes del perfil. Por otra parte la humedad obtenida en los suelos de El Vergel, Quechuco y Llancacura son los valores más bajos en relación a los suelos de las otras localidades, lo que es coherente con lo observado en relación a la capacidad de retención de agua (figura 17).

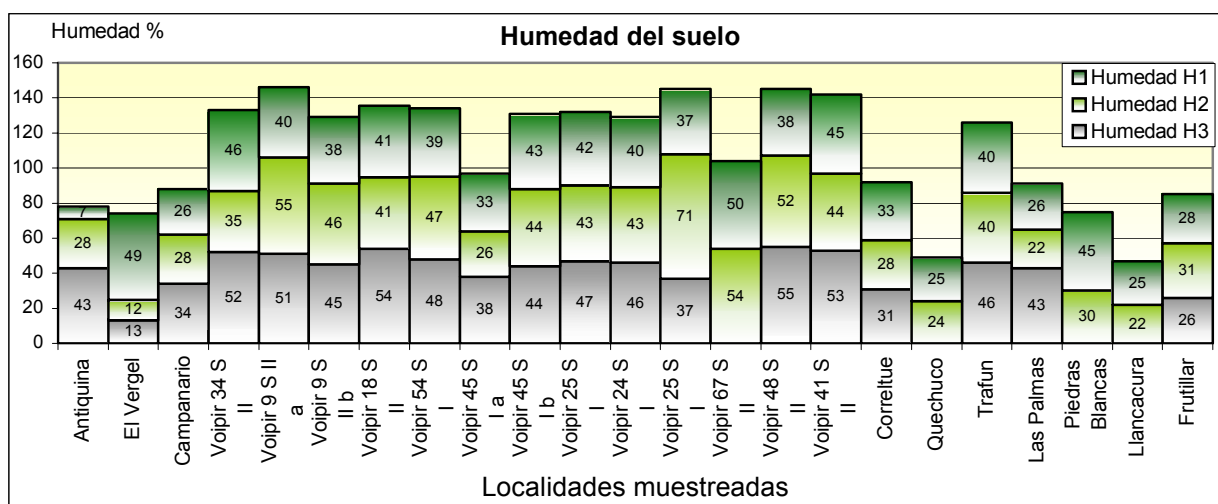


Figura 18. Contenido de Humedad del suelo.

- **Contenido de Magnesio**

El Vergel presenta suelos con mayores contenidos de Magnesio (figura 19), sin embargo al observar el horizonte 1, se puede apreciar que las localidades de Voipir 54 sector I y Quechucu tiene concentraciones de Mg sobre los 60 cmol/kg, valores altos en relación al resto de las localidades.

En cambio los sectores con menores contenidos de Magnesio son Voipir 9 sector II a, Voipir 41 sector II, Voipir 45 sector I b y Frutillar cuyos valores son bajos especialmente los correspondientes a los horizontes 2 y 3.

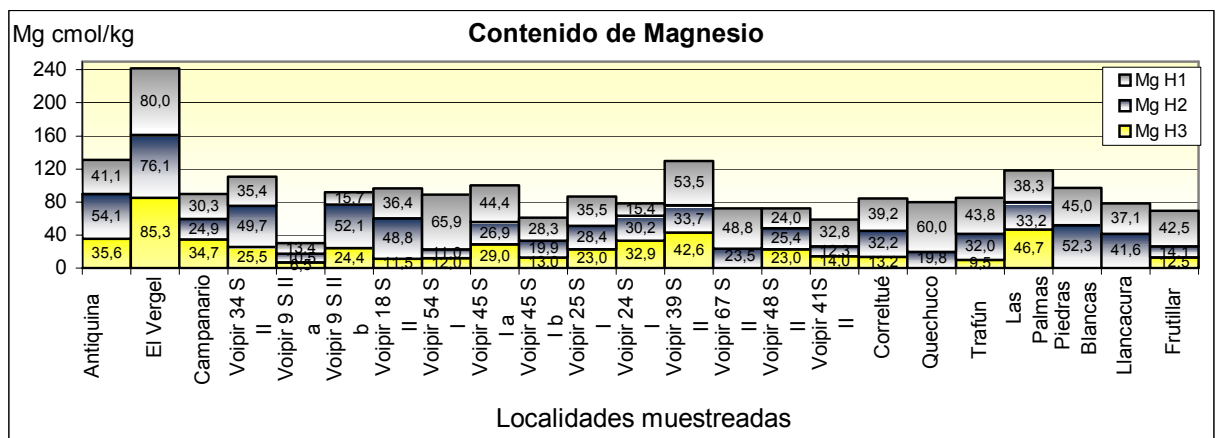


Figura 19. Contenido de Magnesio.

- **Disponibilidad de Fósforo**

Los suelos de El Vergel son los únicos con disponibilidad de Fósforo. Todas las otras localidades analizadas presentan niveles no percibibles (contenidos bajo 0,04 ppm).

La localidad de El Vergel es la única que no presenta suelos de origen volcánico, situación que explicaría que sólo en estos suelos exista Fósforo disponible. Lo anterior se puede afirmar por lo que señalan Zunino y Borie (1985), que los suelos derivados de ceniza volcánica se caracterizan por la fijación del Fósforo, quedando no disponible para las plantas.

- **Acidez de los suelos (pH)**

Los suelos de las localidades estudiadas presentan pH de débilmente ácidos a fuertemente ácidos, según clasificación de Schlatter (1981), siendo la localidad El Vergel, la única que presenta suelos débilmente ácidos (figura 20).

Las demás localidades presentan suelos moderadamente ácidos (Frutillar, con un pH promedio de 5,95, Voipir 18 S II, con un pH promedio de 5,32) y suelos fuertemente ácidos (Las Palmas, Llancacura, Piedras Blancas y Voipir 54 sector 1, con pH promedios de 4,2; 4,37; 4,37; 4,5 respectivamente).

Según Flores (1998), la acidez en el ecosistema forestal está asociado a situaciones de baja disponibilidad de nutrientes vitales como Ca, K y Mg, relación interesante de analizar porque Olson *et al.* (1990), indica que altas concentraciones de Mg en el suelo no favorecen el desarrollo de la secoya, deduciéndose de ambas aseveraciones, que las localidades con suelos fuertemente ácidos son las que mejores perspectivas tienen para el establecimiento de plantaciones de secoya.

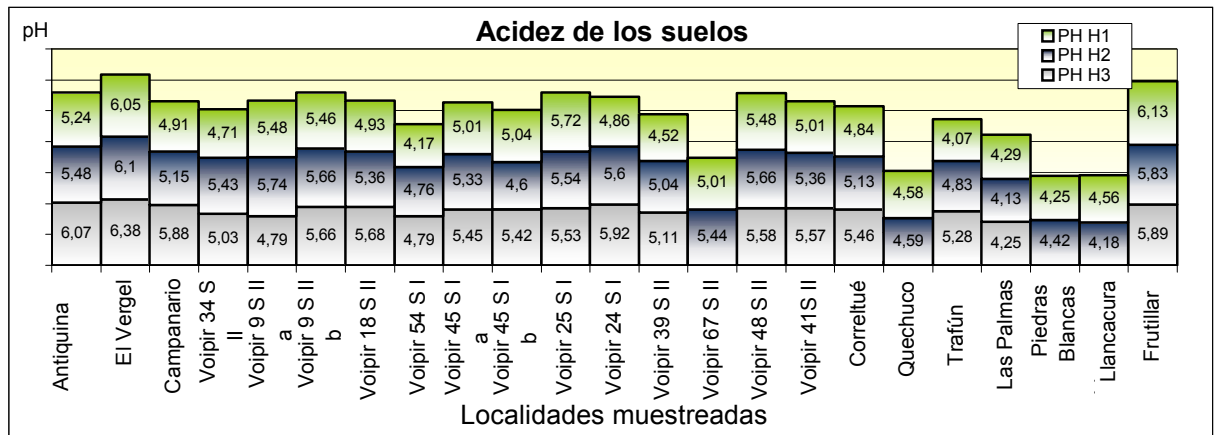


Figura 20. Acidez de los suelos.

### • Conductividad

La localidad que presenta mayor conductividad en sus suelos es Las Palmas (figura 21), cuyos valores son altos en relación a las demás localidades, especialmente el primer horizonte del perfil (con un valor de 270 us). Le siguen los valores de los suelos correspondientes a Correitué y Campanario, con valores altos solamente en el primer horizonte del perfil, que varían entre 175 us y 148 us. Las localidades con menores niveles de conductividad son Voipir 9 sector II b y a, Voipir 18 sector II, cuyos horizontes respectivos presentan valores que no superan los 30 us.

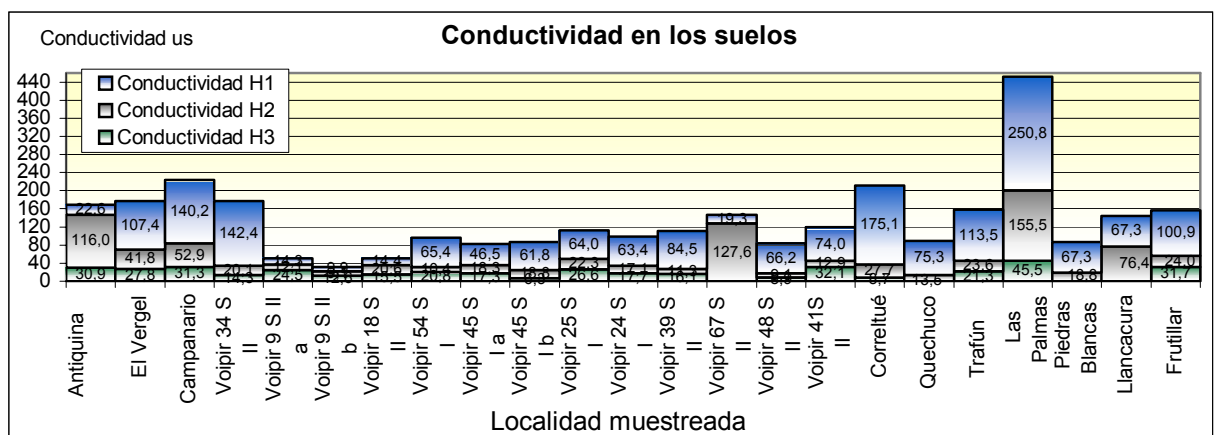


Figura 21. Conductividad de los suelos.

- **Densidad aparente**

La densidad aparente del suelo muestra grandes variaciones entre localidades, con valores de 0,26 gr/cm<sup>3</sup> a 1,52 gr/cm<sup>3</sup> (figura 22). En cambio la variación de los valores de densidad, a medida en que se va bajando en el perfil es baja. Las localidades que presentan suelos con los más altos valores de densidad son El Vergel y Llanccacura y los suelos que presentan densidades bajas son los correspondientes a las localidades de Voipir 45 sector I a y b, Voipir 54 sector I, Voipir 48 sector II y Voipir 41 sector II (con densidades que no superan los 0,4 gr/cm<sup>3</sup>).

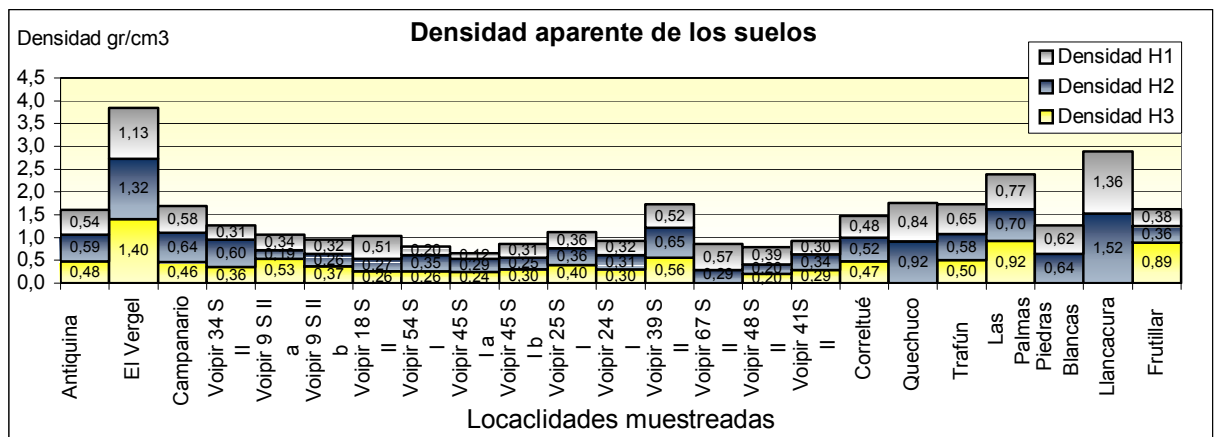


Figura 22. Densidad aparente de los suelos.

### 5.3 factores edáficos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de *Sequoia sempervirens* para las áreas en estudio.

La selección de variables significativas en la productividad del rodal, consistió en determinar cuales de las variables medio ambientales son de mayor importancia en relación al estado actual de las plantaciones estudiadas mediante regresión múltiple paso a paso. Para esto se realizaron dos etapas previas a este método de regresión múltiple, que se detallarán a continuación.

Es importante aclarar que se trabajó con dos grupos de datos:

- Localidades que presentan el primer y segundo horizonte en los perfiles de las calicatas estudiadas.
- Localidades que presentan tres horizontes en el perfil de las calicatas estudiadas.

#### 5.3.1 Multicolinealidad

Mediante la matriz de correlación simple (apéndice 6) se detectaron dependencias entre las variables de predicción y se procedió a eliminar una de estas variables. Esto para evitar resultados ambiguos en el análisis.

El procedimiento empleado para realizar tal discriminación es el descrito por Nie (1975), que consiste en eliminar las variables cuyas correlaciones son superiores o iguales a 0,8, ya que éstas son consideradas como dependientes. Se extrajeron las variables que se detallan en la tabla 25.

**Tabla 25. Variables extraídas del análisis para evitar multicolinealidad.**

VARIABLES EXTRAÍDAS	VARIABLES CORRELACIONADAS	EXTRACCIÓN DE LA VARIABLE
T° MÍNIMA ENERO	T° máx. Julio, Pp anual, Período seco, Período Húmedo, Profundidad suelo.	No es variable crítica, T° más bajas se presentan en el mes de julio.
T° MÁXIMA JULIO	Pp anual, Período seco, Período Húmedo, Profundidad suelo.	Extremas altas se presentan en enero, lo cual es más crítico.
% HUMEDAD JULIO	% Humedad Enero	Variable crítica, baja humedad que se presenta en los meses de enero.
% CARBONO	% Materia Orgánica % Nitrógeno	Se calculó a partir de: Mat.Org = %C* 1,72. % C, se encuentra en la razón C/N.
DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO	% Magnesio	Está altamente correlacionada con el Mg (correlación = 1), situación que se da para los tres horizontes del perfil. Existe sólo una localidad con disponibilidad de P, (El Vergel), lo que puede generar resultados ambiguos en la regresión múltiple paso a paso. Por lo cual se trabajó con el contenido de Magnesio, que está presente en todos los suelos. Por otro lado, según Olson <i>et al.</i> (1990), el contenido de Magnesio es una variable crítica para las secoyas. Según este autor la secoya no crece bien en suelos con altos contenidos de Mg.

### 5.3.2 Análisis por componentes principales (ACP)

Se aplicó análisis por componentes principales, debido al alto número de variables que se pretendía analizar. Este método permitió la estructuración del conjunto de datos multivariados, obtenidos de las características edafo-climáticas de las localidades en estudio, con lo cual se consiguió una disminución importante de las variables analizadas.

Producto de este análisis (apéndice 7), se generaron nuevas variables denominadas componentes principales. La varianza total explicada para obtener las variables componentes principales, se muestra en el apéndice 7 (tablas 1 y 3), donde la tabla 1 corresponde al análisis considerando los 2 primeros horizontes del perfil y la tabla 3, a los 3 horizontes del perfil.

En la tabla 26 se observa el número de componentes principales, según número de horizontes considerados.

**Tabla 26. Número de componentes principales, según número de Horizontes presentes en el perfil de la calicata analizada**

SUELO BAJO LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS	N° HORIZONTES PERFIL CALICATA		N° DE COMPONENTES PRINCIPALES
	SITUACIÓN	2	11
3		12	

Las matrices de componentes principales obtenidas para cada una de las situaciones se, observan en la tabla 2 y 4 del apéndice 7. Éstas son resultantes del cálculo de los coeficientes de correlación entre las variables edafo-climáticas y los componentes principales. De esta forma se establecieron nuevas variables llamadas componentes principales (CP). De las matrices (apéndice 7, tabla 2 y 4), las columnas corresponden a las variables componentes principales (CP) (i) y las filas a las variables edafo-climáticas (j) en estudio.

Al observar las matrices componentes principales, se puede observar en general, que los coeficientes de las variables edafo-climáticas no tienen una tendencia definida en cada CP(i). Esto, en el sentido que las variables edafo-climáticas que tienen los mayores coeficientes en el CP (i), no corresponden a una misma tipología, en el sentido que no pueden ser clasificadas en una categoría específica como por ejemplo características relacionadas con las cargas eléctricas de los suelos o bien características relacionadas con el clima, lo cual no permite dar un significado o interpretación a las variables CP (i) por si sola, como lo que se hizo en el estudio de caso descrito por Pla (1986), en que se estudia la producción lechera de una finca. En éste, al realizar el análisis por componentes principales, cada CP explicaba una característica de la producción, por ejemplo el CP 1, se relaciona con la variación en superficie de las fincas estudiadas.

Todo lo anterior llevó calcular una nueva matriz a partir de los componentes principales y las variables edafo-climáticas que formaban a cada componente principal, llamada matriz reducida.

Ésta nueva expresión de los datos permitió realizar regresiones múltiples mediante el método paso a paso y obtener aquellos componentes principales que explican en mejor forma a las variables productivas empleadas para este estudio (altura, Dap, incremento medio anual en volumen y volumen total por hectárea). En el apéndice 9 se detallan los resultados de estas regresiones múltiples paso a paso.

Una vez identificados las CP, se utilizaron las variables edafo-climáticas de mayores coeficientes en cada CP (ver apéndice 8), para realizar regresiones múltiples paso a paso, utilizando directamente a las variables medio ambientales.

Un esquema detallado de los procedimientos estadísticos descritos se presenta en la figura 23. Se espera que con esta figura y los apéndices 7, 8 y 9, quede claro este paso, ya que es fundamental para entender como se cribaron los datos y como se obtuvieron los resultados y conclusiones finales de este estudio.

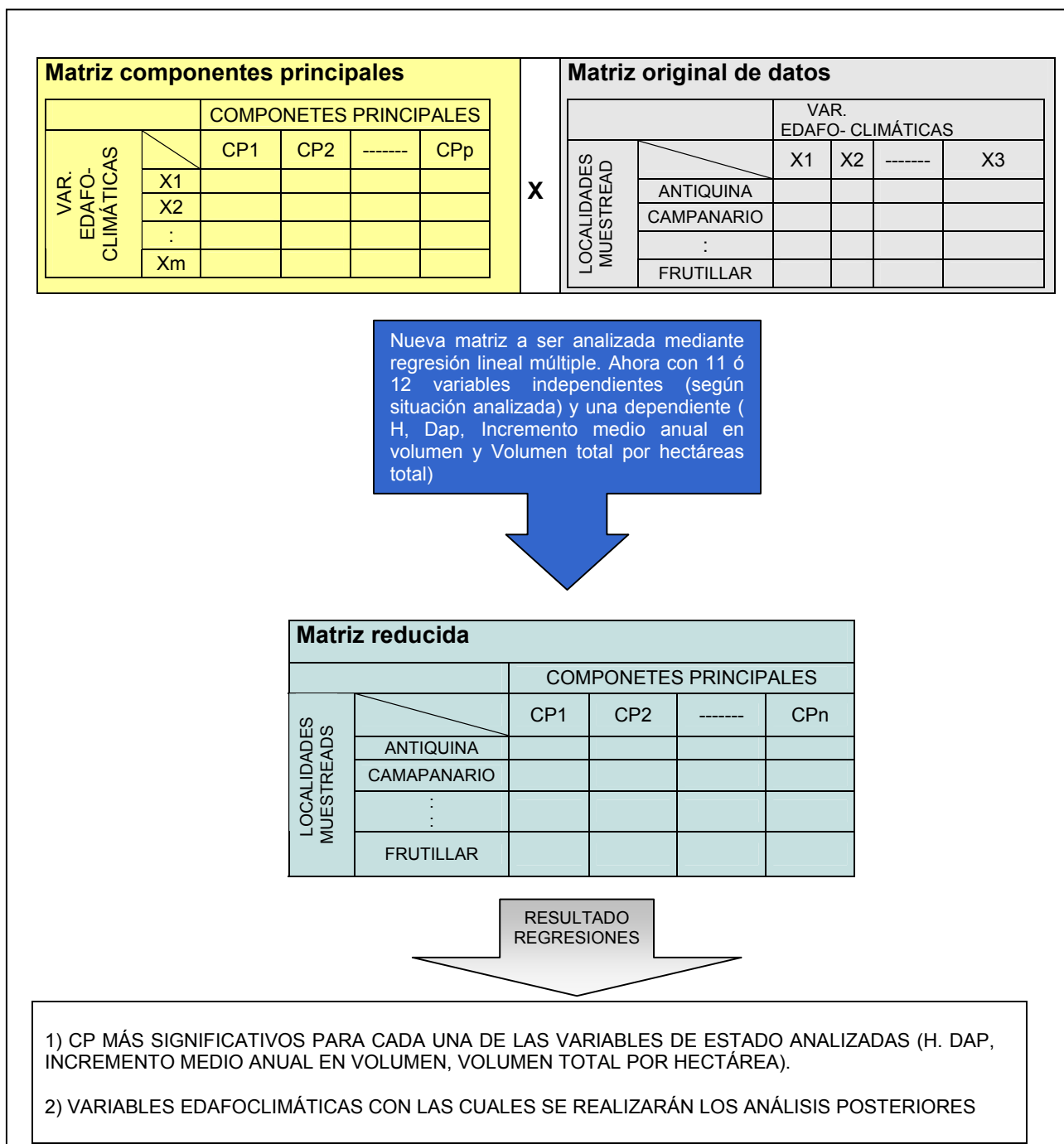


Figura 23: Procedimientos seguidos para cribar los datos desde el ACP hasta las regresiones múltiples paso a paso utilizando la matriz reducida.



### 5.3.3 Resultado del análisis de regresión múltiple mediante el método stepwise

En primer lugar se presentarán los resultados, utilizando las variables más determinantes de las CP, para los puntos de muestreo con solo el 1° y 2° horizonte presentes en las calicatas. Luego se mostrarán los resultados obtenidos a partir del análisis de los tres horizontes existentes en perfil. Para esto se eliminó las localidades de Voipir 67 sector I, Llancacura, Quechuco y Piedras Blancas, por no presentar el tercer horizonte.

De las variables resultantes de las regresiones múltiples, para cada una de las clases de edad, se tomará un nivel de significancia del 10%, por el alto número de variables estudiadas.

**Tabla 27. Variables analizadas**

VARIABLES DEPENDIENTES	Incremento medio anual en volumen (m <sup>3</sup> /ha/año), Altura (m), Dap (cm), Volumen total por hectárea (m <sup>3</sup> /ha).
VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES (CP), RESULTANTES DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE MEDIANTE EL MÉTODO PASO A PASO.

De acuerdo a lo expuesto en la tabla 27, a continuación se presentan los resultados obtenidos considerando en un primer término la variable dependiente incremento anual en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año), en segundo término la altura (m), en tercer orden el Dap (cm) y por último el volumen total por hectárea (m<sup>3</sup>/ha).

#### 5.3.3.1 Resultado para los puntos de muestreo con solo el 1° y 2° horizonte en las calicatas.

a) Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año)

El contenido de humedad en el horizonte 1 y la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el horizonte 2 (tabla 28), son significativos estadísticamente al 1%. Por su parte el contenido de Azufre en el horizonte 1 lo es al 5%.

La variación total de las observaciones con respecto a la media es explicada en un 99% por las 4 variables de predicción incluidas en la ecuación de regresión resultante, pero se destaca de la función resultante la importancia del Azufre en el primer horizonte, lo cual se refleja en el valor que toma el coeficiente de regresión que es notoriamente superior en comparación al resto de las variables.

**Tabla 28. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente incremento medio en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año).**

REGRESIÓN	R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
	0,99998541	0,08559	17140	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]
Constante	87,54208772	0,478214336	183,0603583	0,0042326
Humedad suelo H1	-1,14220433	0,007594156	-150,4056968	0,0049297 *
S H1	-209,5526362	1,622736426	-129,13535	0,0126154 **
Exposición	0,175807224	0,003484298	50,45700564	0,0143987
CIC H2	0,287372831	0,006500742	44,20615881	0,0042326 *

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2

\* Significación estadística (p<0,01).

\*\* Significación estadística (p<0,05).

En la clase de edad 2, se obtiene que para la variable dependiente (tabla 29), la única variable explicativa es el contenido de humedad en el suelo para el horizonte 1, con un nivel significativo del 1%, la cual explica a la vez en un 99% a la variable dependiente analizada para la clase de edad 2.

**Tabla 29. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(1,1)	
		0,99956737	0,10811	4621,9	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t	Students Prob> [ T ]
Constante	48,8161503	0,38091539	128,154839	0,00496748	
Humedad suelo H1	-0,60824562	0,00894684	-67,9844282	0,00936352*	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\* Significación estadística (p<0,01).

Para la clase de edad 3, se obtiene 4 variables que explican en un 99% (R<sup>2</sup>), al incremento medio anual en volumen (tabla 30), éstas son la densidad del suelo en el horizonte 1 y 2, contenido de azufre en el primer horizonte y temperatura máxima en el mes de enero.

Estas variables son significativas al 1%. De éstas la de menor importancia es la temperatura máxima en enero, ya que su coeficiente es muy inferior en relación a las restantes variables explicativas.

**Tabla 30. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente incremento medio en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99999970	0,00543	8226E2	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t	Students Prob> [ T ]
Constante	30,0529	0,04929	609,751	0,0010441	
Densidad H2	-31,348	0,05664	-553,43	0,0011503*	
Densidad H1	29,5302	0,0743	397,452	0,0016017*	
S H1	-34,715	0,07317	-474,43	0,0013419*	
T° máx. enero	-0,1157	0,00171	-67,525	0,0094273*	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\* Significación estadística (p<0,01).

Para la clase de edad 4, donde las edades de los rodales muestreados son mayores a 41 años, se observa que para la variable dependiente incremento medio anual en volumen (tabla 31), el contenido de Azufre en el horizonte 2 es variable de predicción significativa al 10% y es la que tiene mayor peso en la ecuación. Las variables contenido de Magnesio en el primer horizonte, conductividad de los suelos en el primer horizonte y variación latitudinal de las parcelas tienen una significancia menor al 10%.

En conjunto las 4 variables explican en un 98% a la variable dependiente analizada.

**Tabla 31. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: Variable dependiente Incremento medio en volumen (m<sup>3</sup>/ha/ año).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL		F(4,1)
		0,98699643	1,2127		18,975
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]	
Constante	167,652739	94,06553183	1,782297248	0,325507045	
S H2	-83,1504422	10,41580473	-7,98310303	0,079332686960***	
Mg H1	0,21346571	0,047628651	4,481876027	0,139754042	
Conductividad H1	-0,0352233	0,013925388	-2,52943027	0,23967959	
Latitud S	-3,59931957	2,375007344	-1,51549829	0,37131983	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2

\*\*\*Significación estadística (p<0,1).

b) Variable dependiente: Altura (m)

Al observar los resultados en la tabla 32, se puede denominar como variable significativa para interpretar la altura en la clase de edad 1 a la razón C/N, siendo esta variable significativa en un 5%. La segunda variable explicativa de la altura es la capacidad de retención de agua (CRA) en el horizonte 1, con un nivel significativo del 10%.

En conjunto estas variables explican en un 99% a la variable dependiente altura, siendo la razón Carbono/Nitrógeno la de mayor relevancia de esta función.

**Tabla 32. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente altura (m).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL		F(4,1)
		0,99933775	0,28424		377,25
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]	
Constante	70,4781534	1,91112086	36,877915	0,0172587	
C/N H2	-4,0742139	0,158766618	-25,661653	0,02479566819 **	
CRA H1	0,0282169	0,003430204	8,226014	0,07701314987 ***	
CIC H2	-0,1379958	0,026911918	-5,127683	0,122614517807961	
Exposición	0,04365353	0,012115502	3,603114	0,172348231077194	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\*\*Significación estadística (p<0,05).

\*\*\*Significación estadística (p<0,10).

En la clase de edad 2 (tabla 33), se obtiene que la acidez del suelo en el horizonte 2, es significativa al 5% y explica en un 99% a la variable dependiente en cuestión.

**Tabla 33. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente altura (m).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL		F(1,1)
		0,9922943	0,71274		128,78
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]	
Constante	153,8814328	11,47528122	13,40981802	0,047386445	
PH H2	-23,41997391	2,063809375	-11,34793465	0,055955514**	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\*\*Significación estadística (p<0,05).

Con respecto a la tercera clase de edad (tabla 34), se observa que los resultados abarcan variables climáticas, fisiográficas y edáficas.

Dentro de las topográficas, están la ubicación en relieve y la variación longitudinal, ambas significativas al 5%. Detallando los resultados obtenidos en cuanto a la variación longitudinal, se deduce que las plantaciones de secoya ubicadas cerca de la costa, tienden a tener alturas mayores. En cuanto a las variables edáficas, la densidad del suelo en el horizonte 2, resulta significativa al 5%. Finalmente en las variables climáticas, el porcentaje de humedad en enero, resulta significativa al 10% para el crecimiento en altura.

Estos parámetros explican en un 99% a la variable dependiente, donde el parámetro de mayor importancia corresponde a la densidad del suelo en el segundo horizonte.

**Tabla 34. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente altura (m).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99974157	0,21612	967,14	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	-114,0523108	7,966473987	-14,31653589	0,044395335	
Longitud (°W)	0,000158655	6,10537E-06	25,98605933	0,024486428**	
Densidad H2	-7,224260456	0,272809468	-26,48097409	0,024029231**	
Humedad enero	0,683314691	0,061583193	11,09579839	0,057220262***	
Ubicación en relieve	-0,072912227	0,014018016	-5,20132272	0,120920278	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\*\* Significación estadística (p<0,05).

\*\*\*Significación estadística (p<0,1).

En cuanto a la clase de edad 4 (tabla 35), se observa que razón C/N, en los horizontes 1 y 2, la humedad en el suelo, específicamente en el horizonte 2, contenido de Magnesio en el primer horizonte y la profundidad del suelo, son significativas en un 1%. La acidez del suelo resultó significativa al 5%.

Todas las variables en conjunto explican en un 99% a la variable altura en la clase de edad 4, sin embargo las variables de mayor peso en la regresión son las relacionadas con la relación C/N, de éstas la C/N en el primer horizonte es la más relevante.

**Tabla 35. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente altura (m).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99999504	0,04321	50389	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	-45,4546777	0,459114156	-99,0051757	0,006429948	
Humedad suelo H2	0,69640138	0,000886558	785,5109682	0,000810452620498836*	
C/N H2	-1,79578439	0,004375114	-410,454318	0,00155100936535746*	
C/N H1	3,69739328	0,013115858	281,9025132	0,0022582879755646*	
Mg H1	0,34857011	0,001800617	193,5837131	0,00328857265412807*	
Profundidad suelo	0,13209839	0,001843746	71,64674365	0,00888495985418558*	
PH H2	0,97999422	0,032222457	30,41339216	0,0209246799349785**	

H1:HORIZONTE 1; H2:HORIZONTE 2

\* Significación estadística (p<0,01).

\*\* Significación estadística (p<0,05).

C) Variable dependiente: DAP (cm)

Las variables de mayor significancia para la variable dependiente, con un 1% son: ubicación en relieve y la razón Carbono/Nitrógeno. Paralelamente con un 5% de significancia el contenido de azufre en el primer horizonte y la latitud (tabla 36).

Todas ellas explican en un 99% a la variable dependiente en cuestión. Se destaca de la regresión, el contenido de azufre en el primer horizonte, cuyo coeficiente de regresión es muy superior al de las demás variables.

**Tabla 36. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES.V. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99999471	0,02681	47294	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	2324,43221	112,435774	20,6734221	0,03077013	
Ubicación en relieve	-0,61844485	0,00150674	-410,452862	0,00155101*	
C/N H2	1,53519501	0,01214774	126,377023	0,00503736*	
S H1	-18,7484974	0,51917941	-36,1117894	0,01762464**	
Latitud S	-0,00040448	1,9912E-05	-20,3135953	0,03131431**	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\* Significación estadística (p<0,01).

\*\* Significación estadística (p<0,05).

Con respecto al modelo lineal para el diámetro (tabla 37), la única variable significativa al 1% es la razón C/N que explica el 99% de la variación total observada.

**Tabla 37. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES.V. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(1,1)	
		0,99999275	0,02568	1380E2	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	-36,0280012	0,18230706	-197,622628	0,00322136	
C/N H1	4,89964155	0,01318918	371,489458	0,00171369*	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\* Significación estadística (p<0,01).

Con respecto a la clase de edad 3, en el horizonte 1, el contenido de Nitrógeno en los suelos (tabla 38) resulta significativo en un 5% para la variable dependiente diámetro. También lo son las variables drenaje interno y densidad de los suelos en el horizonte 2 (significativos al 10%).

Las 4 variables explican en un 99% (R<sup>2</sup>) a la variable dependiente diámetro, siendo las más importantes el contenido de Nitrógeno en el primer horizonte y luego con un coeficiente más bajo en comparación al anterior, la densidad en el segundo horizonte.

**Tabla 38. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99563053	1,1945	56,965	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t	Students Prob> [ T ]
Constante	257,282152	23,901415	10,7643063		0,05897247
N H1	-93,1167349	7,47164684	-12,4626788		0,05097289**
Drenaje interno	-1,64933176	0,15668176	-10,5266352		0,0602961***
Densidad H2	-13,7916929	1,60265945	-8,60550432		0,07364789***
Longitud O	-0,00011238	2,2237E-05	-5,05341171		0,12437142

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\*\*Significación estadística (p<0,05).

\*\*\*Significación estadística (p<0,1).

La acidez de los suelos en el horizonte 1 y la razón Carbono/Nitrógeno en el segundo horizonte, son significativas en un 1% para el crecimiento en diámetro (tabla 39).

El porcentaje de humedad en enero es significativa al 5% y la temperatura máxima en enero en un 10%. Todas las variables resultantes de la regresión explican en un 99% a la variable dependiente.

**Tabla 39. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99999504	0,04321	50389	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t	Students Prob> [ T ]
Constante	255,184101	8,879275084	28,73929449		0,022142611
T° máx. Enero	-2,20026408	0,220694319	-9,96973594		0,0636423602700233***
C/N H2	-1,82266862	0,010764657	-169,319705		0,00375982443802059*
PH H1	-6,7686245	0,059286275	-114,168491		0,00557600008323789*
Humedad enero	-1,60974078	0,053421377	-30,1328956		0,0211193189024925**

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\*Significación estadística (p<0,05).

\*\*\*Significación estadística (p<0,1).

d) Variable dependiente: Volumen total (m<sup>3</sup>/ha)

Con respecto a la tabla 40, se puede notar que todas las variables seleccionadas como explicativas para la variable dependiente volumen total por hectárea, son significativas en un 1%, con la sola excepción del contenido de Mg en el primer horizonte que lo es al 5%.

En efecto, el contenido de Azufre en el primer horizonte es inversamente proporcional al crecimiento en volumen y es la variable con el coeficiente de regresión de mayor magnitud en la función resultante. Le sigue la Capacidad de Intercambio Catiónico en el segundo horizonte, la cual es directamente proporcional al volumen total por hectárea.

En cuanto al contenido de Magnesio en el primer horizonte del perfil, los resultados indican que a mayores concentraciones, el volumen total por hectárea tiende a disminuir.

Por último con respecto a la variación longitudinal de las plantaciones de secoya, los resultados indican que a medida que las plantaciones se alejan de la influencia de la costa, los volúmenes totales por hectárea tienden a incrementarse. Sin embargo, esta última variable tiene un peso notablemente menor en relación a las otras que integran la función resultante.

En conjunto las 4 variables en cuestión explican en 99% a la variable dependiente analizada.

**Tabla 40. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente volumen total (m<sup>3</sup>/ha)**

Regresión		R <sup>2</sup>	Desv. estándar residual	F(4,1)	
		0,99999844	0,58907	1598E2	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t	Students Prob> [ T ]
Constante	58035,48161	287,5963659	201,794906		0,00315476
S H1	-7434,310248	14,05962742	-528,7700753		0,001203962*
CIC H2	17,26856582	0,049743781	347,1502464		0,00183384*
Longitud O	-0,077944427	0,000389942	-199,887222		0,003184868*
Mg H1	-1,709281805	0,03900373	-43,82354776		0,014524369**

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\*Significación estadística (p<0,05).

La actividad biológica (DH) en el horizonte 2, es significativa en un 5%, para la variable dependiente y explica en un 99 % al volumen total por hectárea en la clase de edad 2. (tabla 41).

**Tabla 41. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente Volumen total (m<sup>3</sup>/ha).**

Regresión		R <sup>2</sup>	Desv. estándar residual	F(1,1)	
		0,99729506	4,7713	368,69 1	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t	Students Prob> [ T ]
Constante	659,0166426	4,041138107	163,076991		0,00390375
DH H2	-0,422421841	0,021999534	-19,20139968		0,033124935**

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\*\*Significación estadística (p<0,05).

En relación a la clase de edad 3 y el volumen total por hectárea (tabla 42), los resultados indican que la densidad en el suelo para el primer y segundo horizonte son significativos al 1%, al igual que la variable climática, porcentaje de humedad en el mes de enero.

En cuanto a la acidez de los suelos, específicamente para el horizonte 2, ésta es significativa al 5%.

Las cuatro variables mencionadas explican en un 99% a la variable dependiente, pero las de mayor peso son aquellas relacionadas con la densidad de los suelos.

**Tabla 42. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente volumen total (m<sup>3</sup>/ha)**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99999960	0,22033	6289E2	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	396,4273503	5,394937721	73,48135806	0,008663156	
Densidad H2	-1250,791742	1,715489664	-729,1164548	0,000873138*	
Densidad H1	1143,37557	2,377773435	480,8597628	0,001323918*	
Humedad enero	9,675680226	0,044858665	215,6925604	0,002951493*	
PH H2	-23,1643998	0,461519225	-50,19162486	0,012682107**	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2.

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\*Significación estadística (p<0,05).

Con respecto a la tabla 43, la acidez del suelo en el horizonte 2, la razón C/N (en el segundo horizonte) y la fisiografía del lugar tienen un 1% de significancia, de las cuales las dos primeras (pH H2 y C/N H2), son inversamente proporcionales al volumen total por hectárea.

Además, resultaron significativas al 5%, la acidez de los suelos en el primer horizonte, y la densidad de los suelos en el horizonte 2. En relación a estas últimas variables, la primera (pH H1) es directamente proporcional al volumen total por hectárea y la densidad en el horizonte 2, inversamente proporcional al volumen total por hectárea.

Todas estas variables explican en un 99% a la variable dependiente para la clase de edad 4, siendo de mayor importancia la acidez del suelo en el segundo horizonte.

**Tabla 43. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente volumen total (m<sup>3</sup>/ha).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99879528	17,54	331,63	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	4816,31174	137,8043161	34,95036928	0,000817643	
PH H1	677,305195	88,82824153	7,624885768	0,0167687721550465**	
Fisiografía	11,939773	0,559437605	21,34245701	0,00218818429857492*	
PH H2	-1263,61948	91,88264727	-13,7525367	0,00524573819711804*	
C/N H2	-48,4012814	3,96655623	-12,2023434	0,00664913421496749*	
Densidad H2	-595,296696	75,52776526	-7,8818259	0,0157185196876526**	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\*Significación estadística (p<0,05).



5.3.3.2 Resultado para los puntos de muestreo con tres horizontes presentes en las calicatas.

a) Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ).

Para la clase de edad 1 (tabla 44), la fisiografía, la actividad biológica en el horizonte 1 y materia orgánica en el horizonte 1, alcanzan un 5% de significancia cada una. En particular los incrementos medios anuales en volumen por hectárea, tienden a aumentar al haber mayor actividad biológica y mayores contenidos de materia orgánica en el primer horizonte del perfil. En conjunto las 3 variables logran explicar un 99% a la variable dependiente. Sin embargo el parámetro de mayor relevancia es la fisiografía del lugar.

**Tabla 44. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente incremento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ).**

REGRESIÓN	R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(3,1)	
	0,99944244	0,50401	597,51	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]
Constante	15,4369096	2,02871257	7,60921476	0,0831876
Fisiografía	-315,021662	7,75687228	-40,6119439	0,01567251**
DH H1	2,35531457	0,07368405	31,9650535	0,01990962**
Materia org. H1	3,71595745	0,1599013	23,2390696	0,02737748**

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*\*Significación estadística ( $p < 0,05$ ).

En la clase de edad 2 (tabla 45), se obtiene con un 5% de significancia, la Capacidad de Intercambio Catiónico en el horizonte 3 del perfil. A mayor CIC en el horizonte 3, la tendencia es que el incremento medio anual en volumen por hectárea, disminuya. Finalmente la CIC explica en un 99% a la variable dependiente en cuestión.

**Tabla 45. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente incremento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ).**

REGRESIÓN	R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(1,1)	
	0,99754580	,36413	406,46	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]
Constante	41,2978346	0,91858445	44,958125	0,01415795
CIC H3	-0,42154327	0,02090889	-20,1609551	0,03155101**

H1:HORIZONTE 1; H2:HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*\*Significación estadística ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a la clase de edad 3 (tabla 46), las variables resultantes producto del análisis, son la capacidad de retención de agua en el horizonte 1 (significativa al 1%) y la fisiografía de las localidades, ésta última con una significancia superior (14%).

Estas dos variables resultantes explican en un 98% a la variable dependiente estudiada.

**Tabla 46. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año).**

REGRESIÓN	R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(2,2)	
	0,98006153	0,63648	49,154	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]
Constante	42,5797913	2,0934409	20,3396195	0,00240848
CRA H1	-0,37862549	0,03838108	-9,86489866	0,01012006*
Fisiografía	-0,16554516	0,07180443	-2,30550061	0,14759068

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*Significación estadística (p<0,01).

De la tabla 47, la actividad biológica en los suelos para el primer horizonte y la precipitación anual son significativas al 1% para la variable dependiente en cuestión.

Detallando, mientras mayor sea la cantidad de mm anuales de precipitación en una localidad, los incrementos medios anuales en volumen por hectárea de las plantaciones de secoya se verían favorecidos. En cuanto a la actividad biológica, los resultados indican que es inversamente proporcional a la variable dependiente en cuestión.

La humedad del suelo y la acidez de éste, en el segundo horizonte, son significativas al 5%. Ambas variables son directamente proporcionales a la variable dependiente.

De las 4 variables, la que tiene mayor peso es la acidez del suelo en el segundo horizonte y en conjunto, explican al incremento medio anual en volumen por hectárea en un 99%.

**Tabla 47. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año).**

Regresión	R <sup>2</sup>	Desv. estándar residual	F(4,1)	
	0,99997542	0,06728	10170	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]
Constante	-5,76304251	0,85106408	-6,77157292	0,09333896
Humedad suelo H2	0,07107568	0,00277388	25,623171	0,0248328689485788**
DH H1	-0,02117888	0,00018056	-117,295688	0,00542734609916806*
Pp. anual	0,01003016	0,00013958	71,860704	0,00885850843042135*
PH H2	2,07770155	0,11916003	17,4362289	0,0364713706076145**

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\*Significación estadística (p<0,05).

b) Variable dependiente: Altura (m)

Con respecto a la variable dependiente altura, en la clase de edad 1 (tabla 48), se obtiene como variable significativa en un 10% al contenido de Magnesio en el horizonte 2. La actividad biológica en el horizonte 3 y la CIC son menos significativas, y están sobre el 10%. Las tres variables resultantes explican en un 99% a la altura para la clase 1 y es de mayor peso el contenido de Magnesio en el horizonte 2.

**Tabla 48. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente altura (m)**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(3,1)	
		0,99673687	0,55413	101,82	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	7,4151904	4,30803864	1,7212451	0,33506119	
Mg H2	1,11013593	0,11163559	9,94428314	0,06380418***	
DH H1	0,02108732	0,00416505	5,06292576	0,12414359	
CIC H3	-0,37453678	0,10387349	-3,60570129	0,1722305	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*\*\*Significación estadística (p<0,1).

La conductividad en el horizonte 1 (tabla 49) es la variable resultante para la clase de edad 2 con un 5% de significancia. La conductividad resulta inversamente proporcional al crecimiento en altura, es decir, a menor conductividad en el horizonte 1 del perfil, mejores perspectivas en cuanto a crecimiento en altura de las secoyas.

En general esta variable explica en un 99% a la variable dependiente altura.

**Tabla 49. Resultado del análisis de regresión para la Clase de edad 2: variable dependiente altura (m).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(1,1)	
		0,99447807	0,60335	180,10	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	29,2560464	0,53853494	54,3252518	0,01171735	
Conductividad H1	-0,11990432	0,00893475	-13,4199917	0,04735066**	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*\*Significación estadística (p<0,05).

Para la clase de edad 3 (tabla 50), se obtiene significancias sobre el 10% para la variable altura, esto no indica en ningún caso que las variables C/N en el horizonte 3, T° máxima en enero y C/N en el horizonte 2, no expliquen a la variable dependiente en cuestión, ya que al observar el R<sup>2</sup> indica que explican en un 98% a la variable altura.

El peso de las variables predictoras es similar en la función resultante, destacándose la razón C/N en el segundo horizonte.

**Tabla 50. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente altura (m).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(3,1)	
		0,98923376	1,2336	30,628	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	132,578351	17,1893809	7,71280548	0,08208273	
C/N H3	-1,17887934	0,62025485	-1,90063705	0,30834028	
T° max. enero	-2,21596477	0,51678547	-4,28797805	0,1458592	
C/N H2	-3,0464391	0,93353746	-3,26332819	0,18929921	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

Los resultados para la clase de edad 4 (tabla 51), indican que la humedad del suelo en el segundo horizonte y la razón C/N, en el horizonte 2 y 3, son significativas al 1%. En cambio la actividad biológica en los suelos del horizonte 3, lo es al 5%.

En efecto, a mayores contenidos de humedad en el horizonte 2 del perfil, las alturas de las secoyas tienden a ser mayores. Lo mismo sucede con la actividad biológica y la razón C/N, ambas del tercer horizonte. Por el contrario, mientras menores sean los valores de la razón C/N en el segundo horizonte, los incrementos en altura tienden a ser mayores. En conjunto las 4 variables resultantes explican en un 99 % a la variable altura.

**Tabla 51. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente altura (m).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
		0,99999141	0,08822	29106	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]	
Constante	15,5353352	0,30020083	51,7498072	0,01230035	
Humedad suelo H2	0,67411222	0,0021317	316,231579	0,00201313756406307*	
C/N H2	-2,9301205	0,02436049	-120,281671	0,00529261957854033*	
C/N H3	2,84674987	0,03168277	89,8516674	0,00708493823185563*	
DH H3	0,03170033	0,00113679	27,8858698	0,0228196978569031**	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\* Significación estadística (p<0,05).

### C) Variable dependiente: DAP (cm)

Con respecto al crecimiento en diámetro de las secoyas, se observa que para la clase de edad 1 (tabla 52), las variables predictoras no son significativas (al nivel significativo <= 10%), pero en conjunto explican en un 94% a la variable dependiente analizada.

**Tabla 52. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(3,1)	
		0,93790308	2,5656	5,0346	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]	
Constante	14,5108335	19,9748824	0,72645402	0,60003686	
Pendiente	0,29451448	0,10527754	2,79750542	0,21855561	
Elevación	-0,02784897	0,01441613	-1,93179225	0,30409473	
CIC H3	0,34375402	0,30165921	1,13954424	0,45853743	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

Los resultados para la clase de edad 2 (tabla 53), indican que la conductividad de los suelos en el primer horizonte, es significativa para el crecimiento en diámetro en un 5% y explica a la variable dependiente en un 99%.

**Tabla 53. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL		F(1,1)
		0,99968057	0,17054		3129,6
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	37,9667223	0,15221502	249,428229		0,0025523
Conductividad H1	-0,14127618	0,00252538	-55,9426123		0,01137866**

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*\*Significación estadística (p<0,05).

Para la clase de edad 3 (tabla 54) se obtiene que la acidez del suelo en el horizonte 3 y la conductividad en el horizonte 1, son significativas para el crecimiento en diámetro en un 5%. Ambas variables obtenidas explican en un 94% a la variable dependiente, pero es la acidez del suelo en el tercer horizonte la variable de mayor peso en esta función.

**Tabla 54. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL		F(2,2)
		0,94153197	3,0732		16,103
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	128,462428	14,5050224	8,8564102		0,0125105
PH H3	-14,1469689	2,6127329	-5,414625		0,03245708**
Conductividad H1	-0,06890775	0,01730254	-3,98252301		0,05765134**

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*\*Significación estadística (p<0,05).

Por último para la clase de edad 4, que la pendiente del sector muestreado es significativa en un 5% para el crecimiento en diámetro (tabla 55). El contenido de Azufre en los suelos, específicamente en el tercer horizonte, tiene una significancia mayor al 10%, pero la importancia de ésta es mayor, lo cual se puede verificar al notar el valor del coeficiente de regresión, el cual es notoriamente mayor que el coeficiente de regresión de la variable dependiente. En general las variables resultantes explican al crecimiento en diámetro en un 80%, valor bajo ya que en general se ha visto que este valor (R<sup>2</sup>), está por sobre un 95% en las regresiones hasta ahora analizadas.

**Tabla 55. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente Dap (cm).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL		F(4,1)
		0,80323583	5,1688		6,1233
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	64,0372334	5,05602558	12,665528		0,00106155
Pendiente	-0,59117362	0,21521866	-2,74685113		0,0709292814135551**
S H3	57,6053639	31,8835243	1,80674392		0,16853851

H1:HORIZONTE 1; H2:HORIZONTE 2

\*\*Significación estadística (p<0,05).

d) Variable dependiente: Volumen total (m<sup>3</sup>/ha)

Con respecto a la variable dependiente volumen total por hectárea, para la primera clase de edad (tabla 56), se obtiene que el contenido de materia orgánica en el horizonte 2 tiene un nivel de significancia de un 1%, luego con un 5% de significancia las variables: actividad biológica en el horizonte 2 (DH) y la razón C/N. Las 3 variables mencionadas explican en un 99% a la variable dependiente, siendo de mayor relevancia el contenido de materia orgánica en el horizonte 2 y la razón C/N en el tercer horizonte

**Tabla 56. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 1: variable dependiente volumen total (m<sup>3</sup>/ha)**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES.V. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(3,1)	
		0,99994596	3,3547	6167,7	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	1231,523293	18,69331267	65,88042014	0,00966252	
Materia org. H2	-167,8929491	1,769258862	-94,89450789	0,006708462*	
C/N H3	110,9475304	2,144422244	51,73772599	0,012303218**	
DH H2	3,062220541	0,243595591	12,57091941	0,050535843**	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\*Significación estadística (p<0,05).

Para la clase de edad 2 (tabla 57), la CIC en el horizonte 3, obtiene una significancia superior al 10%, pero es explicativa del volumen total por hectárea en un 91%.

**Tabla 57. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 2: variable dependiente volumen total (m<sup>3</sup>/ha).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES.V. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(1,1)	
		0,91426694	26,862	10,664	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	817,657653	67,7634043	12,0663603	0,05263959	
CIC H3	-5,03697208	1,54243612	-3,26559527	0,18917541	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

Con respecto a la clase de edad 3 (tabla 58), las variables capacidad de retención de agua en el horizonte 1 (CRA), elevación y pendiente, poseen una significancia superior al 10%; pero éstas explican a la variación en volumen en un 98%. Según el coeficiente de regresión obtenido, la pendiente es la variable de más peso para explicar, en la clase de edad 3, a la variable dependiente.

**Tabla 58. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 3: variable dependiente volumen total (m<sup>3</sup>/ha).**

REGRESIÓN		R <sup>2</sup>	DES.V. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(3,1)	
		0,98895641	114,85	29,850	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students	Prob> [ T ]
Constante	-587,16941	415,173462	-1,41427491	0,39181355	
CRA H1	10,759026	14,2808005	0,75339096	0,5889551	
Elevación	1,01297471	0,20305635	4,98863836	0,12594472	
Pendiente	29,8425234	8,70283653	3,4290571	0,18064471	

H1: HORIZONTE 1; H2: HORIZONTE 2; H3: HORIZONTE 3

Para la clase de edad 4, las variables explicativas para el volumen total por hectárea son, la humedad del suelo en el segundo horizonte, la actividad biológica en el primer horizonte, ambas significativas al 1% y luego al 5%, el contenido de Azufre en el primer horizonte y la precipitación anual (tabla 59).

Todas estas variables explican en un 99% a la variable dependiente en cuestión, pero se destaca el contenido de Azufre en el primer horizonte, cuyo coeficiente de regresión es muy alto en relación a los restantes.

**Tabla 59. Resultado del análisis de regresión para la clase de edad 4: variable dependiente volumen total (m<sup>3</sup>/ha).**

REGRESIÓN	R <sup>2</sup>	DESV. ESTÁNDAR RESIDUAL	F(4,1)	
	0,9999941	1,6019	42371	
Variable	Coef. de predicción	Desviación estándar estimada	Valor t	Valor t Students Prob> [ T ]
Constante	364,195336	6,69988955	54,3584089	0,0117102
Humedad suelo H2	4,56489769	0,06532685	69,8778194	0,00910984817892313*
DH1	-1,1060661	0,00503741	-219,570405	0,00289936782792211*
Pp . anual	0,54196179	0,00812578	66,6965824	0,00954429805278778**
S H1	-2540,81544	84,4060607	-30,1022868	0,0211407765746117**

H1:HORIZONTE 1; H2:HORIZONTE 2

\*Significación estadística (p<0,01).

\*\*Significación estadística (p<0,05).

5.3.4 Análisis de los factores edáficos que tienen mayor relevancia en el estado actual de las plantaciones de secoya para las áreas en estudio.

Para relacionar el estado actual de las plantaciones de secoya con las variables medio ambientales estudiadas, se considera influyentes en la productividad del rodal aquellas con significancias menores al 10% y dentro de éstas, aquellas cuyos coeficientes de regresión sean mayores, ya que los “betas” (B) indican el peso o influencia que tiene cada variable independiente sobre la dependiente (Sampieri *et al.*, 2001).

Conjuntamente se considera la frecuencia con que las variables independientes forman parte de las funciones resultantes para cada una de las clases de edad estudiadas.

5.3.4.1 Relación del estado de las plantaciones de secoya y los suelos bajo las localidades estudiadas.

A partir de las tablas resultantes de las regresiones múltiples efectuadas, las principales variables de sitio asociadas al crecimiento de las plantaciones de secoyas, son las que tienen relación con los factores edáficos. Entre éstos, los más significativos se indican en la tabla 60.

**Tabla 60. Variables más significativas del suelo para las variables de estado analizadas.**

VARIABLE DE ESTADO	VARIABLES SIGNIFICATIVAS DE SUELO	
<b>Volumen total por hectárea (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contenido de Azufre</li> <li>● Densidad del suelo</li> <li>● Acidez del suelo</li> <li>● Razón C/N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Actividad biológica</li> <li>● CIC</li> <li>● CRA</li> <li>● Humedad del suelo</li> </ul>
<b>Altura (m)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Razón C/N</li> <li>● Acidez del suelo</li> <li>● Humedad del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contenido de Magnesio</li> <li>● Densidad del suelo</li> <li>● CIC</li> </ul>
<b>Incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup>/ha/año)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contenido de Azufre</li> <li>● Humedad del suelo</li> <li>● CIC</li> <li>● Materia Orgánica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CRA</li> <li>● Acidez del suelo</li> <li>● Actividad biológica</li> <li>● Contenido de Magnesio</li> </ul>
<b>Dap (cm)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contenido de Azufre</li> <li>● Razón C/N</li> <li>● Acidez del suelo</li> <li>● Conductividad del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CIC</li> <li>● Contenido de Nitrógeno</li> <li>● Densidad</li> </ul>

Se discutirán las variables más significativas en relación al estado actual de las plantaciones de secoya basandose en dos parámetros dasométricos principales, en primer lugar el incremento medio anual en volumen, ya que se quiere incluir la edad de las secoyas en los análisis y porque, según Dyer *et al* (1987), la altura junto con el volumen son las variables más representativas de la calidad de sitio. En segundo lugar, la altura promedio, ya que según Contreras (1982) es independiente de la silvicultura y sirve para evaluar calidades de sitio.

● **Azufre**

El contenido de Azufre en el horizonte 1 es una de las variables de mayor importancia. Alcanza altos niveles de significancia para describir el estado actual en cuanto al incremento medio anual en volumen, Dap y volumen total por hectárea.

Al observar el coeficiente de regresión del Azufre en las respectivas funciones resultantes, se observa que toma valores altos en comparación al resto de las variables y se deduce que al disminuir el contenido de Azufre en el primer horizonte del perfil del suelo, las variables de estado del rodal antes mencionadas, aumentarán su dimensión ya que su relación es inversa a todos éstos parámetros.

El porcentaje de Azufre en el segundo horizonte, es una variable significativa al 10% para el incremento medio anual en volumen por hectárea y su relación es inversamente proporcional a éste.

Es claro que la relevancia del contenido de Azufre radica en el primer horizonte del perfil, por la cantidad de variables de estado que explica y por la importancia que adquiere en



cada ecuación resultante del análisis, lo cual es coherente con lo señalado por Pritchett (1991), que en los suelos forestales, la gran parte del Azufre se acumula en la materia orgánica de los horizontes superiores.

En la figura 24 se gráfica el comportamiento del incremento medio anual en volumen a medida que aumenta el contenido de Azufre promedio. Se observa que los incrementos medios anuales en volumen son menores en suelos con contenidos de Azufre mayores a un 0,16%, situación que es más evidente para las clases de edad 3 y 4. De la figura también se nota una disminución de los incrementos en suelos con contenidos de Azufre entre un 0,1% y 0,12%. De igual forma se advierte que para la clase de edad 1, los incrementos medios en volumen tienden a incrementarse a medida que aumenta el porcentaje de Azufre. Sin embargo, en general las secoyas bajo suelos con contenidos de Azufre inferiores al 0,16%, tienden a tener incrementos medios anuales en volumen más altos.

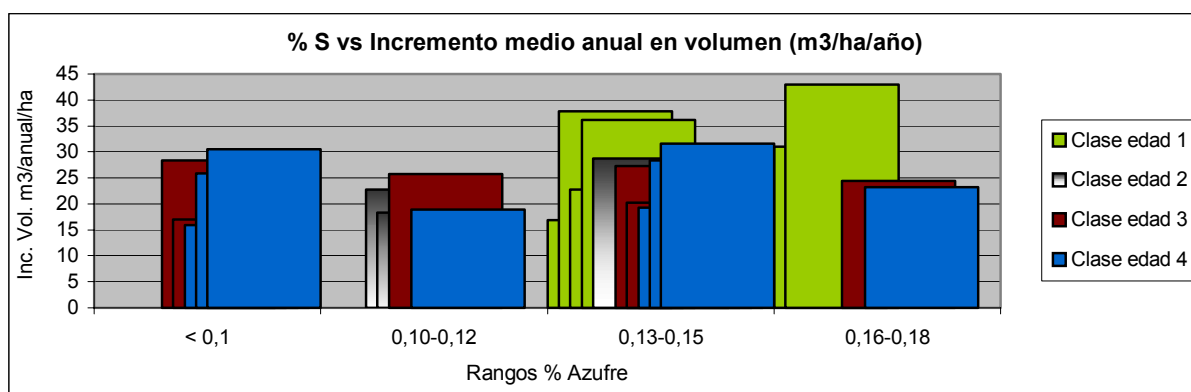


Figura 24. Porcentaje de Azufre promedio versus Incremento medio anual en volumen.

Al graficar la altura versus contenido promedio de Azufre en suelos de las localidades estudiada (figura 25), se observa que esta variable de estado adquiere un comportamiento más claro en relación al contenido de Azufre, en comparación al incremento medio anual en volumen en relación a dicho elemento. A medida que aumenta el contenido de Azufre, la tendencia es que las alturas de las secoyas sean superiores. Pero cuando los contenidos de Azufre promedio son superiores a 0,16%, las alturas tienden a disminuir.

Es importante rescatar que, según los resultados alcanzados en las regresiones paso a paso, el Azufre no es una variable significativa en cuanto al crecimiento en altura de la secoya. Pero como se considera que la altura de los árboles es una variable importante de sitio, se incluye en la discusión.

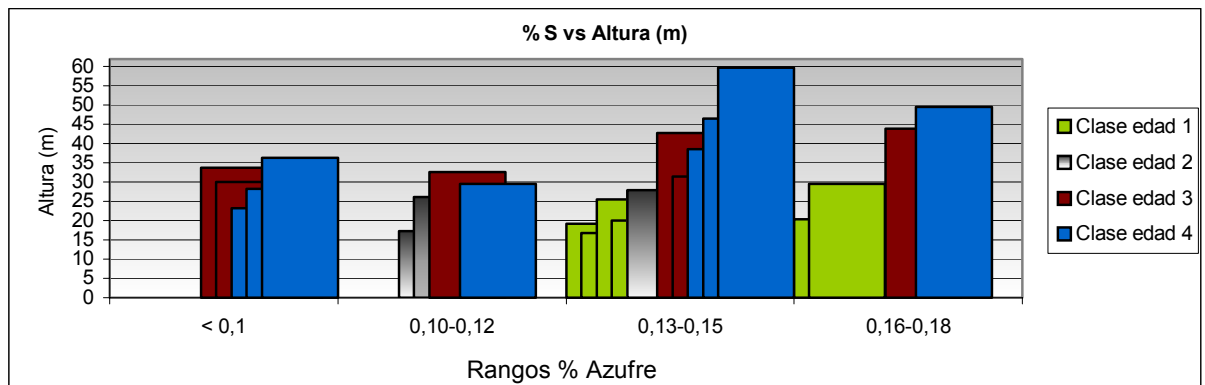


Figura 25. Porcentaje de Azufre promedio versus altura.

Al analizar la grafica del contenido de Azufre por localidad (figura 13), se observa que en las localidades de Voipir 24 sector II, Voipir 48 sector II, Voipir 54 sector II y Voipir 9 sector II b, se encuentran los suelos con mayor contenido de Azufre. Sin embargo al observar las variables dasométricas (tablas 12, 15, 17 y 19), se aprecia que las secoyas de estas localidades no se caracterizan por presentar crecimientos deficientes, incluso las localidades de Voipir 24 sector II y Voipir 9 sector II b, presentan la altura promedio mayor para sus respectivas clases de edad.

Por otra parte, el contenido de Azufre en los suelos está directamente relacionado, con la acidez de los suelos. Thompson (1982), señala que la aplicación de este elemento en suelos forestales, constituye el procedimiento corriente para bajar el pH de éstos. De lo anterior se deduce que suelos con altos contenidos de Azufre tienden a ser más ácidos, lo cual indica que los resultados obtenidos a partir de las regresiones en relación al Azufre son correctos, pues son coherentes y reafirman lo que señala Kannegiesser (1990), que los suelos optimos para plantaciones de secoya son los con pH 6,5, suelos debilmente ácidos. Sin embargo, en este estudio, situación que se discute más adelante, los resultados optenidos en relación al pH, indican que las secoyas presentan mayores crecimientos, en suelos que varían de moderadamente ácidos a fuertemente ácidos (figuras 31 y 32), lo cual podría indicar que importantes contenidos de Azufre en el suelo, no están afectando negativamente al crecimiento de la secoya.

La anterior sería interesante de profundizar en estudios futuros, ya que en las regresiones realizadas en este trabajo, la significancia y el peso del Azufre es alto y resulta inversamente proporcional a la productividad de la secoya.

- **Razón C/N**

La razón C/N, variable relacionada con el grado de mineralización de la materia orgánica, está dentro de los parámetros más importantes resultantes en este estudio.

En el primer horizonte del perfil, resulta significativa para las variables de estado, altura y diámetro, ambas significativas al 1%. En cuanto al segundo horizonte la razón C/N resulta significativa al 1%, para la altura y diámetro; y un 5% con respecto al volumen total por hectárea. En el tercer horizonte, la razón C/N es significativa al 1% para el crecimiento en altura y en 5% para el volumen total por hectárea.

Esta razón adquiere mayor importancia en el segundo horizonte del perfil, lo cual se puede afirmar debido a la cantidad de variables de estado que explica y por los valores de los coeficientes de regresión (B), que son muy superiores en relación a los valores de B que adquiere esta razón para los horizontes 1 y 3.

La relación que se da entre las variables de estado y la razón C/N en el segundo horizonte, es inversamente proporcional, lo que indica que a medida que va aumentando la calidad edáfica (la cual se refleja en el grado de mineralización de la materia orgánica), las variables de estado de las secoyas se verán favorecidas en cuanto a su dimensión.

Resulta lógico que la razón C/N esté altamente correlacionada con el contenido de Carbono y Nitrógeno en el suelo, así como también con el porcentaje de materia orgánica. Con éstas tres variables (%C, %N y %Mat. orgánica) la relación es directamente proporcional. Por lo cual, se puede derivar que estas últimas variables son significativas para el desarrollo de plantaciones de secoya, aunque no hayan sido parte de los resultados obtenidos a partir de las regresiones.

En la figura 26, se gráfica la razón C/N versus el incremento medio anual en volumen. De éste se puede observar que la mayoría de los suelos analizados corresponden a suelos de buena calidad edáfica (C/N entre 8 y 12) y que a medida que aumenta la razón C/N, los incrementos medios en volumen tienden a disminuir.

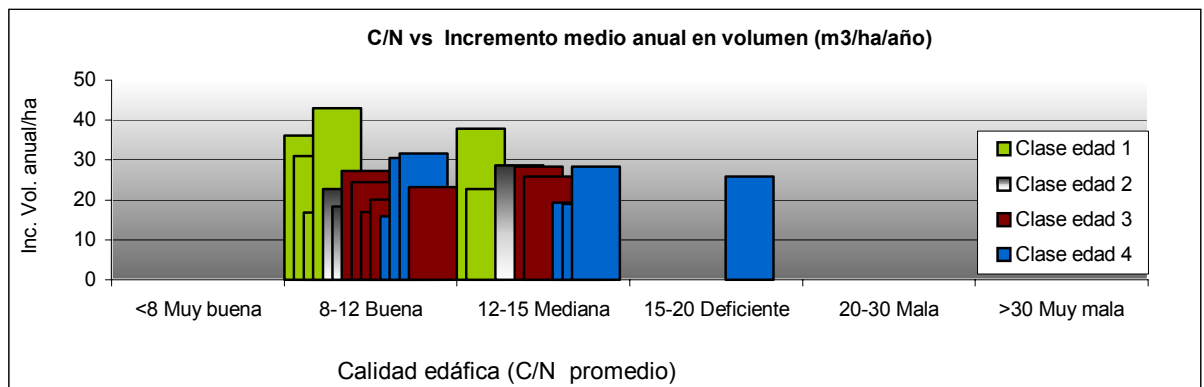


Figura 26. C/N promedio versus incremento volumétrico anual.

Al graficar la razón C/N versus altura de las secoyas (figura 27), se observa la misma tendencia que se da con la variable de estado antes discutida. Al aumentar la razón C/N, las alturas de las secoyas decrecen.

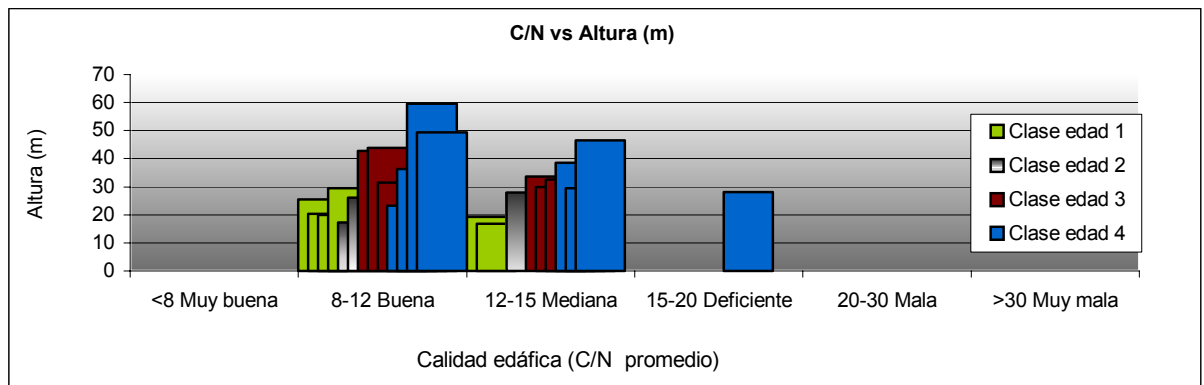


Figura 27. C/N promedio versus altura.

Al observar la grafica de la razón C/N por localidad (figura 14), se aprecia que esta razón en promedio tiende a estar bajo 15 en todos los horizontes del suelo, sin embargo en la localidad de Piedras Blancas, alcanza valores de 15,89 en el primer horizonte y 16,67 en el segundo, valores altos en comparación a las localidades restantes. Al observar la tabla 19, en que se encuentran las variables dasométricas de esta localidad, se aprecia que el crecimiento en diámetro y altura está dentro de los valores más bajos, con un crecimiento en altura de 28 m y un Dap de 42 cm, para la clase de edad 4.

Generalizando, suelos con una baja razón C/N son los que mejores perspectivas presentan para el desarrollo de plantaciones de secoyas. Lo interesante sería comparar éstos resultados con suelos de calidad edáfica muy buena ( $C/N < 8$ ) y ver que sucede con las variables de estado de las secoyas.

#### • Humedad del suelo

La humedad del suelo, es otra de las variables trascendentes en este estudio. En el primer horizonte, esta variable es significativa al 1% para el incremento anual en volumen. Sin embargo, la importancia de la humedad del suelo es mayor en el segundo horizonte del perfil, donde es significativa para las variables incremento medio anual en volumen, crecimiento en altura y volumen total por hectárea, todas ellas significativas al 1%. La relación que se da entre estas variables de estado y la variable de suelo es: mientras mayor sea el porcentaje de humedad del suelo, las plantaciones de secoyas tienden a crecer más.

En las figuras 28 y 29, se observa que los mayores incrementos medios anuales tienden a estar en los suelos con mayores porcentajes de humedad y claramente, los incrementos son menores en suelos que tienen porcentajes de humedad bajo un 30%. En relación al crecimiento en altura, el gráfico muestra que éstas son mayores en suelos con porcentajes de humedad mayor a un 40%, reafirmando los resultados obtenidos a través de las regresiones paso de este estudio.

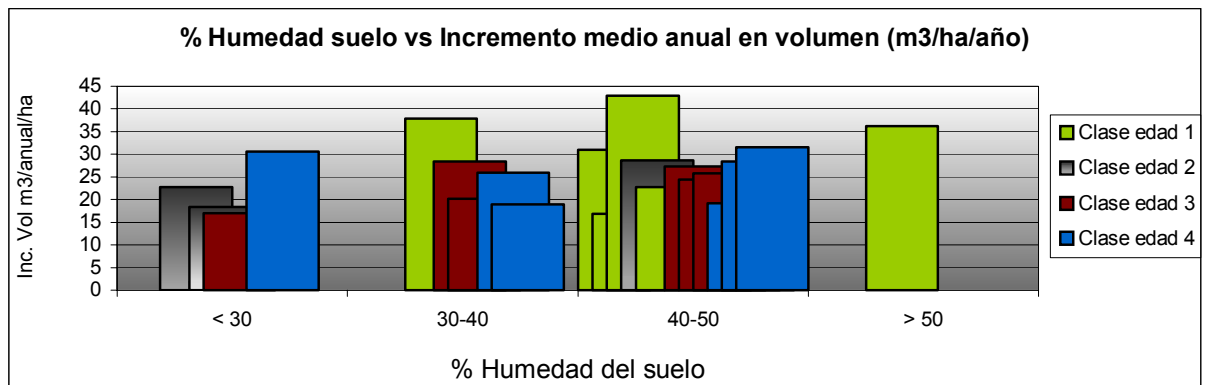


Figura 28. Humedad del suelo promedio versus Incremento medio anual en volumen.

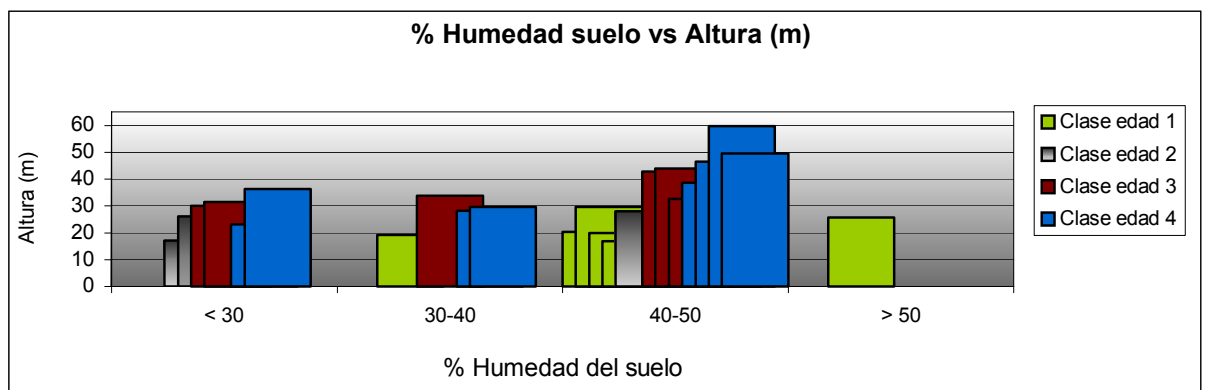


Figura 29. Humedad del suelo promedio versus altura.

Al analizar la gráfica de los contenidos de humedad de los suelos (figura 18), se observa que El Vergel presenta los contenidos de humedad más bajo en sus suelos, situación que es más crítica en el horizonte 2 y 3, con porcentajes de humedad bajo un 15%. Al examinar las variables de estado de esta localidad (tabla 19), se observa que el crecimiento en altura es el más bajo, con 23 m promedio. Lo mismo ocurre en relación al incremento medio anual en volumen con un valor de 16 m<sup>3</sup>/h/año.

En general las afirmaciones realizadas anteriormente, son compatibles con lo que señalan Olson *et al.* (1990), que las secoyas logran mayores crecimientos a lo largo de ríos, en planos costeros húmedos, en valles que se abren hacia el mar, sectores que se caracterizan por tener suelos con altos contenidos de humedad.

- pH

La acidez de los suelos constituye otra de las variables relevantes en este estudio. El pH en el horizonte 1 es significativo en un 1% para el crecimiento en diámetro, con la cual tiene una relación inversamente proporcional y un 5% para el volumen total por hectárea, con el cual tiene una relación directamente proporcional.

El pH en el segundo horizonte es significativo al 1% para el volumen total por hectárea, y presenta una relación directamente proporcional. También tiene significancia al 5% con el crecimiento en altura y con el incremento medio anual en volumen, con una relación inversamente proporcional con la primera variable y directamente proporcional con la segunda.

Por último, el pH en el tercer horizonte es una variable significativa al 5% para el diámetro promedio y su relación de proporción es inversa con esta variable de estado.

Sintetizando, se advierte que la acidez del suelo en el segundo horizonte, es de mayor relevancia, porque si se observan los valores de los coeficientes de regresión obtenidos para el primer y tercer horizonte, estos son notoriamente inferiores, en relación a los valores de los coeficientes del pH en el segundo horizonte.

Con respecto a la relación que existe entre el pH y las respectivas variables de estado, se advierte que en general ésta es inversamente proporcional, lo cual indica que las variables de estado se ven favorecidas al aumentar la acidez de los suelos.

Esto estaría rebatiendo lo señalado por Kannegiesser (1990), quien indica que los suelos óptimos para plantaciones de secoyas son los con pH 6,5 (suelos débilmente ácidos).

Junto con lo aquí expuesto, a partir de los resultados de las regresiones paso a paso, al observar las tablas de las variables dasométricas para cada localidad (12, 15, 17 y 19) y el gráfico de acidez de suelos (figura 20), se puede advertir que localidades en que los suelos presentan pH bajos, tienden a tener secoyas con crecimientos superiores. Contrariamente, la localidad El Vergel es uno de los rodales más bajos en cuanto a productividad, sin embargo, es el único rodal que presenta un pH promedio de 6,18 (suelos débilmente ácidos).

Lo último estaría reafirmando las derivaciones de que los suelos óptimos para plantaciones de secoyas, para las localidades estudiadas, están en el rango de suelos moderadamente ácidos a fuertemente ácidos.

Lo anterior se revalida al observar las figuras 30 y 31. En efecto, los suelos fuertemente y moderadamente ácidos presentan los mayores incrementos medios en volumen y las mayores alturas, incluso en la clase de edad 3 y 4 estos son levemente mayores en suelos fuertemente ácidos.

Es importante señalar que la acidez de los suelos está influenciada por la capacidad de retención de agua y densidad del suelo, variables que están dentro de las de mayor importancia en relación al estado actual de las plantaciones de secoya, según los resultados de este estudio.

Según Flores (1998), la acidez en el ecosistema forestal está asociado a situaciones de baja disponibilidad de nutrientes vitales como Ca, K y Mg. Esto último es un antecedente interesante, ya que según Olson *et al.* (1990), la secoya no crece bien en suelos con altas concentraciones de Magnesio. Lo que estaría indicando, junto con los resultados obtenidos en este estudio, que suelos fuertemente a moderadamente ácidos presentan mejores condiciones para el desarrollo de plantaciones de secoya.

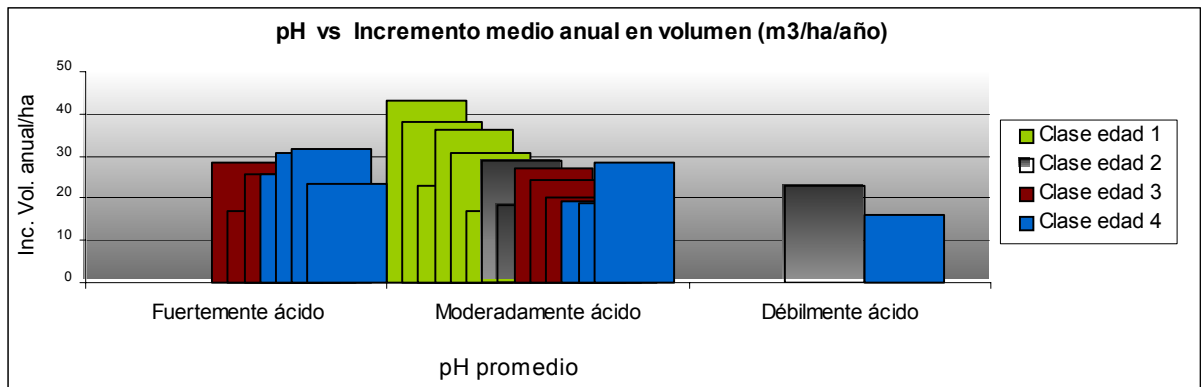


Figura 30. pH promedio versus Incremento medio anual en volumen.

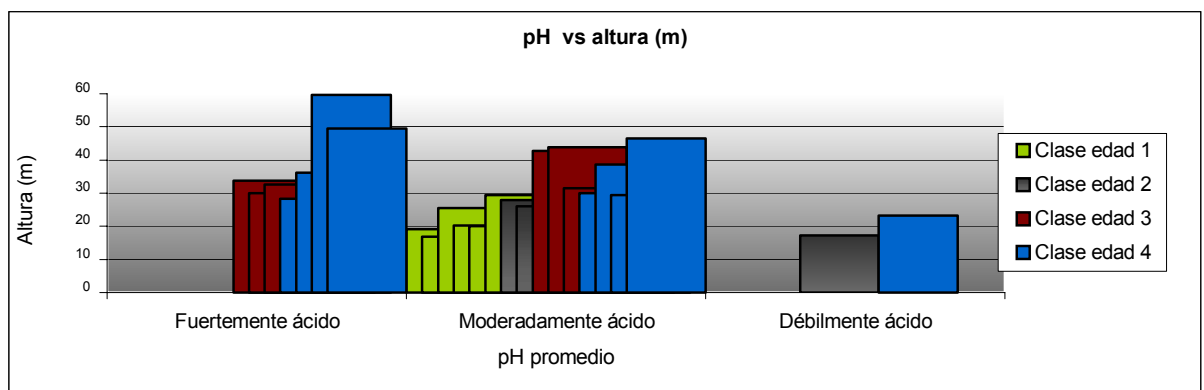


Figura 31. pH promedio versus altura.

- **Densidad del suelo**

La densidad de los suelos es otra de las variables cuyos coeficientes de regresión adquieren valores altos dentro de las funciones de regresión resultantes. Detallando, se observa que la densidad de los suelos es significativa en el primer y segundo horizonte del perfil.

La densidad en el horizonte 1 es significativa al 1% para las variables incremento anual volumétrico y volumen total por hectárea. En cuanto a la densidad en el segundo horizonte alcanza un nivel de significancia del 1% para el incremento anual volumétrico y el volumen total por hectárea, en cuanto al crecimiento en altura alcanza un nivel significativo del 5 % y con respecto al diámetro un 10%.

La diferencia entre estas dos variables, es que la densidad en el primer horizonte tiene una relación proporcional a los parámetros de estado del rodal, en cambio la densidad en el segundo horizonte tiene una relación inversa con las variables de estado antes mencionadas. Pero en general, al graficar la densidad aparente promedio del suelo, versus incremento medio anual en volumen y versus altura (figuras 32 y 33), se observa que los mayores valores para las variables de estado en cuestión, se encuentran para densidades bajo un 1,0 gr/cm<sup>3</sup>.

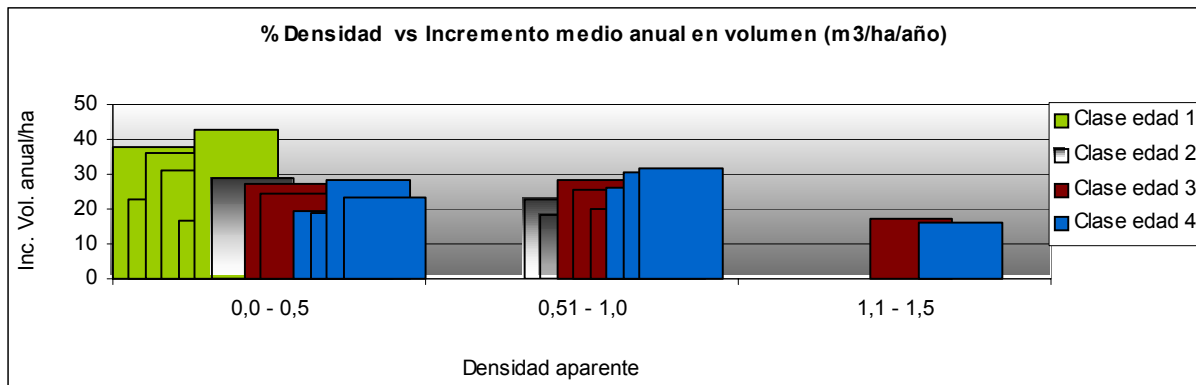


Figura 32. Densidad aparente del suelo versus Incremento medio anual.

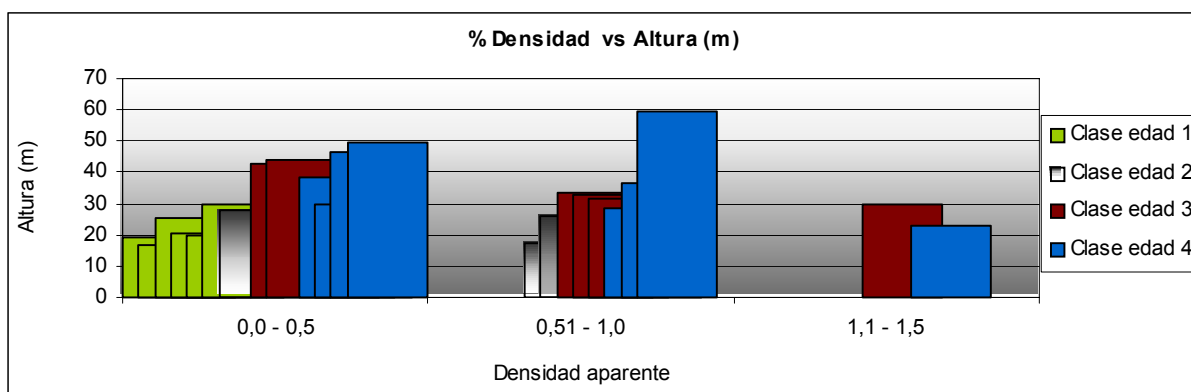


Figura 33. Densidad aparente del suelo versus altura.

En particular, al observar la figura 33, se aprecia que las alturas tienden a ser mayores bajo suelo con densidades aparentes bajo un 0,5 gr/cm<sup>3</sup>.

Las localidades que presentan suelos con los más altos valores de densidad son El Vergel y Llanacura (sobre 1,1 gr/cm<sup>3</sup>), valores de densidad aparente altos en relación a las otras localidades. Si se observan sus variables dasométricas (tabla 17 y 19), se ve claramente que estas secoyas presentan desarrollos bajos en comparación a las otras localidades de sus respectivas clases de edad.

Finalmente es interesante señalar que se encontró una alta correlación entre la densidad aparente del suelo y el contenido de azufre correspondientes al primer horizonte del perfil con una relación directamente proporcional.

- **Actividad biológica (DH)**

La actividad biológica de los suelos (DH), resultó significativa al 1% en el primer horizonte, para el volumen total por hectárea y un 5% para el incremento volumétrico anual. Con la primera variable dependiente su relación de proporción es inversa, en cambio con la segunda, es directa. En cuanto a la actividad biológica en el segundo horizonte, ésta es significativa al 5% para la variable dependiente volumen total por hectárea, con la cual es



directamente proporcional, para la clase de edad 1 e inversamente proporcional para la clase de edad 2. Con respecto al tercer horizonte, la actividad biológica es significativa al 5% con la variable crecimiento en altura, con la cual también posee una relación directamente proporcional.

La actividad biológica en el primer horizonte explica mayor cantidad de variables de estado y obtiene significancias mayores, junto con lo anterior, la DH va disminuyendo notoriamente al ir bajando en los horizontes, es por esto que se considera de mayor interés abocarse a lo que sucede en el primer horizonte del perfil con esta variable. Siendo además, congruente con Pritchett (1991), pues señala que la máxima concentración de actividad microbiana se halla en los pocos centímetros superficiales de los suelos forestales.

En primer lugar las relaciones de proporción no son claras entre las variables de estado y la DH, pero si se analiza en detalle, se puede evidenciar que la relación de proporción es directa. Esto se afirma, por los resultados que se obtiene para la variable humedad del suelo, que a medida que ésta aumenta, los crecimientos de secoya tienden a ser superiores. Dependencia que queda más clara al citar a Schlatter (1981), quien señala que mientras mayor es la humedad y la temperatura del suelo, mayor es la actividad biológica. En consecuencia, la humedad del suelo afecta a la actividad microbiana, por lo tanto, por transitividad, altos niveles de actividad biológica en el primer horizonte es beneficioso para las plantaciones de secoya, también al haber mayor actividad biológica implica mayor síntesis de elementos nutritivos, los cuales quedan a disponibilidad de las plantaciones de secoyas.

Sin embargo, al observar la gráfica de este parámetro (figura 34), se puede evidenciar que el incremento medio anual en volumen presenta los valores más altos en los rangos de actividad biológica extremos, es decir entre 0 y 50 ug de formazan/g de suelo seco y valores superiores a 600 ug de formazan/g de suelo seco. No se aprecia claramente la relación directamente proporcional entre el DH y el incremento medio anual en volumen de las secoyas.

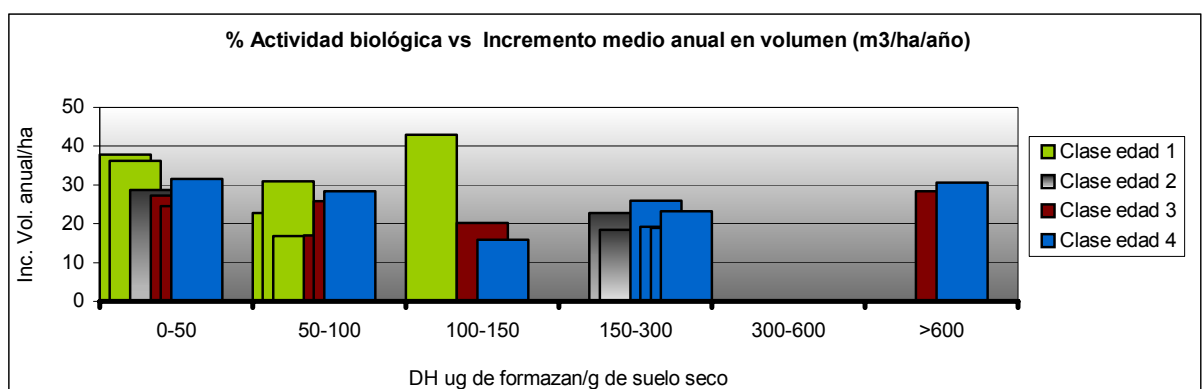


Figura 34. Actividad biológica versus Incremento medio anual en volumen.

En relación a la variable de estado altura, del gráfico (figura 35), se deduce que existe una relación inversa entre la altura y la actividad biológica de los suelos, situación que se da en la clase de edad 3 y 4, ya que se aprecia una leve disminución en las alturas de las

secoyas a medida que aumenta la actividad biológica. Pero si se observa el comportamiento de las altura para las clase de edad 1 y 2, existe una leve tendencia a que éstas aumenten a medida que aumenta la actividad biológica en los suelos.

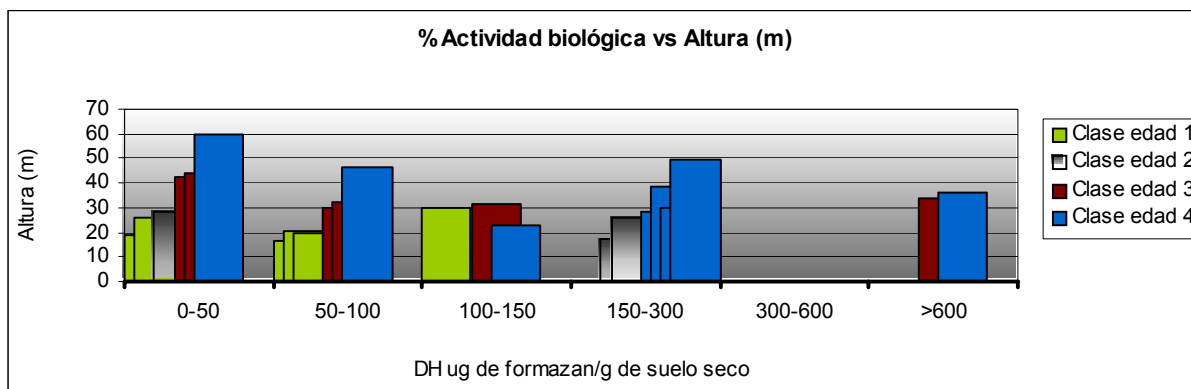


Figura 35. Actividad biológica versus altura.

No obstante, al analizar el gráfico de la actividad biológica para cada horizonte (figura 15), se aprecia que los suelos con mayor DH corresponden a los de Quechuco y las Palmas, con valores muy superiores en relación a las demás localidades, luego si observamos sus valores dasométricos (tablas 17 y 19), el incremento medio anual en volumen en cada una de estas localidades, está entre los valores más altos para sus respectivas clases de edad.

Sintetizando, el comportamiento de las variables de estado de las secoyas en relación a la actividad biológica en los suelos no es clara, sin embargo, recogiendo todos los puntos antes discutidos, con respecto a la variable en cuestión, se podría afirmar que la actividad biológica es de mayor relevancia para las plantaciones de secoyas, en el primer horizonte del suelo y que mientras mayor sea ésta, mejores perspectivas para estas plantaciones.

#### • Contenido de Magnesio

El contenido de Magnesio en el primer horizonte, es significativo al 1% para el volumen total por hectárea, presentando una relación inversamente proporcional, situación reafirmada por Olson *et al.* (1990), quien indica que la secoya no crece bien en suelos con altas concentraciones de Magnesio. Contrariamente, la variable dependiente altura, para la cual es significativa al 1%, resultó directamente proporcional al contenido de Magnesio en el primer horizonte.

Con respecto al Magnesio en el segundo horizonte, éste resultó significativo al 10% para la variable altura y su relación de proporción es directa.

En el gráfico de la figura 36 se observa que los mayores incrementos volumétricos se encuentran en suelos con contenidos de Magnesio entre 20 y 40 cmol/kg, por sobre estos valores los incrementos tienden a disminuir.

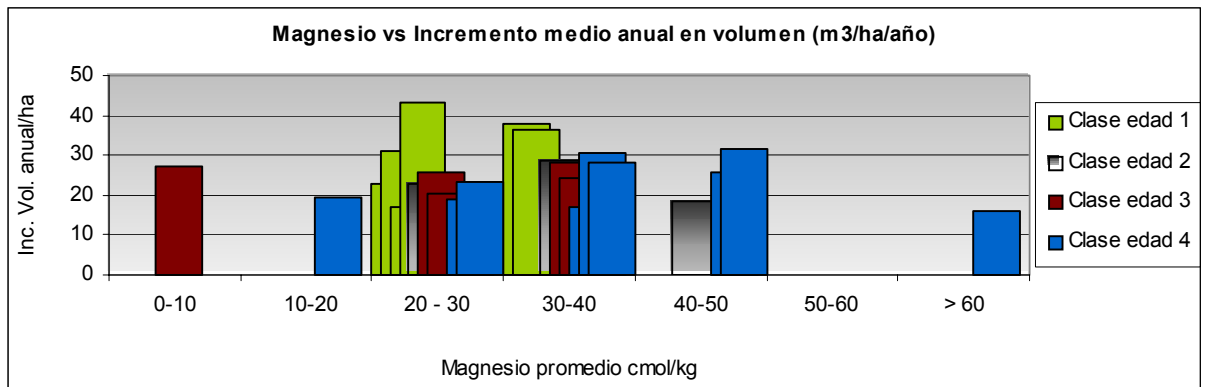


Figura 36. Magnesio promedio versus incremento medio anual en volumen.

Al graficar este parámetro versus la altura de las secoyas (figura 37), se puede apreciar que en la clase de edad 1, las mayores alturas se encuentran bajo 40 cmol/kg de Magnesio en el suelo, sobre este valor las alturas tienden a disminuir. Sin embargo para las clases de edad restantes, la variación de alturas entre las distintas concentraciones de Magnesio, no obedece a una tendencia en particular, pero se puede advertir, que los contenidos de este elemento deben estar bajo los 50 cmol/kg.

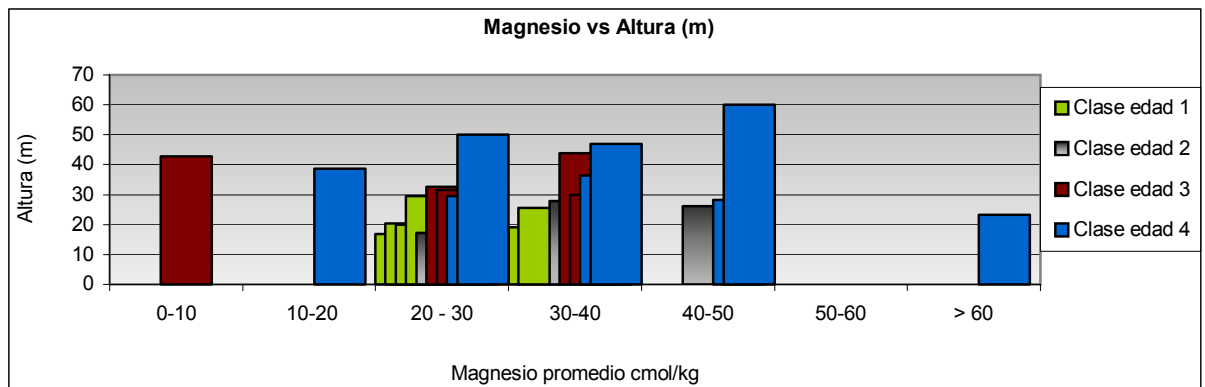


Figura 37. Magnesio promedio versus altura.

Además, al observar la gráfica del contenido de Magnesio para cada uno de los horizontes (figura 19), se puede notar que la localidad del Vergel posee los más altos contenidos de Magnesio en sus suelos y las variables de estado más deficientes (tabla 19).

En este punto es importante discutir lo que sucedió con el Fósforo disponible en los suelos, variable que resultó altamente correlacionada con el contenido de Magnesio (correlación =1), lo cual llevó a excluir ésta variable del análisis. Esto para evitar resultados ambiguos, ya que la representatividad de este elemento en las diferentes localidades era mínima (sólo El Vergel presenta Fósforo disponible en sus suelos). Resulta importante recordar que la localidad de El Vergel es la única que no presenta suelos de origen volcánico, situación que explica lo antes señalado, ya que Zunino y Borie (1985), indican que los suelos derivados de ceniza volcánica se caracterizan por la fijación del fósforo, quedando no disponible para las plantas.

Es de interés para próximas investigaciones estudiar en profundidad lo que sucede con el Fósforo disponible en los suelos, en relación a las plantaciones de secoyas. Por ahora sólo se puede mencionar que existe una alta correlación entre el Fósforo y el Magnesio y que altas concentraciones de Magnesio en el suelo no benefician el crecimiento de las secoyas.

- **Conductividad de los suelos**

La conductividad del horizonte 1 es importante para las variables de estado, ésta es significativa al 5% para el crecimiento en diámetro y el crecimiento en altura. Ambas variables son inversamente proporcionales a la conductividad en el horizonte 1.

En la figura 38, se puede notar que los mayores valores se encuentran entre el rango 20-40 us y en general, por sobre los 60 us la variable dependiente tiende a disminuir. Esta tendencia se reafirma más aún en la figura 39, ya que a medida que aumenta la conductividad en los suelos, las alturas tienden a disminuir.

De esta forma, se confirma la relación inversa entre las variables de estado y la conductividad del suelo obtenida a través de las regresiones paso a paso.

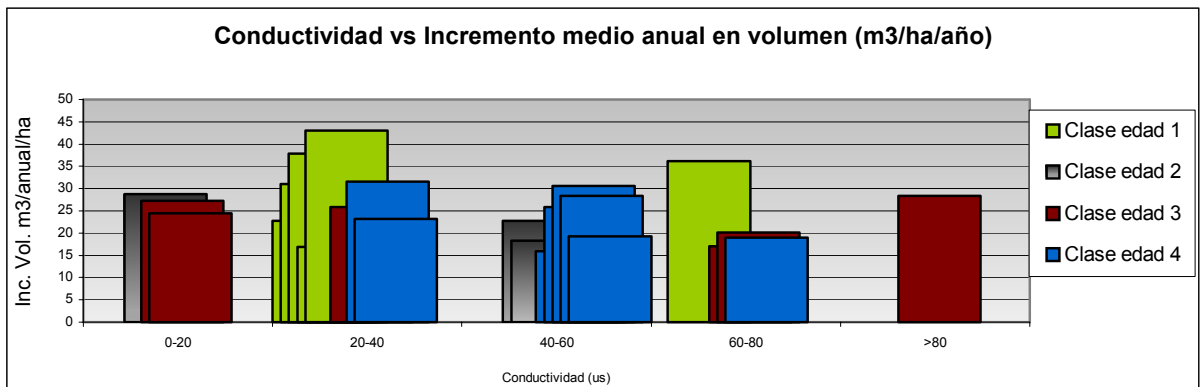


Figura 38. Conductividad versus incremento medio anual en volumen.

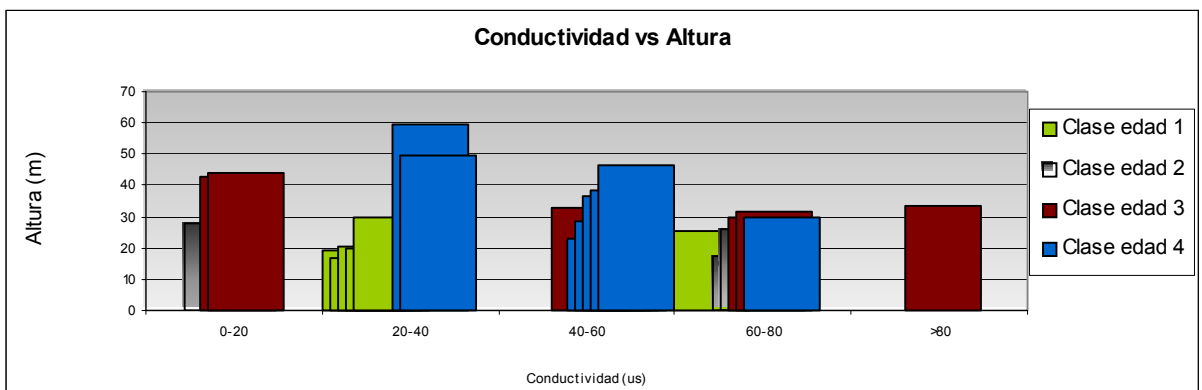


Figura 39. Conductividad versus altura.

Si se observa el gráfico de la conductividad de los suelos para cada localidad (figura 21), específicamente los valores del primer horizonte, se aprecia que las localidades de Voipir 9 sector II a y b, Voipir 18 sector II y Voipir 67 sector II, presentan valores de conductividad bajo 20 us. Valores notablemente más bajos que los valores de conductividad para el primer horizonte de las localidades restantes. Contrariamente la localidad de Las Palmas presenta el valor más alto con 251 us para el primer horizonte.

En general en las localidades antes mencionadas, con conductividad bajo 20 us en el primer horizonte del suelo, las secoyas presentan desarrollos que están por sobre el promedio, para sus respectivas clases de edad (tablas 12, 15 y 17).

De todo lo anterior se puede señalar que, la conductividad de los suelos cobra mayor importancia para las plantaciones de secoyas en el primer horizonte del perfil y que mientras mayor sea la conductividad de los suelos, los desarrollos de estas plantaciones tenderán a ser menores.

- **CIC**

La Capacidad de Intercambio Catiónico presenta valores significativos para las variables de estado, en el segundo y tercer horizonte del perfil analizado. En efecto, la variable CIC, en el segundo horizonte es significativa al 1% para el incremento medio anual en volumen y volumen total por hectárea.

El CIC en el tercer horizonte, es significativo al 5% para el incremento medio anual en volumen.

En el segundo horizonte el parámetro presenta una relación directa con el incremento volumétrico anual y el volumen total por hectárea, en cambio el CIC en el tercer horizonte presenta una relación inversa con respecto al incremento volumétrico anual.

En las figuras 40 y 41, se puede notar que suelos con CIC entre los valores 40% y 60%, presentan las secoyas con mayores incrementos medios anuales en volumen y las alturas dominantes de mayor tamaño.

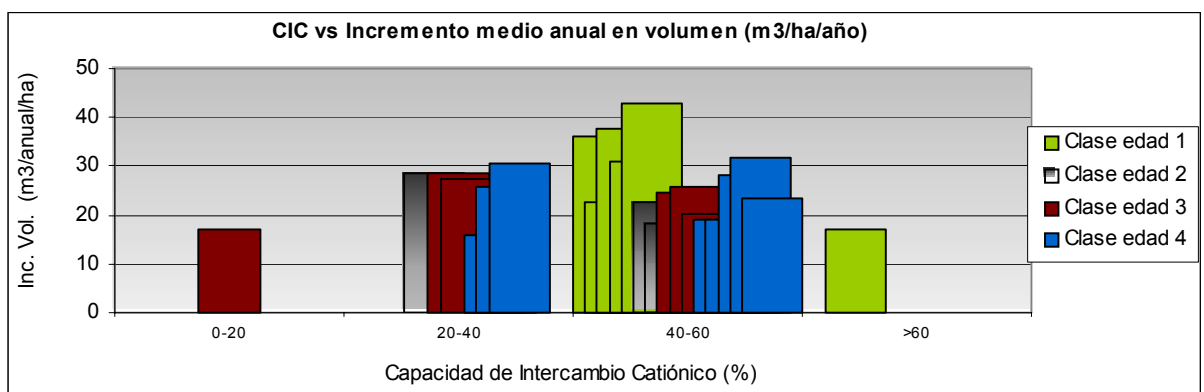


Figura 40. % CIC versus incremento medio anual en volumen.

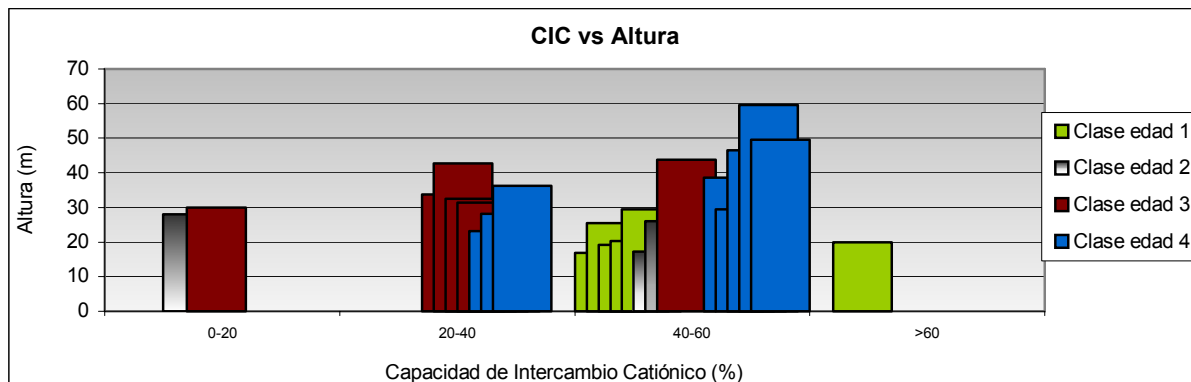


Figura 41. % CIC versus altura.

Según Flores (1998), la magnitud de la CIC está influenciada por la acidez del suelo, dependiendo del tipo de arcilla presente en él, o cual implica que está directamente relacionado con el nivel de acidez de los suelos.

Se constató que en general los suelos que son fuertemente ácidos (figura 16), tienden a presentar los valores de CIC más bajos. Entre estas localidades están Llanacura, Piedras Blancas y Las Palmas (figura 20), esto no deja de ser interesante ya que en el ítem de pH del suelo, se había discutido que suelos fuerte a moderadamente ácidos, eran los más indicados para las secoyas, sin embargo en este punto se discute que mientras más alta la CIC en el suelo, mejores condiciones para la secoya, no obstante si se analizan las variables dasométricas para las localidades antes mencionadas (tablas 17 y 19), no se observan valores importantes en relación al resto de las localidades, incluso en general la localidad de Llanacura presenta los más bajos.

La Capacidad de Intercambio Catiónico en los suelos, es significativa para el crecimiento de las secoyas, en el horizonte 2 y 3 del suelo, donde porcentajes bajo un 60% favorecen al desarrollo de plantaciones de secoyas.

- **CRA**

La Capacidad de retención de agua en el primer horizonte es significativa al 1% para el incremento medio anual en volumen con una relación inversamente proporcional. Para el crecimiento en altura, la CRA resultó significativa al 10% y su relación de proporción es directa.

Los resultados obtenidos, permiten afirmar que a medida que aumenta la capacidad de retención de agua en los suelos, las plantaciones de secoyas se desarrollan mejor, lo cual se corrobora al observar los gráficos de la figuras 42 y 43. En ambos se aprecia esta tendencia ya que se advierte que los porcentajes de CRA más altos son los que mejores desarrollos en cuanto a incremento anual en volumen y altura presentan.

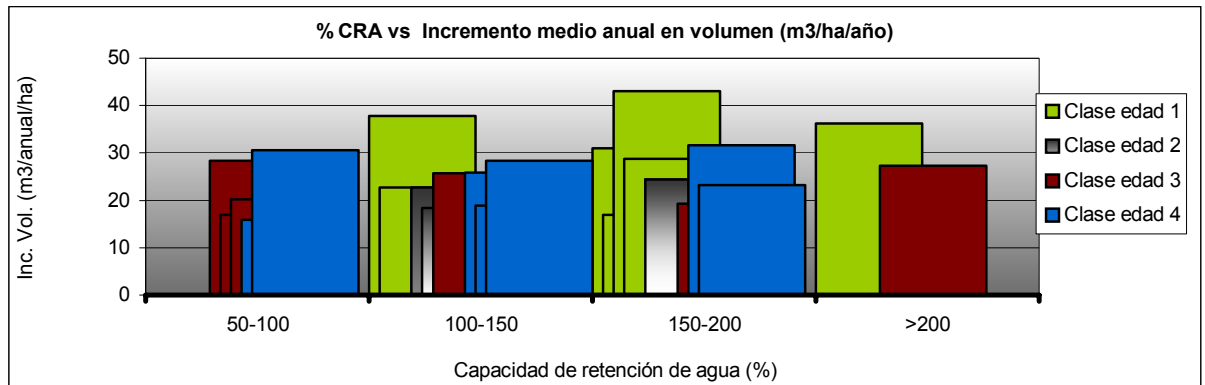


Figura 42. % Capacidad de retención de agua versus incremento medio anual en volumen.

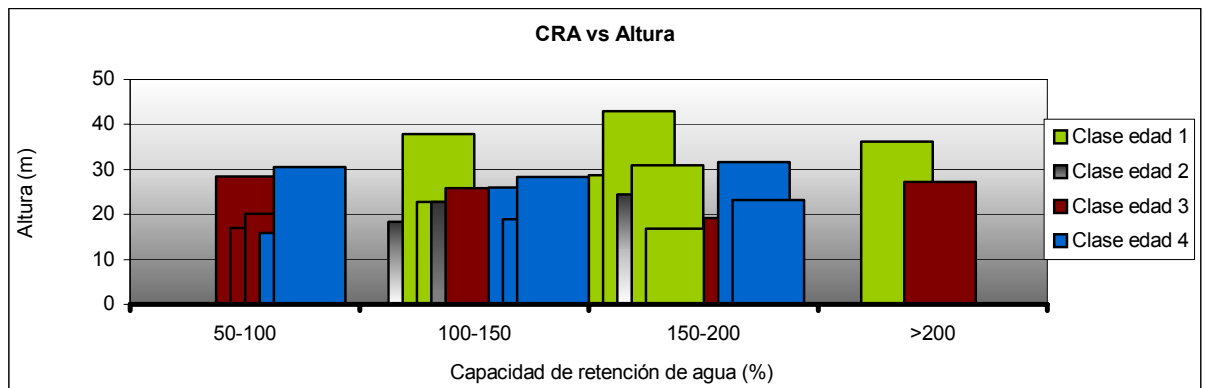


Figura 43. % Capacidad de retención de agua versus altura.

Junto con lo anterior, si observamos el gráfico de CRA (figura 17), para cada uno de los horizontes, se advierte que las localidades que presentan suelos con mayor capacidad de retención de agua (CRA), son Voipir 9 sector II a, Voipir 9 sector II b y Voipir 67 sector II, sectores con plantaciones de secoya de desarrollos mayores, para sus respectivas clases de edad.

De las tablas en que se detallan las variables dasométricas, Voipir 67 sector II (tabla 12), presenta valores que están entre los más altos para la clase de edad 1 (Dap, altura e incremento medio anual en volumen). Con respecto a Voipir 9 sector II a, presenta los valores más altos de su clase de edad en cuanto al diámetro e incremento medio anual en volumen y en cuanto a Voipir 9 sector II b, el valor más alto en cuanto a la altura de los árboles del rodal (tabla 17).

- **Materia Orgánica**

Con respecto a la materia orgánica, los resultados indican que es significativa al 5% para el incremento medio anual en volumen en el primer horizonte del perfil. A mayores contenidos de materia orgánica en el primer perfil mayores incrementos. En el segundo

horizonte del perfil, es significativa al 1% para el volumen total por hectárea y su relación es inversamente proporcional.

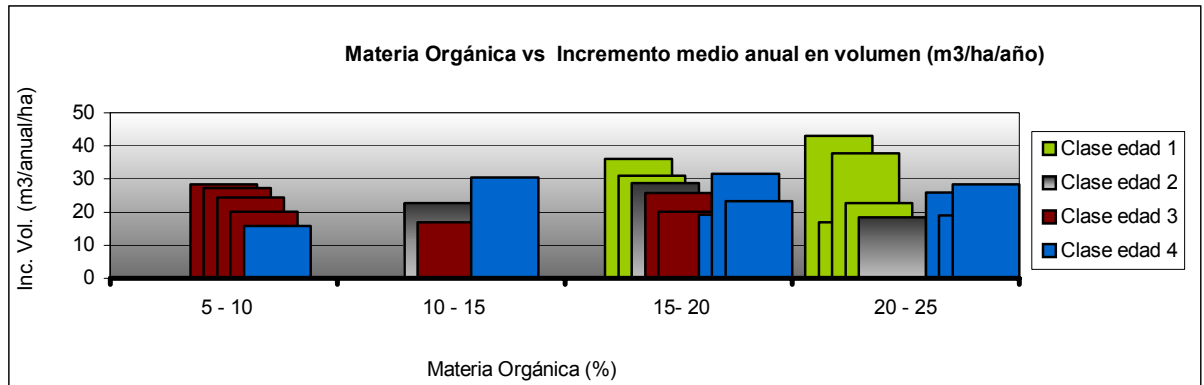


Figura 44. Materia orgánica versus incremento medio anual en volumen.

Al observar el gráfico de la figura 44, se puede notar que, contenidos de materia orgánica en los suelos mayores a un 15%, son lo que presentan los mayores incrementos medios anuales en volumen para las localidades estudiadas. Complementariamente en la figura 45, en que se gráfica la materia orgánica versus la altura de las secoyas dominantes, se aprecia que éstas son mayores en suelos con contenidos de materia orgánica entre un 15% y un 20%.

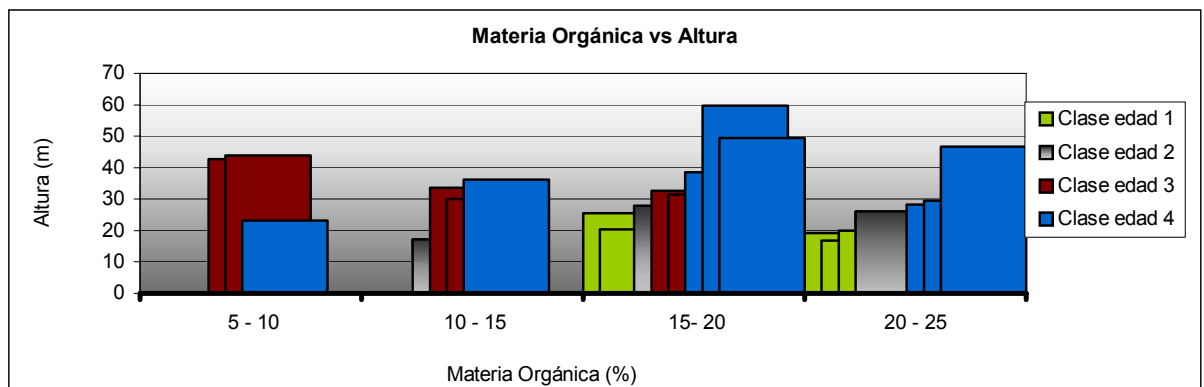


Figura 45. Materia orgánica versus altura.

Según Pino (1992), la materia orgánica tiene influencia en aspectos nutricionales; en aspectos físico-químicos; en la Capacidad de Intercambio Catiónico y la Capacidad de Buffer de los suelos; en la formación de agregados y estabilidad de la estructura del suelo, promoviendo el crecimiento de raíces, la aireación e infiltración y por último la retención del agua.

Todo lo anterior indica que es una variable favorable en la productividad de las plantaciones y que es importante mantener niveles adecuados de este parámetro.

Por lo tanto, según los resultados expuestos, la importancia de la materia orgánica radica en el primer y segundo horizonte del suelo, donde altos contenidos de ésta benefician al desarrollo de las plantaciones de secoya.



- **Nitrógeno**

El contenido de Nitrógeno en los suelos tiene relevancia sólo en el primer horizonte, para la variable de estado Dap (con un 5% de significancia) y presenta una relación inversamente proporcional.

Es importante señalar que el Nitrógeno en el horizonte 1, está altamente correlacionado con el contenido de Carbono, Materia Orgánica y Azufre y su relación es directa.

En la figura 46, se observa que la mayoría de las localidades poseen porcentajes de Nitrógeno bajo un 0,6% y que por sobre este porcentaje el incremento en cuestión tiende a disminuir.

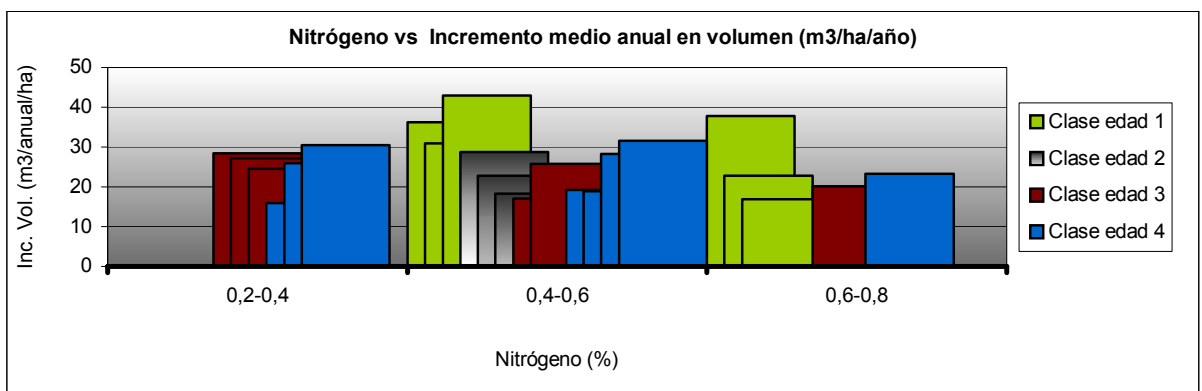


Figura 46. % Nitrógeno versus incremento medio anual en volumen.

Al graficar el contenido de Nitrógeno promedio en el suelo versus la altura de las secoyas (figura 47), se puede observar más claramente la relación inversa que dictan los resultados de las regresiones realizadas. Ya que las alturas tienden a disminuir a partir de concentraciones de Nitrógeno superiores al 0,6%.

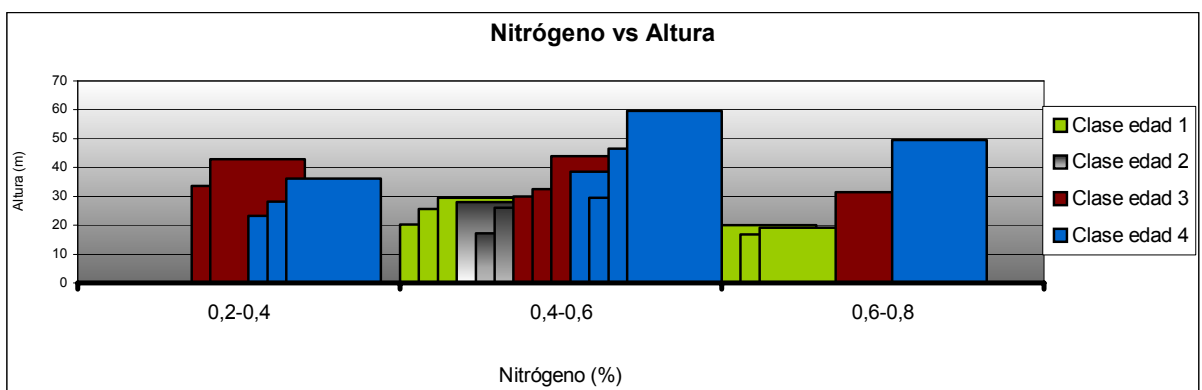


Figura 47. % Nitrógeno versus altura

Resumiendo; el contenido de Nitrógeno en los suelos cobra mayor importancia en el primer horizonte del suelo y son recomendables para plantaciones de secoyas aquellos suelos con porcentajes de Nitrógeno bajo un 0,6%.

Sin embargo, al reparar en la figura 10, en que se grafica el contenido de N, para cada localidad, específicamente los valores en el horizonte 1, se aprecia que la localidad de El Vergel es la que presenta los contenidos de N más bajos en el horizonte 1 (0,32%), lo cual no es coherente con lo señalado anteriormente (respecto a contenidos bajo el 0,6%, en el horizonte 1), ya que como se ha indicado repetidas veces las secoyas de El Vergel son las que presentan crecimientos más deficientes.

Contrariamente las localidades de Voipir 34 sector II y Voipir 39 sector II, sectores donde las secoyas tienen crecimientos superiores, presentan porcentajes de N sobre los 0,6% en el horizonte 1, específicamente, 0,76% y 0,81% respectivamente.

Estos antecedentes estarían rebatiendo lo señalado inicialmente, respecto del contenido de Nitrógeno y su relación con las plantaciones de secoya.

En la figura 48, se gráfica el porcentaje de Nitrógeno en el primer horizonte versus el incremento anual en volumen, de modo de poder interpretar de mejor forma la relación que tiene el N en el primer horizonte con el desarrollo de las secoyas. De éste se observa que la mayoría de las localidades poseen porcentajes de Nitrógeno entre 0,6% y 1 % y que a mayores porcentajes de Nitrógeno en el horizonte 1, los incrementos volumétricos anuales tienden a aumentar.

Con todo lo antes señalado es posible aseverar que en general, contenidos de N son importantes para el crecimiento de la secoya. En efecto, en el horizonte 1, porcentajes de N sobre el 0,6% y al considerar los tres horizontes del perfil, el promedio de N en el suelo debe ser bajo el 0,6%.

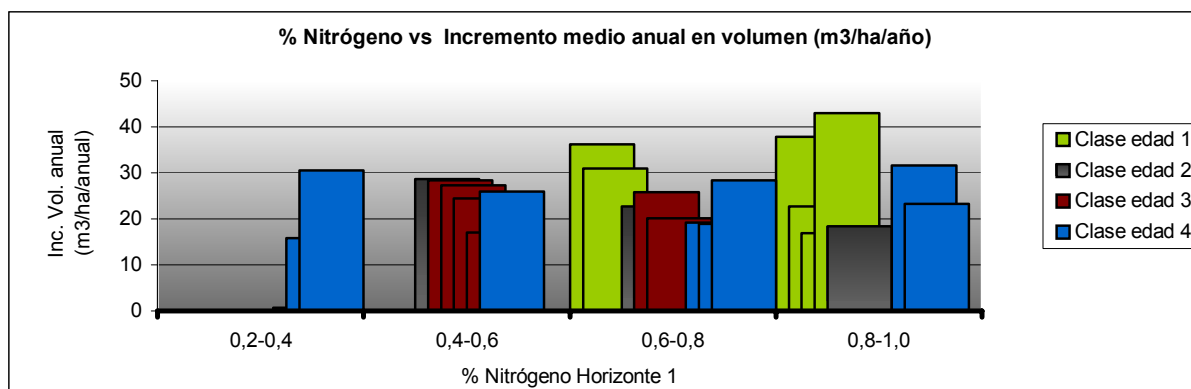


Figura 48. % de Nitrógeno versus incremento medio anual en volumen.

• **Profundidad del suelo**

La profundidad resultó significativa al 1%, para la variable crecimiento en altura con la cual es directamente proporcional, lo que indica que los suelos con mayor profundidad presentan mejores perspectivas para desarrollo de plantaciones de secoya.

Lo antes afirmado es coherente con lo señalado por Hoffmann (1993), que los suelos de la región de donde son originarias las secoyas, son suelos profundos. Asimismo con lo que señala Kannegiesser (1990), que la secoya requiere de suelos profundos y bien drenados.

Todo lo anterior se reafirma al observar las figuras 49 y 50, donde se advierte que los mayores valores de las variables de estado en cuestión, se encuentran en suelo muy profundos. Por otro lado los gráficos indican que la mayoría de las localidades muestreadas en este estudio, presentan suelos muy profundos a profundos.

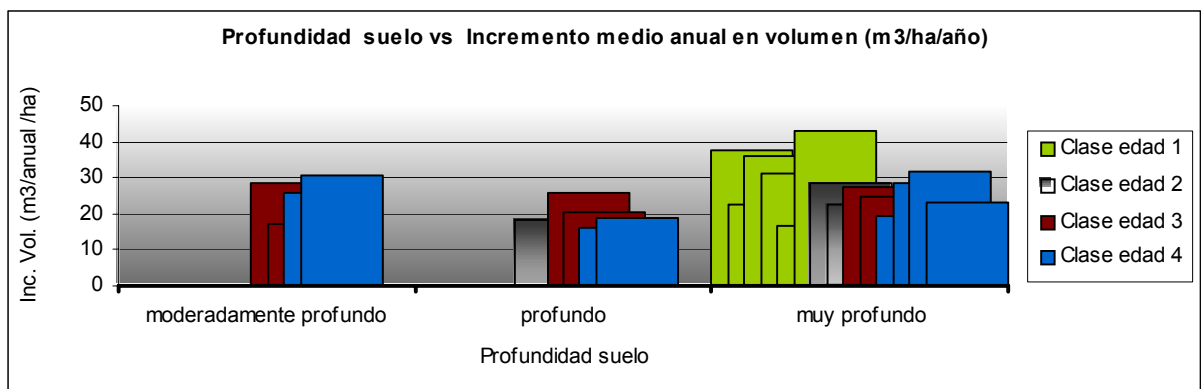


Figura 49. Profundidad del suelo versus incremento medio anual en volumen.

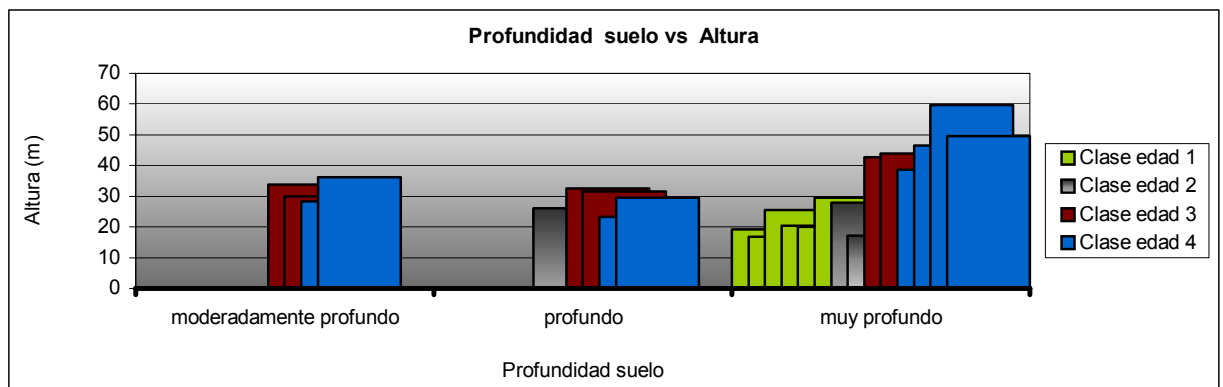


Figura 50. Profundidad del suelo versus altura.

- **Drenaje**

El drenaje de los suelos, resulta importante en relación al drenaje interno y es significativo al 10% para el crecimiento en diámetro. De las funciones resultantes, se obtuvo una relación inversa con la variable dependiente, sin embargo, la mayoría de las plantaciones muestreadas se sitúan en suelos con drenajes moderados a rápidos, siendo los suelos con drenaje interno rápido, los que mejores perspectivas presentan para las plantaciones de secoya estudiadas. Lo último señalado se puede observar en las figuras 51 y 52, en que se grafican el drenaje interno versus incremento medio anual en volumen y drenaje

interno versus altura, respectivamente. Los suelos con drenaje interno rápido son los que mayores valores de las variables de estado en cuestión presentan.

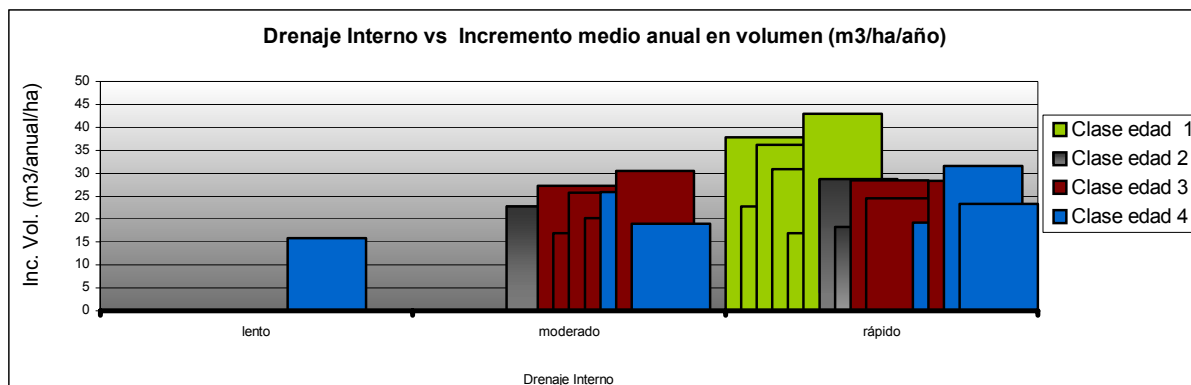


Figura 51. Drenaje interno del suelo versus incremento medio anual en volumen.

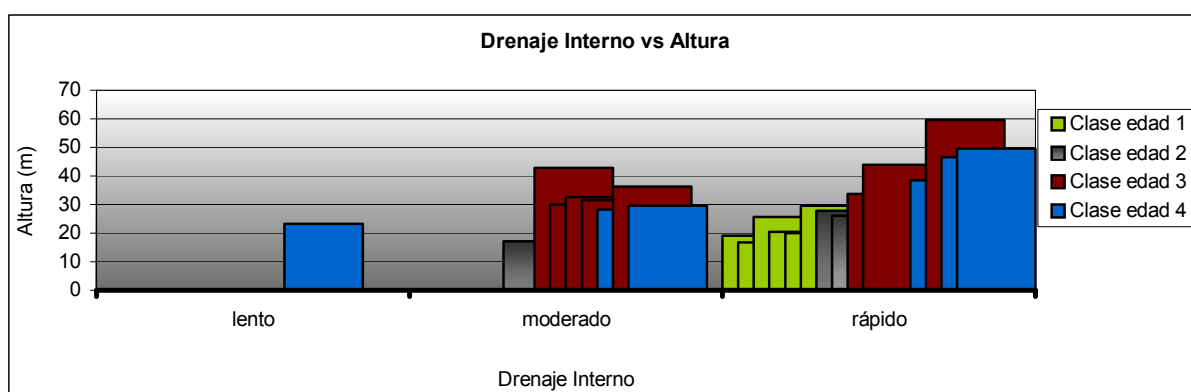


Figura 52. Drenaje interno del suelo versus altura.

Es importante indicar que la variable drenaje interno, es una clasificación subjetiva a diferencia de las variables edáficas antes discutidas, que son netamente cuantitativas. Pero la tendencia general es que, suelos con drenajes internos entre moderados y rápidos, son recomendables para las plantaciones de secoya.

Según Schlatter (1980), el crecimiento óptimo de plantaciones se da en suelos con drenaje interno moderado, ya que por un lado, el drenaje interno lento puede afectar a las raíces de las plantaciones y por otro, el drenaje interno rápido en los suelos, puede afectar a las plantaciones porque la saturación con agua del perfil sólo se logra por algunas horas y puede afectar a las plantaciones por ser rápida.

### 5.3.4.2 Relación de las variables de estado con el factor topográfico de las localidades.

En general los factores topográficos presentan coeficientes de regresión pequeños en relación a los factores edáficos, de ahí que se concluye que el peso de estas variables sea menor en relación al estado actual de las plantaciones de secoya.

Sin embargo, se incluirán en la discusión aquellas variables topográficas que resultarán con un nivel de significancia superior al 10%, por que son consideradas igualmente importantes por estar presentes en los resultados finales de las regresiones paso a paso. Junto a lo anterior porque son variables maniobrables en cuanto a decisiones operacionales y de fácil obtención. A continuación se detallará cada una de estas variables.

#### • Fisiografía

La fisiografía es significativa al 1% para el volumen total por hectárea y a un 5% para el incremento medio anual en volumen por hectárea. Es importante notar que el crecimiento en volumen es mayor a medida que la fisiografía varía entre valles y hondonadas con drenaje, en cambio el incremento volumétrico anual se ve favorecido en zonas de cerros y lomajes.

Al graficar el incremento medio anual en volumen por hectárea, se observa que la variable de estado se ve favorecida en fisiografías de lomajes (figura 53).

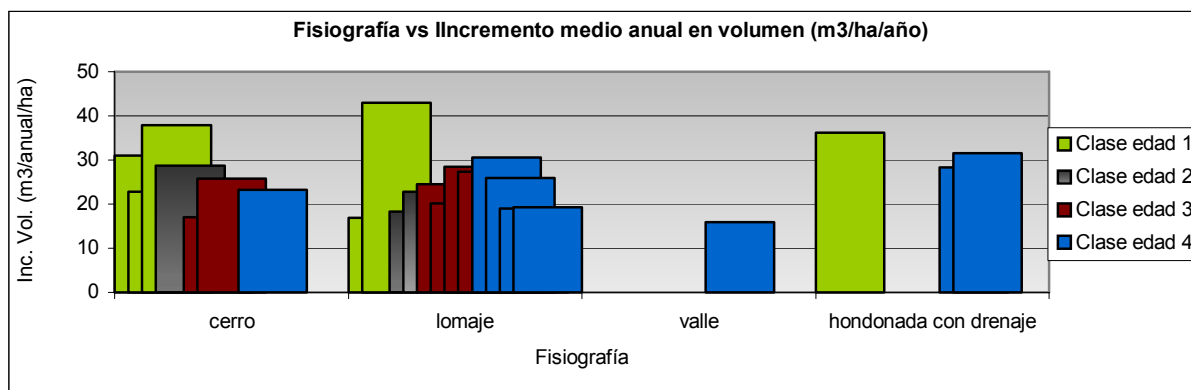


Figura 53. Fisiografía versus incremento medio anual en volumen.

Por otro lado, de la figura 54, se puede apreciar que la altura se ve favorecida en hondonadas con drenajes y sectores con lomajes, siendo las hondonadas con lomajes los sectores con mejor perspectiva para plantaciones de secoya.

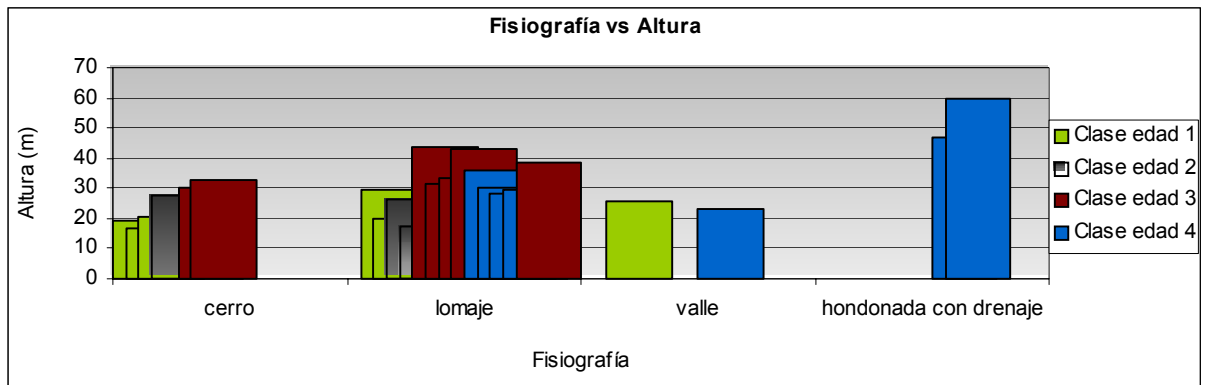


Figura 54. Fisiografía versus altura.

- Variación latitudinal y longitudinal

En relación a la variación latitudinal de las localidades, los resultados indican que es significativa en un 5% para el crecimiento en diámetro y su relación de proporción es inversa. Es decir, mientras más austral se situé, una plantación de secoya, las perspectivas en cuanto a crecimiento serán deficientes.

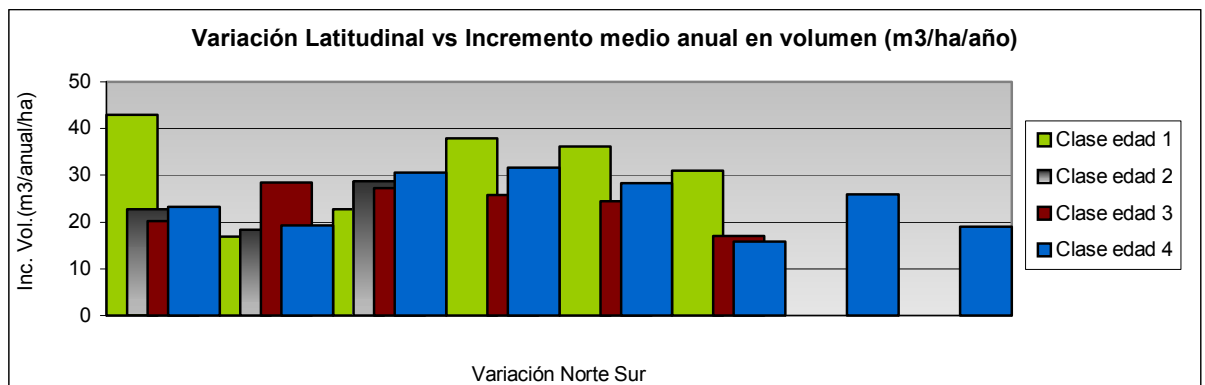


Figura 55. Variación latitudinal versus incremento medio anual en volumen.

En las figuras 55 y 56, se grafican el incremento medio anual en volumen y altura de las secoyas respectivamente, según la variación latitudinal de las localidades. De los gráficos se puede observar que las plantaciones de secoyas más australes, son las que presentan las variables de estado de menor magnitud, lo cual es más notorio en la clase de edad 4, para la variable altura.

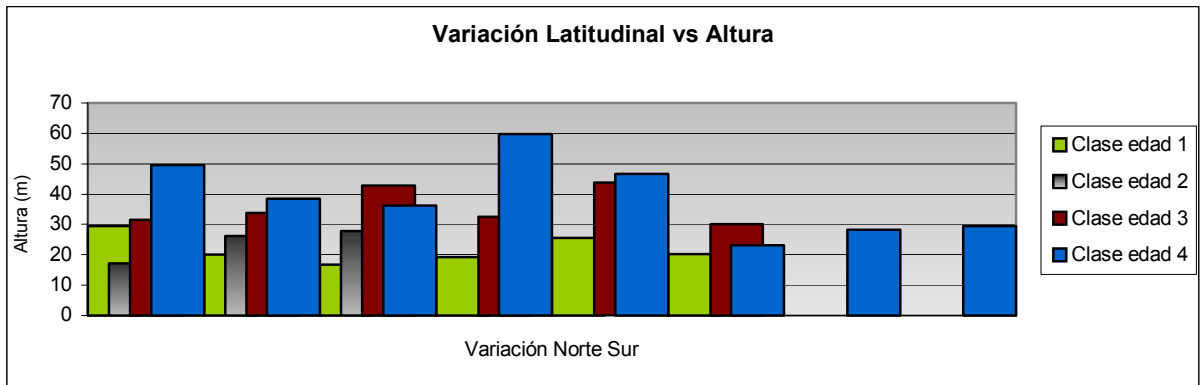


Figura 56. Variación latitudinal versus altura

Con respecto a la variación longitudinal de las localidades, los resultados indican que es significativa al 1% para el volumen total por hectárea, con la cual es inversamente proporcional y a un 5% para la variable Dap, con la cual es directamente proporcional.

Al observar las figuras 57 y 58, se puede notar la tendencia que a medida que las localidades se van alejando de la costa, los crecimientos en cuestión tienen una leve tendencia a disminuir.

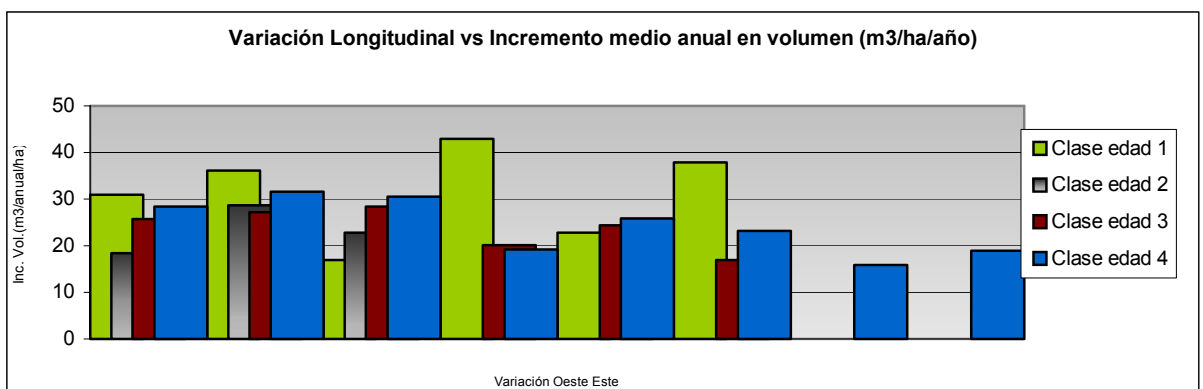


Figura 57. Variación longitudinal versus incremento medio anual en volumen.

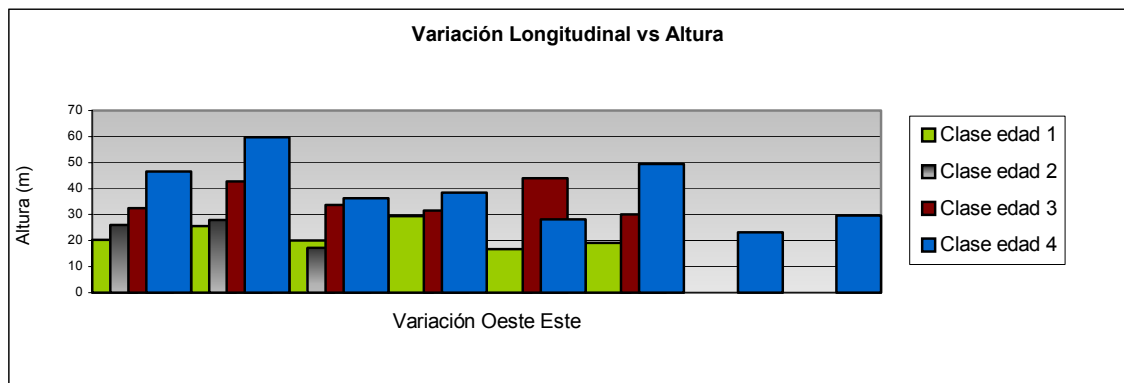


Figura 58. Variación longitudinal versus altura

Es importante señalar que en las regresiones realizadas, el peso de estas variables es extremadamente bajo en comparación a los pesos que obtienen las otras variables resultantes en cada una de las regresiones.

Para las variables latitud y longitud, se cree que la influencia de estas variables está reflejada a través de las variables climáticas, edáficas y topográficas de cada localidad, lo cual modera la relevancia de las variaciones geográficas en las ecuaciones resultantes. Pero si se puede observar que las plantaciones se desarrollan en mejores condiciones a medida que se ubican más cerca de la costa y en localidades más bien ubicadas al sur de VIII y al norte de la IX región.

- **Ubicación en relieve**

La ubicación en relieve resulta significativa al 1% para el crecimiento en diámetro y sobre el 10% para la variable altura. Con ambas variables de estado, adquiere una relación inversamente proporcional. En las figuras 59 y 60, se grafican la ubicación en relieve versus el incremento medio anual en volumen y crecimiento en altura de las secoyas respectivamente. En general para ambas variables de estado se aprecia que los mayores desarrollos se encuentran en laderas medias, laderas bajas y fondo de hondonadas. Y en la medida que la ubicación en relieve va variando a laderas altas y cumbres, las variables de estado tienden a decrecer levemente.



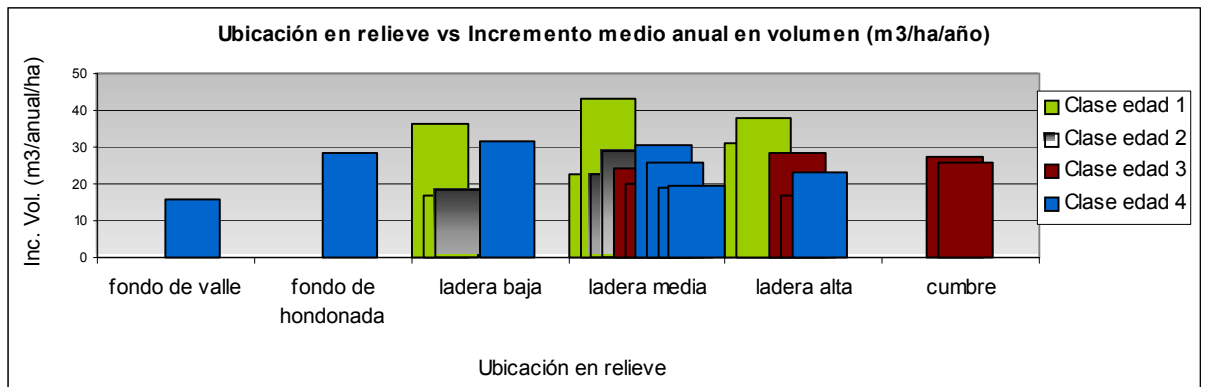


Figura 59. Ubicación en relieve versus incremento medio anual en volumen.

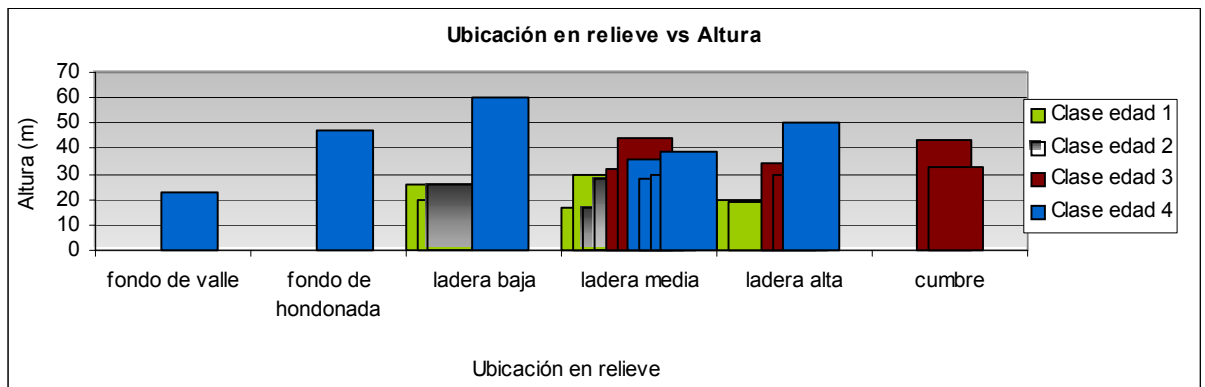


Figura 60. Ubicación en relieve versus altura.

- **Pendiente**

El porcentaje de pendiente del sector, resultó significativa al 5% para el crecimiento en diámetro y su relación es inversamente proporcional, lo cual implica que a medida que disminuye el porcentaje de la pendiente, el crecimiento en diámetro tiene una tendencia a aumentar en cuanto a magnitud. Con respecto al volumen total por hectárea la pendiente está sobre un 10 % de significancia.

Esta variable se grafica en la figura 61, para el incremento medio anual en volumen. El análisis de estas gráficas corrobora lo señalado a partir de los resultados obtenidos de las regresiones, ya que los mayores incrementos se encuentran en porcentajes de pendiente bajo el 10% y en general, secoyas ubicadas en laderas con pendientes entre un 0% y 30%, presentan desarrollos superiores.

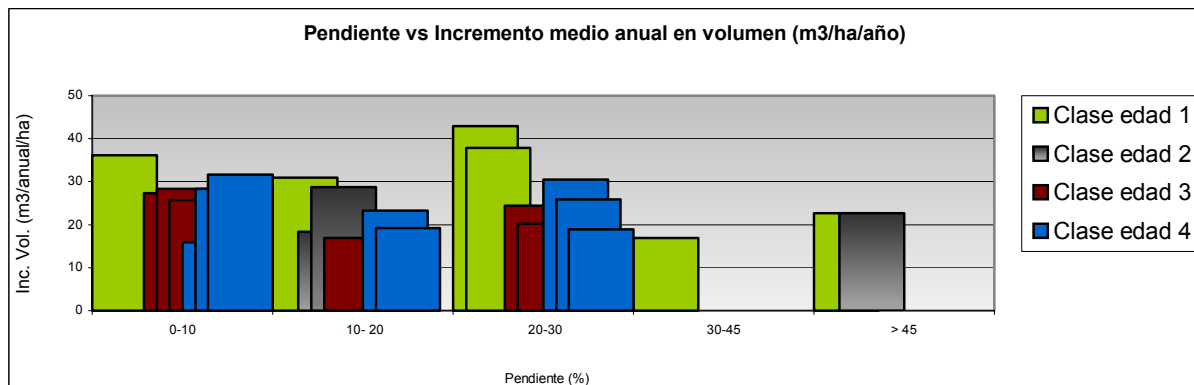


Figura 61. Pendiente versus incremento medio anual en volumen.

Al graficar el porcentaje de pendiente versus las alturas de las secoyas (figura 62), la situación es más clara aun, ya que las alturas son mayores en localidades con porcentajes de pendiente bajo el 10% y a medida que este parámetro va aumentando, la tendencia es que las alturas de la secoyas decrezcan.

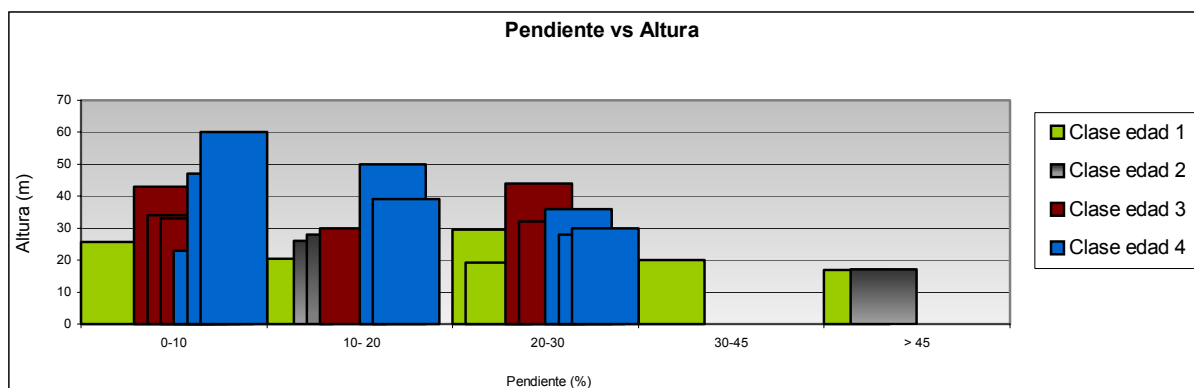


Figura 62. Pendiente versus altura

Sintetizando, los porcentajes de pendientes bajo un 10% son los más recomendables para las plantaciones de secoya y en general a medida que este parámetro va en aumento los desarrollos de las secoyas van disminuyendo.

En general los resultados obtenidos para el porcentaje de pendiente y las variables de estado analizadas, son congruentes con lo que señalan Olson *et al.* (1990), que al aumentar la pendiente, las secoyas son más pequeñas y ceden el paso a otras especies.

- **Exposición**

En relación a esta variable, se observó que las exposiciones norte, noroeste y noreste, son las más significativas para las variables de estado incremento volumétrico y altura, presentando una relación directamente proporcional.

En la figura 63, se grafica el incremento anual volumétrico para cada una de las clases de edad versus exposición. Se observa que a medida que las exposiciones van variando de Norte a Sur, los incrementos medios volumétricos anuales por hectárea, tienden a decrecer.

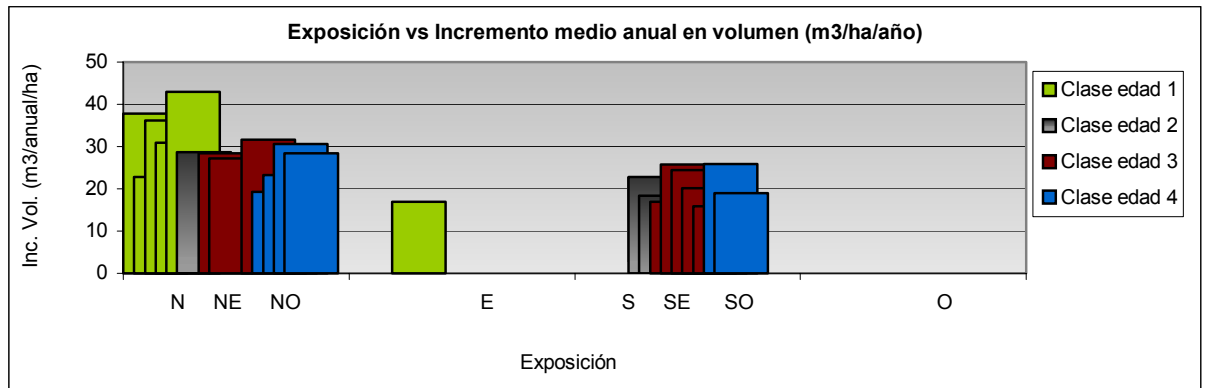


Figura 63. Exposición versus incremento medio anual en volumen.

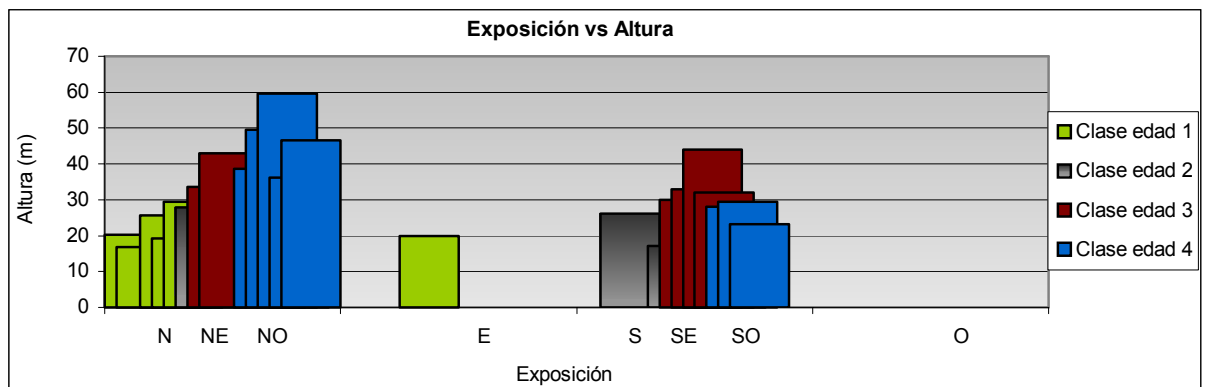


Figura 64. Exposición versus altura.

Al graficar la exposición versus la altura de las secoya (figura 64), se puede apreciar que para la clase de edad 3, las mayores alturas se encuentran en exposiciones S, SE, SO, lo cual corrobora lo señalado por Fernández (1999). Este autor, en una investigación de curvas e índices de sitio para secoya en las zonas de Lanco y Villarrica, concluye que existe un efecto de mayor altura en las plantaciones de secoya con exposición Sur-Este.

Sin embargo al observar las alturas correspondientes a la clase de edad 4, esta situación es totalmente opuesta, ya que las mayores alturas se presentan en plantaciones con exposición N, NO, NE. Lo cual es congruente con los resultados obtenidos a través de las regresiones y las conclusiones realizadas a partir de la gráfica de la figura 63.

- **Elevación**

Al analizar los resultados obtenidos para la variable elevación sobre el nivel del mar, se aprecia que existe una relación inversamente proporcional con la variable dependiente Dap. Esto indicaría, que a medida que se baja en altitud, los diámetros de las secoyas tenderían a ser mayores. En cambio para el volumen total por hectárea se observa una relación directamente proporcional. Con ambas variables de estado la significancia es mayor al 10%.

En la figura 65 se grafica la elevación de las localidades versus el incremento medio anual en volumen de las secoyas. En general los incrementos tienden a disminuir a partir de altitudes por sobre los 500 m.s.n.m.

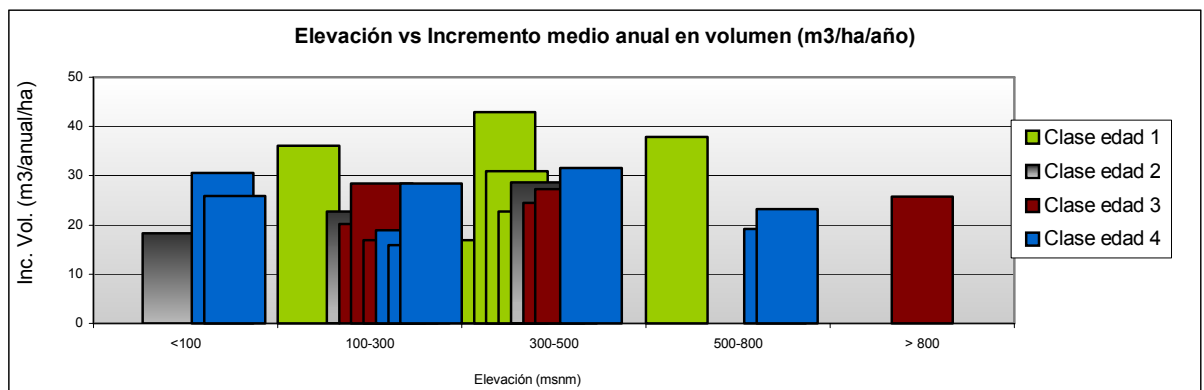


Figura 65. Elevación versus incremento medio anual en volumen.

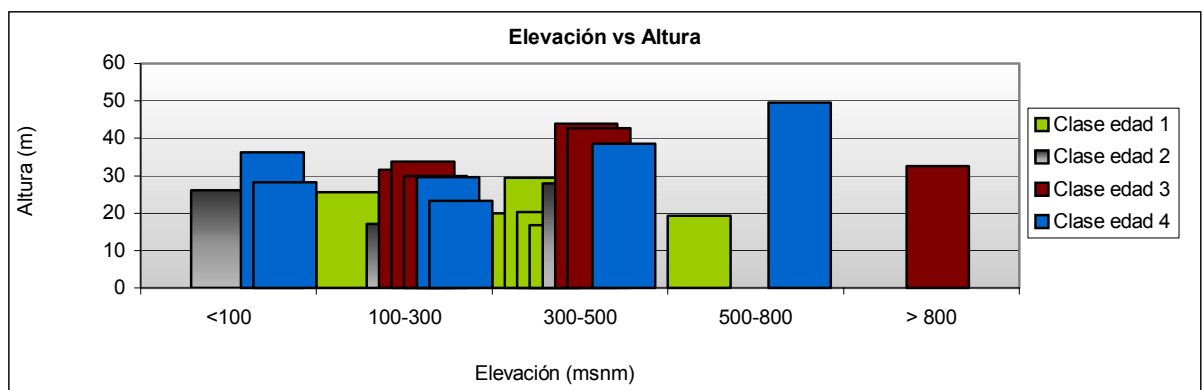


Figura 66. Elevación versus altura.

Al graficar la elevación de las localidades versus la altura de las secoyas (figura 66), se aprecia que las alturas de mayor dimensión se encuentran entre altitudes de 300 y 500 msnm. Bajo los 300 m.s.n.m. las alturas tienen un comportamiento regular, sin una variación importante entre ellas.

En general según este estudio las localidades ubicadas bajo los 500 m.s.n.m. de altitud, son las más recomendables para plantaciones de secoya, elevación que se encuentra dentro del rango señalado por Olson *et al.* (1990), entre los 30 y 750 m.s.n.m. en el lugar de origen de las secoyas.

#### 5.3.4.3 Relación de las variables de estado con el factor climático de las localidades.

Las variables climáticas significativas en este trabajo, tienen relación con los meses correspondientes a la época de verano, en la cual las características climáticas son críticas con respecto a los valores climáticos existentes en las zonas de origen de las secoyas.

- **Porcentaje de humedad en enero**

El porcentaje de humedad en enero es significativo al 1% para el volumen total por hectárea, a un 5% para el crecimiento en diámetro y a un 10 % para la variable dependiente altura. Se deduce que mientras mayor sea el porcentaje de humedad en la temporada de verano, en las localidades estudiadas, las perspectivas en cuanto al desarrollo de las plantaciones de secoyas serán superiores. Esto es coherente con lo señalado por Olson *et al.* (1990), que una de las características de la región en que se desarrolla esta especie, es la presencia de nieblas veraniegas que tienen una considerable importancia en la distribución de la especie, porque disminuyen los efectos más secos de los árboles de secoya en verano.

- **Temperatura máxima en enero**

La segunda variable corresponde a la Temperatura máxima en enero, la cual resultó significativa al 1% para el incremento volumétrico anual y a un 10% para el crecimiento en diámetro. Si nos remitimos a las variables climáticas de las localidades estudiadas (tabla 4), específicamente a la variable T° máxima en enero, se observa que el valor mínimo corresponde a 18,7 °C y el máximo a 26 °C, rango que está por debajo de las T° máxima indicada para las zonas de origen de las secoyas, ya que según Olson *et al.* (1990), éstas raramente exceden los 38 °C.

En general, en la medida que las temperaturas máximas en enero sean más bajas, las perspectivas de desarrollo de plantaciones de secoya serán mejores, ya que las variables de estado y la T° máxima en enero poseen una relación inversa.

- **Precipitación anual**

La tercera variable es la precipitación anual, la cual resultó significativa al 1% para el incremento anual volumétrico y un 5% para el volumen total por hectárea. Con ambas variables de estado su relación de proporción es directa, es decir, localidades que presentan mayores milímetros de precipitación anual, son las que poseen mejores perspectivas, en cuanto a dimensiones, para plantaciones de secoya.

Es importante señalar que las localidades estudiadas presentan precipitaciones anuales que están dentro del rango de precipitaciones señaladas por Olson *et al.* (1990), para la región de origen de la secoya, entre 635 a 3100 mm, distribuida principalmente en invierno.

En la figura 68, se puede observar que las precipitaciones anuales de las localidades estudiadas, están por sobre los 1000 mm anuales, sin embargo aquellas localidades con precipitaciones anuales entre 1500 y 2500, son las que presentan los incrementos medios volumétricos anuales por hectárea más altos.

Al observar la tabla 3, en que se detallan las variables climáticas, Trafún es la localidad que presenta la mayor precipitación anual, con 3112 mm, contrariamente, Antiquina, El Vergel y Campanario son las localidades con menores precipitaciones anuales (menos de 1350 mm).

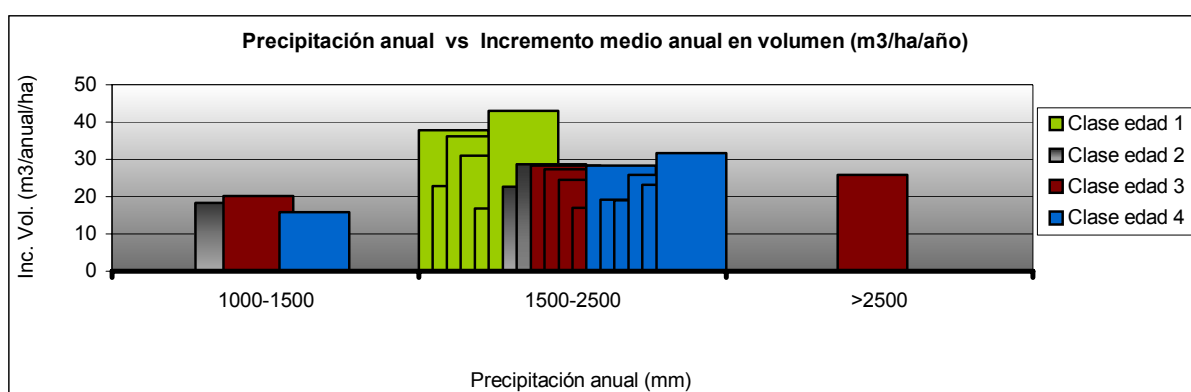


Figura 67. Precipitación anual versus Incremento medio anual en volumen.

Finalizando este capítulo, es importante señalar que el peso de las variables climáticas, en las regresiones realizadas, es notoriamente inferior en relación a variables topográficas y edáficas, lo cual se observa a partir de los tablas del capítulo anterior. Esto indica que las variables topográficas y edáficas son las de mayor relevancia en relación a las plantaciones de *Sequoia sempervirens*.

## 6-. CONCLUSIONES

---

- Las plantaciones de secoyas estudiadas, presentan desarrollos interesantes en relación a las plantaciones de secoyas de Inglaterra, Nueva Zelanda, E.E.U.U. Sin embargo éstas son de pequeñas superficies, dispersas en edad como en su distribución.

- Las principales variables de sitio asociadas al crecimiento de las plantaciones de secoyas, son las que tiene relación con los suelos de las localidades estudiadas, donde las características edáficas del horizonte 1 del perfil, tienen mayor influencia con el estado actual de las plantaciones estudiadas.

- **Elementos nutritivos del suelo**

Los resultados obtenidos en relación a los contenidos de Azufre, tienden a indicar que altos contenidos de Azufre en los suelos no son recomendables para el crecimiento de las secoyas, situación que cobra mayor importancia en el primer horizonte del suelo.

Los suelos con una baja razón C/N, especialmente en el segundo horizonte del perfil, son los que mejores perspectivas presentan para el desarrollo de plantaciones de secoyas.

En general el contenido de Nitrógeno en el primer horizonte del perfil, es el que cobra mayor importancia para el crecimiento de la secoya, donde porcentajes de N sobre el 0,6% tienden a presentar buenas condiciones para las secoyas. Por lo demás a mayores contenidos de N, menor es el valor de la razón C/N.

La materia orgánica es una variable significativa en este estudio, obteniendo mayor importancia en el primer y segundo horizonte del suelo. Se concluye que es una variable benéfica en la productividad de las plantaciones de secoya y que es importante mantener niveles adecuados de este parámetro.

La relación que existe entre la actividad biológica en los suelos, y el crecimiento de las secoyas no es tan evidente. Pero se deduce que adquiere mayor relevancia para las plantaciones de secoyas, en el primer horizonte del suelo y que mientras mayor sea ésta, mejores perspectivas para estas plantaciones.

Con respecto a los contenidos de Magnesio en el suelo, los resultados indican que es una variable importante en cuanto al desarrollo de plantaciones de secoya, adquiriendo mayor importancia en el primer horizonte del perfil. Se deduce que altos contenidos de este elemento (sobre los 60 cmol/kg), no son recomendables para este tipo de plantación.

- **Propiedades físicas de los suelos**

Se concluye que, suelos con densidades menores a 1 gr/cm<sup>3</sup>, muy profundos y con drenaje interno rápido son los más adecuados para plantaciones de secoyas analizadas. Entre estas 3 variables la más importante corresponde a la densidad aparente del suelo, la cual está altamente correlacionada con el contenido de Azufre en el primer horizonte del perfil.

- **Química de los suelos**

Las variables de mayor importancia corresponden a el pH, conductividad del suelo y CIC. Con respecto a la CIC los resultados indican que adquiere mayor importancia en el segundo y tercer horizonte del perfil, deduciéndose que suelos con Capacidad de Intercambio Catiónico (entre los valores 40% y 60%), presentan mejores perspectivas para la especie.

En cuanto a la conductividad de los suelos, este estudio determina que cobra mayor importancia para las plantaciones de secoyas en el primer horizonte del perfil, derivándose que mientras menor sea ésta, los suelos tenderán a presentar mejores condiciones para el crecimiento de plantaciones de secoyas.

Finalmente con respecto al pH, se observa que en suelos moderadamente ácidos a fuertemente ácidos, las secoyas tienden a tener mayores desarrollos. Además, se advierte que existe una menor disponibilidad de Magnesio para las plantas cuando los suelos son más ácidos, favoreciendo el desarrollo de plantaciones de secoya. También se repara que en los suelos moderadamente ácidos a fuertemente ácidos, la CIC presenta los valores más bajos, por lo cual se concluye que en cuanto a la química de suelos el pH es el factor edáfico más relevante, ya que condiciona otros factores del suelo que son significativos para las plantaciones de secoya.

- **Agua en el suelo**

En general se concluye que el agua en el suelo es una de los elementos más incidentes en el crecimiento de plantaciones de secoya, entre las variables mas significativas están la humedad del suelo y la capacidad de retención de agua.

La humedad del suelo, una de las variables más críticas de este estudio, adquiere mayor importancia en el segundo horizonte del suelo. Suelos con altos porcentajes de humedad benefician el desarrollo de las secoyas. Bajo un 20 % de humedad en el suelo, no es recomendable este tipo de plantación.

En cuanto a la capacidad de retención de agua (CRA), mientras mayor es este porcentaje en el suelo, las secoyas tienden a presentar mayores crecimientos para las localidades en cuestión. Los rangos en que mayores crecimientos se observan son entre 150% y 200%.

- **Factores topográficos**

En relación a los factores topográficos analizados se determinó que las variables más relevantes en el estado actual de las plantaciones estudiadas son:

Fisiografía del lugar: donde los sectores de lomajes junto con las hondonadas con drenaje, corresponden a los mejores sectores para el crecimiento de secoya.

Pendiente: en terrenos con inclinaciones bajo un 20%, las secoyas se desarrollan bien, no obstante se concluye que sectores con pendientes menores a un 10% son los más favorables para esta especie.

Elevación: sectores con altitudes entre los 180 m.s.n.m. y 330 m.s.n.m., son los más favorables para el crecimiento de plantaciones de secoya. Sin embargo, en general el



límite superior son los 500 m.s.n.m., sobre esta altitud, no son recomendables las plantaciones de secoya.

Ubicación en relieves: donde los terrenos de laderas bajas y fondos de hondonadas, son los ideales para plantaciones de esta especie.

Exposiciones: sectores con exposición con tendencia hacia el norte (N, NE, NO), son los que otorgan las mejores condiciones climáticas locales para las secoyas. Sin embargo es importante señalar que esta conclusión es contradictoria con respecto a lo que señalan otros autores. Por lo cual este estudio se conformará con señalar que es un variable significativa para el crecimiento de la secoya y que se considera importante profundizarlo en estudios venideros.

#### • **Clima**

Adicionalmente se consideró interesante analizar las variables climáticas consideradas críticas para el óptimo desarrollo de las plantaciones de secoyas, resultando significativas para las variables de estado analizadas tres de éstas.

Temperatura máxima enero: variable que al analizar los resultados no es posible establecer un rango de temperaturas en que el desarrollo de las plantaciones de secoyas tenga mejores perspectivas. Además para las localidades estudiadas la temperatura más alta corresponden a 26 °C, valor que esta por muy debajo de los 36 °C, valor máximo para el lugar de origen de las secoyas.

Precipitación anual: a mayores milímetros de lluvias anuales en una localidad, mejores perspectivas para las plantaciones de secoya. Sectores con precipitaciones anuales por sobre los 1500 mm son recomendables para plantaciones de secoya.

Humedad en enero: los resultados indican que mientras más humedad exista en las épocas de verano mejores perspectivas para las plantaciones.

En general estas variables climáticas tienen relación con los meses correspondientes a la época de verano, en los cuales las características climáticas son críticas en relación a los valores climáticos existentes en las zonas de origen de las secoyas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA CITADA

---

- AGUILERA, S.M. 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. En Boletín N°14. Simposio proyecto Ley protección suelo 2000: 77-78.
- ANDERSON, J.P.E; DOMSCH, K.H. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total carbon in arable soils. Soil Biol. Biochem. 21:471-479.
- ANDERSON, J.P.E; DOMSCH, K.H. 1990. Application of eco-physiological quotients ( $qCO_2$  and  $qD$ ) on microbial biomasses from soils of different cropping stories. Soil Biol. Biochem. 22:251-255.
- BARRIENTOS, L; ROUANET, J, PARADA, A.M.; PINO, I. Los Microorganismos y la fertilidad biológica del suelo. Tierra adentro. N°48 Enero- Febrero.2003: 28-29.
- BAILEY, H. 1960. The Cultivated conifers in North America, Comprising the Pine family and the Taxads. New York. The MacMillan Co.404.
- BENAVIDES, C. 1992. El suelo como sistema biológico. En: Suelos, una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38.121-153.
- BESOAIN, E.; PERALTA, M.; MASSARO, S. 2000. Mineralogía y génesis de algunos suelos de Cenizas Volcánicas de Chiloé Continental, Chile. Agricultura técnica (Chile) 60 (2) (abril - junio, 2000): 127 – 153.
- BINKLEY, D. 1993. Nutrición forestal. Primera edición. Ed. Limusa. México D. F., México: 13-19.
- BRUCE, D.; SCHUMACHER, F. 1950. Forest Mensuration. 3 ed Editorial Mc Graw Hill Co.Inc. New York. Estados Unidos.483.
- CANAVOS, G. 1988. Probabilidad y estadística: aplicaciones y métodos. Editorial McGraw-Hill, México D.F., México. 420.
- CARRASCO, M.A. 1992. Fertilidad de suelos. En: Suelos, una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. 89-113.
- CELIS, M. 1996. Curvas de Índices de Sitio para Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) (Mirb) Franco. Tesis. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile.
- CHILE FORESTAL. 1987. Voipir o el resultado de una visión. Chile forestal N° 168 Abril 1987 año 11:20-22.
- COILE, T. S. 1952. Soil and growth of forest. Advances in agronomy 4. 330-398.
- CONTRERAS, C.1982. Índice de sitio para Pino Oregón en la provincia de Valdivia y sus relaciones con los sitios para Pino Insigne. Tesis. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile.

- DALLAS, E. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Kansas State University. 93-97.
- DONOSO, C. 1981. Ecología forestal: El bosque y su medio Ambiente. Editorial Universitaria. Chile. 185-347.
- DONOSO, C. 1992. Ecología forestal: El bosque y su medio Ambiente. 3° Edición Universitaria. Santiago. Chile. 5-19.
- DYER, M.; BAILEY, R. 1987. A test of ix methods for estimating true heights from stem analylisis data. Forest Science Vol 33 N°1:3-13.
- FERNÁNDEZ, M. 1999. Curvas e índices de sitio para *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl. en las zonas de Lanco y Villarrica. Tesis. Universidad de Temuco. Chile.
- FIRESTONE, M.K. 1982. Biological denitrification. En: F.J. Stevensob (ed). Nitrogen in agricultural soil. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. Monograph 22: 289-326.
- FLORES, L. 1998. Efecto de las plantaciones en la reacción del suelo. Tesis. Universidad de Concepción. Chile.
- FONDEF. 2003. Informe de actividad N°3. Proyecto FONDEF D01 I 1008. Silvicultura y manejo de *Sequoia sempervirens* en Chile y fomento de su plantación forestal sustentable. Santiago. Chile.: 63.
- GAETE, R. 1968. Análisis comparado de crecimiento de *Sequoia sempervirens* en las provincias de Bío-Bío y Malleco. En: Actas 4° jornadas Forestales 1968 Asociación Chilena de Ing. Forestales. 68-76.
- GERDING, V.; SCHLATTER, J.; BONNEFOY, M. 1982. Factores del sitio de mayor incidencia en la productividad de *Pinus radiata* (D. don). En: Actas reunión de trabajo evaluación de la productividad de sitios forestales. Universidad austral de Chile Facultad de Ciencias Forestales. 61-89.
- GROS, A. 1986. Abonos. Guía práctica de la fertilización. 7° Edición, Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 560.
- GROSSE, H.; KANNEGIESSER, U. 1988. Investigación para el manejo de las plantaciones de Pino Oregón y *Sequoia sempervirens*. (Informe final). Instituto Forestal. Volumen 2. Concepción. Chile. 29.
- HOFFMANN, A. 1993. El árbol urbano en Chile. Editorial Fundación Claudio Gay. Santiago Chile. 204.
- INDYK, H .2003. Fundamentos Para el Manejo de Suelos. [En línea] [Consultado e impresión:20 Diciembre 2003] <<http://www.tgm.com.ar/revistas/revistas/30/fundamentos.htm>>.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR) 1991. Inventario de las Plantaciones Forestales de la IX REGIÓN. Volumen V Santiago. Chile. 13.

INSTITUTO FORESTAL (INFOR) 1992. Inventario de las Plantaciones Forestales de la IX REGIÓN. Volumen V Santiago .Chile. 17.

INSTITUTO FORESTAL (INFOR), 1998. Caracterización de la *Sequoia sempervirens*. Unidad de Tecnologías e Industrias de la Madera. Concepción. Chile. 24.

JANDL, R. 2001. Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de Carbono del suelo. En Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura del carbono en ecosistemas forestales. 18-20 Octubre. Valdivia .Chile. 1-2.

KANNEGIESSER, S. 1990. Apuntes sobre *Sequoia sempervirens*. Ciencia e Investigación Forestal. Instituto Forestal Chile. Vol 4 N° 1 1990. 60-63.

KOZDON, P. 1952. Comportamiento de diversas especies forestales extranjeras en el Sur de Chile. En: El Maderero 19:181-183.

LENIHAN, J.M. 1990. Forest associations of Little Lost Man Creek, Humboldt County, California: reference-level in the hierarchical structure of old-growth coastal redwood vegetation. Madrono. 37: 69-87.

LINDQUIST, J. L.; PALLEY, M. N. 1963. Empirical yield tables for young-growth redwood. Calif. Agr. Exp. Sta. Bull .796. 47.

MANSILLA, H. 1997. Análisis de productividad de sitios en relación al pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) en la región de Valdivia. Tesis. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile.

NIE, N.H. 1975. SPSS Statistical Package for the Social Science. 2 nd.ed. New York, Mac Graw-Hill. 575.

OLSON D. JR ; ROY, F. ; WALTERS, G. 1990. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Redwood .Taxodiaceae--Redwood family. [En línea] [Consultado e impresión: 23 Julio 2002]  
<[http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\\_manual/Volume\\_1/sequoia/sempervirens.html](http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_1/sequoia/sempervirens.html)>.

OPAZO, J. 1992. Fertilidad de suelos. En: Suelos, una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. 121-153.

PINO, I. 1992. Fertilidad de suelos. En: Suelos, una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. 338.

PLA, L. 1986. Análisis Multivariado: Método de componentes principales. Departamento de Producción vegetal área de Ciencias del agro y del Mar. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda Coro, Falcón, Venezuela. 15-48.

PRITCHETT, W. 1991. Suelos Forestales. Segunda Edición. Ed. Limusa. México.: 146.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997. Mensura Forestal. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica. 371.

RAMÍREZ, J. 2002. *Sequoia Sempervirens* para tomar en cuenta. Chile Forestal 290: 27.

RIBALTA, E. 1983. Evaluación de la producción y productividad del monte bajo de *Eucalyptus globulus* (Lab.). V Región. Tesis. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile.

ROY, DF. 1966. Silvical characterist of redwood (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.). En: US For. Serv. Res. Pap. PSW-28. 20.

SADZAWKA, A.; GREZ, R.; MORA, M. DE LA LUZ; SAAVEDRA, N.; CARRASCO, M. ADRIANA; ROJAS, C. 2000. Métodos de análisis recomendados para los suelos Chilenos. [En línea] [Consultado e impresión: 23 Diciembre 2003] <<http://www.inia.cl/cobertura/platina/pubbycom/docs/Metodos2000-sep.pdf>>

SAMPIERI, R; FERNÁNDEZ, C; BAPTISTA, P. 2001. Metodología de la investigación. 2° Edición. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México. 411-413.

SCHLATTER, J. 1981. Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile. Chile: 2-81.

SCHLATTER, J. E.; GERDING, V.; HUBER, H. 1995. Sistema de ordenamiento de la tierra, herramienta para la planificación forestal aplicada a la X región. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 93.

SNYDER, J. 1992. The ecology of *Sequoia sempervirens*. [En línea] [Consulta e impresión: 23 julio 2002]. < <http://www.batnet.com/asknor/redwoods/redwood.html>>.

SPURR, S. 1964 . Forest Inventory. The Ronald Press company, New York. 476.

STREETS, R. J. 1962. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford, Clarendon Press. 750.

USDA FOREST SERVICE. 2002. Stand Visualization System (SVS). [En línea] [Consulta e impresión: 16 septiembre 2002]< <http://www.fs.fed.us/pnw/svs/>>.

THOMPSON. L. 1982. LOS SUELOS Y SU FERTILIDAD. Cuarta edición. Ed. Reverté. España.: 244.

TISDALE, S.; WERNER, L.N. 1970. Fertilidad de suelos y fertilizantes. The Macmilan Co. (traducción al español) New York. 146-149.

VARNERO, M. T.1992. El suelo como sistema biológico. En: Suelos, una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38. 212.

VLECK, P.L,G; CRASWELL, E.T. 1979. Effect of Nitrogen source and management of agronomia volatilization losses from flooded rice soil system. Soil Seil. Soc. Am. J. 43: 352-358.

VON MAREES, A. 1988. Respuesta a la fertilización con NPK de una plantación recién establecida de *Eucalyptus delegantensis* R.T: Baker en la precordillera andina de la novena región. Tesis. Facultad de Ingeniería Forestal Universidad de Chile.

ZOTTL, H.; TSCHINKEL, H. 1971. Nutrición y fertilización forestal: Una guía práctica. Centro de publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia/F.A.O Medellín, Colombia. 8-19.

ZUNINO, V.; BORIE, H. 1985. Materia orgánica y procesos biológicos en suelos alofánicos. En: Juan Tosso T. (ed). Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigación es Agropecuarias (INIA). Santiago. Chile.: 435-480.

## 8-. APÉNDICE

---

### 8.1 Apéndice I

#### /// CARACTERIZACIÓN DE LAS SERIE DE SUELOS ABARCADAS EN ESTE ESTUDIO<sup>2</sup>

- Serie Nahuelbuta: correspondiente a las localidades de Antiquina, Quechuco, Piedras Blancas y Llancacura.

Son suelos profundos, formados a partir de rocas metamórficas especialmente filitas y micaesquisto. De texturas arcillosa de color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en la superficie y texturas arcillo limosa y arcillo limosa de colores rojo fuerte y pardo rojizo oscuro en matices 2,5YR en profundidad. Ocupan una posición de cerros y montañas dentro de la formación de la Cordillera de la Costa, de topografía escarpada con pendientes dominantes sobre 20%.

Ubicación: 5.802,46 Km. Lat. UTM. y a 642,92 Km. Lon. UTM.

- Serie Cerro Nahuel: correspondiente a la localidad de Voipir.

Son suelos moderadamente profundos, formado por rocas graníticas muy meteorizadas, en posición de cerros. De textura superficial franco arenosa fina y color negro en matiz 10YR; de textura franco arenosa gruesa y color pardo grisáceo muy oscuro en matiz 10YR en profundidad. Bien drenados y de permeabilidad moderadamente rápida. La topografía es de cerros con pendientes dominantes mayores de 30%, quedando suelos ligera a moderadamente ondulados en las posiciones superiores.

Ubicación: 5.811,8 Km. Lat. UTM. y a 679,15 Km. Long. UTM

- Serie San Esteban: correspondiente a la localidad de El Vergel.

Son suelos evolucionados "in situ" a partir de materiales graníticos ricos en cuarzo, moderadamente profundos a profundos, bien drenados, que ocupan una posición de cerros y lomajes altos dominando el paisaje. Las pendientes son complejas y dominan las superiores a 10%; las caídas son muy fuertes hacia esteros, quebradas o simplemente cauces secos la mayor parte del año, con pendientes de 50% y más. La textura superficial es franco arcillo arenosa, de color pardo en el matiz 7,5YR. De textura arcillosa y color pardo rojizo en el matiz 5YR en profundidad. Bien estructurados y de arraigamiento deficiente por debajo del metro; suelos con horizonte B bien desarrollado. El drenaje del suelo es bueno, la permeabilidad es lenta, especialmente cuando los suelos están erosionados y el escurrimiento superficial es rápido.

Ubicación: 5.816,4 Km. Lat. UTM. y a 690,9 Km. Long. UTM.

- Serie Temuco: correspondiente a la localidad de Campanario

Suelos ligeramente profundos, de origen aluvial, en posición de terraza reciente, que se ubican en el Llano Central a una altura de 100 a 150 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 10YR; de textura franco limosa y color pardo amarillento oscuro en profundidad. Se presentan en forma de depósitos de cenizas volcánicas sobre

---

<sup>2</sup> Fuente: FONDEF D01i 1008, 2003.

gravas y piedras en los diferentes niveles de terrazas aluviales. Suelo plano a ligeramente inclinado, de permeabilidad moderada y bien drenado.

Ubicación: 5.707,1 Km. Lat. UTM. y a 690,25 Km. Long. UTM.

- Serie Malihue: suelos de la localidad de Correltué

Suelos profundos, formados por depósitos de cenizas volcánicas sobre planos aluviales, que se ubican en el Llano Central, a una altura de 170 a 300 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Suelo de topografía ligeramente ondulada con pendientes complejas de 2 a 20%, de permeabilidad moderada y bien drenado.

Ubicación: 5.641,4 Km. Lat. UTM. y a 709,65 Km. Long. UTM.

- Serie Valdivia. Correspondiente a la localidad de Las Palmas

Suelo moderadamente profundo, desarrollado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de terrazas remanentes en la depresión de San José, a una altura de 9 a 20 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR y textura arenosa francosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato corresponde a una toba, depósito de materiales volcánicos de fuerte compactación y mezclada con clastos alterados, se denomina localmente como cancagua. La topografía es compleja, suavemente ondulada con 5 a 8% de pendiente y con buen drenaje.

Ubicación: 5.603,25 km. Lat. UTM y a 668,4 km. Long. UTM.

- Serie Corte Alto: suelos de la localidad de Trafún

Suelo profundo formado a partir de cenizas volcánicas holocénicas. De textura franco arcillo limosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en superficie y de textura franco limosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Presenta una topografía de ligera a moderadamente ondulada, ocupa una posición de terrazas remanentes. Buen arraigamiento y buena retención de agua. No presenta evidencias de erosión y tiene buen drenaje. Ocasionalmente puede presentar una toba bajo los 150 cm de profundidad.

Ubicación: 5.470,75 km Lat. UTM y a 655,8 km Long. UTM.

- Serie de Frutillar: suelos correspondientes de la localidad de Frutillar.

Suelo moderadamente profundo, formado por cenizas volcánicas retransportadas por agua y depositadas sobre un substrato fluvio-glacial de gravas y arena cementada en posición de terraza aluvial plana. De textura superficial franca y color negro en el matiz 10YR; de textura franco limosa, de color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. Suelos con problemas de drenaje por el substrato impermeable y que causa un nivel freático alto, pero que en verano se encuentra cercano al substrato (15 a 20 cm) en los suelos de peor drenaje o desaparece en los de mejor drenaje.

Ubicación: 5.444,3 km Lat. UTM y a 662,7 km Long. UTM.



## 8.2 Apéndice II

### /// BREVE RESEÑA DE LAS VARIABLES EDÁFICAS EVALUADAS

- **Nitrógeno (N):** es el elemento más importante y el que la planta requiere en mayor cantidad. También es el menos disponible, debido a su gran movilidad dentro del sistema (Von Mares, 1998; Gros, 1986). El comportamiento del Nitrógeno es muy dinámico, e incluye numerosas interacciones de carácter complejo entre materia orgánica, los microorganismos del suelo, los minerales, clima y las prácticas de manejo (Vlek y Craswell, 1979; Firestone, 1982).
- **Carbono (C):** La captura de Carbono en ecosistemas forestales se lleva a cabo mediante el almacenamiento en la biomasa y en los suelos. El C en enlaces débiles, presentes en la hojarasca o en el follaje, es respirado dentro de tres años en bosques boreales, ocho años en templados, y tres en bosques tropicales. Su efecto, no sólo depende de la oferta del  $\text{CO}_2$  en el aire, sino también cantidades de agua y otros nutrientes en el suelo. La formación de complejos estables entre Carbono y la materia orgánica depende del contenido de arcilla y los tipos de arcilla en los suelos (Jandl, 2001).
- **Materia Orgánica:** es un constituyente esencial del sistema edáfico ya que por su constitución y propiedades es la responsable directa de la mayoría de los procesos, físico-químicos y biológicos del suelo. Procesos en que interviene: Fuente de energía para los procesos biológicos; fuente primaria de nutrientes como N, P, y S; Por ser un polielectrolito, propiedad química muy importante que la MO desarrolla a través de sus grupos ácidos, es de los principales responsables de la disponibilidad de nutrientes, tanto macronutrientes como micronutrientes; almacenamientos de éstos nutrientes; regulación térmica; capacidad de retención de agua; agregación del suelo, con lo que se mejora la aireación y permeabilidad del suelo, lo que mejora la bioactividad en todos los procesos aeróbicos (Aguilera, 2000).
- **Azufre (S):** El azufre forma parte de los aminoácidos, otras moléculas y una serie de fermentos. Si existe una carencia de este nutriente en el bosque, éste pierde su capacidad de reaccionar a la fertilización con Nitrógeno (Binkley, 1993; Zottl y Tschinkel, 1971). La forma de S más relacionada con la disponibilidad para las plantas es la de los sulfatos, ya que en esta forma el S es absorbido por las raíces. Los sulfatos se mueven en el perfil del suelo y son acumulados en el horizonte B debido a la mayor capacidad de retención. En las terrazas recientes de texturas más arenosas, los contenidos de S extraíbles son, en general, más bajos (Opazo, 1992).
- **Relación Carbono Nitrógeno (C/N):** es la proporción de porcentaje de Carbono respecto del Nitrógeno, también se le denomina relación C:N, lo que define las cantidades relativas de estos dos elementos en los materiales orgánicos recientes, humus o en el suelo en su conjunto. La relación C:N de la materia orgánica estable del suelo es de aproximadamente 10:1. Cuando la razón C/N es mayor a 30 existe una inmovilización del Nitrógeno del terreno, durante el proceso de descomposición inicial. Razones entre 20 y 30 puede que no haya inmovilización ni liberación de Nitrógeno mineral. Si los materiales orgánicos tienen una relación bajo 20 existe liberación de Nitrógeno. Como regla, la relación C/N de la capa superior del suelo, cuando ésta no ha sido trabajada, en equilibrio con su medio ambiente es aproximadamente de 10 ó 12 a 1. Esta relación disminuye en muchos casos en el subsuelo, en parte a causa del mayor contenido de Nitrógeno  $\text{NH}_4^+$  y de las cantidades de Carbono generalmente más bajas. (Tisdale *et al.*, 1970). La relación carbono-nitrógeno determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así

como el tipo de humus que se encuentra en él. Cuanto menor sea el valor de la relación mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la calidad edáfica será superior.

- **Actividad biológica (DH):** llamada también fertilidad natural y cantidad de microorganismos presentes en el suelo. La actividad microbiana, es responsable de más del 90% de la actividad biológica del suelo. Compuesta principalmente por bacterias, actinomicetes, hongos, insectos, nemátodos, protozoos y algas. El número, especies y actividad está influenciada por: contenido y calidad de la materia orgánica, textura, pH, humedad aireación, entre otros. La actividad más importante de estos organismos, es la descomposición de residuos orgánicos que se encuentran en el suelo, liberando N, P, S, de manera de hacerlos disponibles para las plantas y otros organismos (Barrientos *et al.*, 2003). La oxidación de los residuos orgánicos que se incorporan al suelo es llevada a cabo por la actividad de los microorganismos y puede valorarse por la producción de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), que es consecuencia de dicho proceso de oxidación. Este concepto es válido si se realiza esta medición en laboratorio, después de haber extraído las raíces de las muestras de suelo. La producción de CO<sub>2</sub> está asociada a la biomasa microbiana siendo un indicador de la actividad microbiológica del suelo (Anderson *et al.*, 1989; 1990).
- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** La cantidad de cationes adsorbidos por el suelo en un proceso reversible, a un valor de pH determinado. En otras palabras, es la medida de la capacidad que poseen los coloides del suelo para adsorber bases como Ca, Mg, Na, K y aquellos otros cationes que se encuentran en baja proporción como Cu, Zn, Mn, Co, etc. La medida de la CIC es la expresión de la máxima cantidad de cationes que pueden adsorber 100g de suelo. Está muy relacionada con la fertilidad del suelo. Depende del contenido de arcilla, materia orgánica principalmente. Este valor es importante porque da la idea de la disponibilidad que tienen las plantas para absorber sus nutrientes (Carrasco, 1992).
- **Capacidad de retención de agua (CRA):** agua retenida en el suelo una vez que el agua gravitatoria haya drenado. Está afectada por la textura del suelo, el porcentaje de materia orgánica, el grado de agregación de las partículas, la profundidad, el grado de compactación del suelo (Indyk, 2003).
- **Humedad Suelo:** La humedad del suelo está determinada por la fuerza con que el agua es retenida en el suelo. El término "gravitacional" (no capilar) se refiere al agua que se mueve hacia abajo debido a la fuerza de gravedad. El término "capilaridad" indica el agua retenida en los pequeños poros con firmeza variada, e "hidroscópica" se refiere al agua retenida con gran tenacidad y que existe como una delgada película en la interfase sólido-líquida (Indyk, 2003).
- **Magnesio (Mg):** El magnesio es el elemento fundamental de la molécula de clorofila. También funciona como ión regulador de varios procesos fisiológicos y es ocupado como cofactor de enzimas en los procesos de fosforilación del ADP para formar ATP (Binkley, 1993; Zottl y Tschinkel, 1971). Las deficiencias de magnesio son comunes en suelos de textura arenosas ubicados en regiones húmedas. En suelos extremadamente ácidos se puede afectar la absorción de Mg en las plantas (Opazo, 1992).
- **Fósforo (P):** Los grupos fosfato, constituyen el principal agente de transferencia de energía, el ATP (Von Marees, 1993; Gros, 1986). Se considera que en los suelos el 2% del P, referido al total, se encuentra disponible para las plantas. Por lo tanto el P total no tiene valor práctico, pero si puede considerarse como reserva en el tiempo (Opazo, 1992).

- **Densidad aparente:** es el peso seco de una unidad de volumen de suelo. El volumen de poros es una parte del volumen medido y depende de los contenidos de arena, limo, y arcilla. La densidad puede variar dentro de un mismo suelo por procesos de compactación (Donosos, 1981).
- **Acidez del suelo (pH):** indica la concentración de iones hidrógeno de una disolución; de 1 a 6 es ácido (1 muy ácido, 6 poco ácido), 7 es neutro, y de 8 a 14 es alcalino (8 poco alcalino, 14 muy alcalino). Cuanto más iones hidrógeno posea el suelo más ácido es. Condiciones comúnmente asociadas a la acidez del suelo: toxicidad por Aluminio y Manganeso; deficiencias de P y otros nutrientes (Carrasco, 1992).
- **Conductividad:** La conductividad eléctrica de un medio, se define como la capacidad que tienen el medio (que por lo general contiene las sales inorgánicas en solución o electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad (Carrasco, 1992).

### **8.3 Apéndice III**

#### **/// FICHAS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS** *(Localidades ordenadas de norte a sur)*

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: ANTIQUINA

Región: VIII  
Provincia: Arauco  
Comuna: Contulmo  
Serie: Nahuelbuta  
Clase de Uso: III  
Lugar: Antiquina (INFOR)

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones para el desarrollo de investigación.

### OBSERVACIONES ESPÉCIFICAS:

Lugar: Antiquina	Fecha muestreo: 10/12/2002
Altura: 55 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: rápido
Ubicación en relieve: ladera baja	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 19%	Materia orgánica: presencia
Exposición: SO	Forma de la ladera: cóncava
Profundidad: profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
O	0-3						mantillo superficial
1	3-8	Franco	Granular gruesa	Blando (s) Friable (h)	7.5YR 3/3 pardo oscuro	5,24	
2	8-19	Franco arcilloso	Granular media	Suelto (s) Friable (h)	7.5YR 3/4 pardo oscuro	6,1	Algunas raíces con $\varnothing > 10$ mm
3	19-52	Franco limoso	Grano simple	Suelto (s) Muy friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	6,07	
4	> 52	Limo arcilloso	Grano simple	Suelto (s) Muy friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	6,1	

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: CAMPANARIO

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Freire  
Serie: Temuco  
Clase de Uso: IIIr-IV  
Lugar: Fundo Campanario

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. El rodal es coetáneo y mixto, formado por secoya y castaño, con raleo como prácticas culturales. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Campanario	Fecha muestreo: 12/12/2002
Altura: 118 m.s.n.m.	Vegetación natural: Coigüe, Roble
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: rápido
Ubicación en relieve: ladera media	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 30%	Materia orgánica: presencia alta
Exposición: SO	Forma de la ladera: inclinado
Profundidad: profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
0	0-12						mantillo superficial
1	12-33	Franco limoso	Bloques media	Ligeramente duro (s) Friable (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	4,91	Concreciones
2	33-53	Arena limosa	Bloques media	Ligeramente duro (s) Muy friable (h)	7.5YR 3/3 pardo oscuro	5,15	Raíces grandes diámetros
3	> 53	Limo arcilloso	Grano simple fina	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 3/4 pardo oscuro	5,88	Raíces grandes diámetros



## CARACTERIZACIÓN DE SUELOS: VOIPIR 34 SECTOR II

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Es una plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Secoya Gigante Rodal: R34SII	Fecha muestreo: 11/1/2003
Altura: 268 m.s.n.m.	Vegetación natural: olivillo, tepa y quila
Fisiografía: Hondonada con drenaje	Drenaje externo: lento
Ubicación en relieve: Fondo de hondonada	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 5%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NO	Forma de la ladera: cóncava
Profundidad: muy profundo	Otro : sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-2							Mantillo superficial
1	2-9,5	Franco limoso	Grano Simple < 1mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 2.5/2 pardo muy oscuro	4,71	10-15%	75% Raicillas $\varnothing$ < 1mm 10% Raíces $\varnothing$ > 5 cm 15% Concreciones $\varnothing$ < 2mm de color naranja (oxido de Fierro). 20% fragmentos Carbón $\varnothing$ < 5 cm
2	9,5-52	Franco arenoso	Granular 1-2 mm	Blando (s) Friable (h)	5YR 3/4 pardo rojizo oscuro	5,43	5-10%	10% raicillas $\varnothing$ < 1 mm 2% Raíces $\varnothing$ 3-5 cm 2% Concreciones $\varnothing$ < 2 mm de color naranja (oxido de Fierro). 30% fragmentos Carbón $\varnothing$ < 2 mm
3	52-100	Franco arcilloso	Granular 2-5 mm	Blando (s) Friable (h)	7.5YR 3/1 gris muy oscuro	5,03	3-5%	5% raicillas $\varnothing$ < 1 mm 60% Concreciones $\varnothing$ < 2 mm de color naranja (oxido de Fierro).

\*Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 9 SECTOR II a

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir:

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Potrero cancha uno Rodal: R9SII a	Fecha muestreo: 12/1/2003
Altura: 325 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: cumbre	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 2%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NO	Forma de la ladera: convexa
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
0	0-1							Mantillo superficial
1	1-50	Franco limoso	Grano Simple <1mm	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	5,48	3-5%	90% Raicillas $\varnothing$ <2 cm 20% Raíces $\varnothing$ >3 cm
2	50-84	Franco arenoso	Granular <1mm	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	5,74	3-5%	20% raicillas $\varnothing$ <2 cm 20% Concreciones $\varnothing$ <3 mm de color naranja (oxido de Hierro). 40% Concreciones negras $\varnothing$ <2 mm
3	84-100	Arcillo limoso	Masiva 1-2 mm	Muy duro (s) Firme (h)	7,5YR 4/6 pardo fuerte	4,79	1%	

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 9 SECTOR II b

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Potrero cancha uno Rodal: R9SII b	Fecha muestreo: 14/1/2003
Altura: 307 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: ladera media	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera media	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 30%	Materia orgánica: presencia
Exposición: SO	Forma de la ladera: convexa
Profundidad: muy profundo	Otro: sin observación

Hoiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
0	0-2							Mantillo superficial
1	2-80	Limo	Grano Simple <1 m m	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	9,9	5-10%	80% Raicillas $\varnothing$ <2 mm 10% Raíces $\varnothing$ < 5 mm
2	80-103	Franco limoso	Grano Simple <1 mm	Blando (s) Friable (h)	10YR 4/6 pardo amarillento oscuro	5,66	5-10% 10-15%	15% raicillas $\varnothing$ < 2 mm 40% Concreciones $\varnothing$ 1-3 mm de color negro. 20% Concreciones $\varnothing$ <2 mm de color naranja (óxido de Hierro).
3	103-108	Franco limoso	Masiva 1-2 mm	Duro (s) Firme (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	5,66	1%	10% raicillas $\varnothing$ <1 mm 40% Concreciones negras $\varnothing$ 1-3 mm

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 18 SECTOR II

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Loma Ricardo Rodal: R18SII	Fecha muestreo: 14/1/2003
Altura: 340 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: cerro	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera media	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 20%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: cóncava
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-10							mantillo superficial
1	10-50	Franco arenoso	Masiva 1-2 mm	Blando (s) Friable (h)	7.5YR 8/3 pardo fuerte	4,93	10-15%	10% Raicillas $\varnothing$ <2 cm
2	50-77	Franco arcilloso	Granular 1-2 mm	Blando (s) Friable (h)	5YR 3/4 pardo rojizo oscuro	5,36	5-10%	5% raicillas $\varnothing$ <2 cm
3	77-100	Franco arcillo arenoso	Grumosa 1-2 mm	Ligeramente duro (s) Firme (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5,68	12%	1% raicillas $\varnothing$ <2 cm

\* Contenido de materia en % del peso



## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 54 SECTOR I

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Tierras coloradas Rodal: R54SI	Fecha muestreo: 15/1/2003
Altura: 581 m.s.n.m.	Vegetación natural: tepa, olivillo quila
Fisiografía: cerro	Drenaje externo: lento
Ubicación en relieve: ladera alta	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 15%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: convexa
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
0	0-2							mantillo superficial
1	2-17	Arcillo arenoso	Grano Simple 1-2 mm	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	4,17	10-15%	60% Raicillas $\varnothing$ <2 mm 2% Raíces $\varnothing$ 3-5 mm
2	17-50	Franco limoso	Granular <1 mm	Ligeramente Duro (s) Friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	4,76	3-5%	2% raicillas $\varnothing$ <1 mm 60% Concreciones café oscuro $\varnothing$ <3 mm
3	50-59	Franco arcilloso	Grano Simple <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 3/4 pardo fuerte	4,79	5-10%	10% raicillas $\varnothing$ <3 mm
4	59-100	Arcilloso	Masiva 5-10 mm	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	4,94	5-10%	1% raicillas $\varnothing$ <3 mm

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 45 SECTOR I a

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPÉCIFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Loma vera alto Rodal: R45S1a	Fecha muestreo: 16/1/2003
Altura: 514 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: cerro	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera alta	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 30%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: convexa
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
0	0-2							mantillo superficial
1	2-13	Franco arenoso	Grano Simple <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5,01	10-15%	85% Raicillas $\varnothing$ <2 mm 1% Raicillas $\varnothing$ 3-5 mm
2	13-50	Franco limoso	Granular <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5,33	5-10%	20% raicillas $\varnothing$ <2 mm Moteado de color naranja $\varnothing$ 5-7 mm
3	50-80	Franco arcilloso	Granular 1-2 mm	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5,45	5-10%	10% raicillas $\varnothing$ <2 mm
4	80-100	Arcilloso	Masiva 2-5 mm	Ligeramente duro (s) Friable (h)	7.5YR 4/4 pardo	5,74	1-3%	2% raicillas $\varnothing$ <2 mm

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 45 SECTOR II b

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Loma vera alto Rodal: R45SI b	Fecha muestreo: 16/1/2003
Altura: 477 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: cerro	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera media	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 49%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: convexa
Profundidad: muy profundo	Otro: sin observación

Horiz	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-1							mantillo superficial
1	1-20	Franco arenoso	Grano Simple <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 2.5/3 pardo muy oscuro	5,04	10-15%	85% raicillas $\varnothing$ <1 mm 1% raicillas $\varnothing$ >5 cm
2	20-67	Franco limoso	Granular <1 mm	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	4,6	10-15%	60% raicillas $\varnothing$ <1 cm 30% raicillas $\varnothing$ 3-5 cm 50% Concreciones $\varnothing$ 2 mm de color café oscuro
3	67-100	Franco arenoso	Grano Simple 1-2 mm	Ligeramente duro (s) Friable (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5,42	5%	4% raicillas $\varnothing$ < 2 mm 60% Concreciones $\varnothing$ < 2 mm de color café claro

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 25 SECTOR I

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Fortines Rodal: R25SI	Fecha muestreo: 20/1/2003
Altura: 322 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera baja	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 40%	Materia orgánica: presencia
Exposición: E	Forma de la ladera: cóncava
Profundidad : muy profundo	Otro: presencia de riachuelo

Horiz	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
0	0-1							mantillo superficial
1	1-40	Franco limoso	Grano Simple <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR pardo oscuro 2.5/3 muy	5,72	10-15%	10% Raicillas $\varnothing$ <1mm 5% Raíces $\varnothing$ 5 mm 40% Concreciones $\varnothing$ <2 mm de color café oscuro
2	40-60	Franco arenoso	Grano Simple <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR pardo oscuro 3/3	5,54	5-10%	2% raicillas $\varnothing$ <1 mm 40% Concreciones $\varnothing$ <2 mm de color café claro
3	60-100	Areno arcilloso	Granular 1-2 mm	Blando (s) Friable (h)	7.5YR pardo oscuro 3/4	5,53	1%	

\* Contenido de materia en % del peso



## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 24 SECTOR I

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo VoipirLoma vera Rodal: R24SI	Fecha muestreo: 21/1/2003
Altura: 395 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: media ladera	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 22%	Materia orgánica: presencia
Exposición: N	Forma de la ladera: homogénea inclinada
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-1							mantillo superficial
1	1-25	Franco limoso	Granular <1 mm	Ligeramente duro (s) Muy friable (h)	7.5YR 2.5/3 pardo muy oscuro	4,86	10-15%	30% Raicillas $\varnothing$ <3 mm 40% Raicillas $\varnothing$ <1 mm 10% Concreciones $\varnothing$ <2 mm de color naranja (óxido de Hierro).
2	25-51	Franco limoso	Masiva 1-2 mm	Blando (s) Friable (h)	7.5YR 3/4 pardo oscuro	5,60	3-5%	2% raicillas $\varnothing$ <1mm 2% Raíces $\varnothing$ 3-5 cm 30% Concreciones $\varnothing$ <2 mm de color naranja (óxido de Hierro). 30% fragmentos Carbón $\varnothing$ <2 mm
3	51-100	Franco arenoso	Poliédrica 1-2 mm	Ligeramente duro (s) Muy friable (h)	7.5YR 3/4 pardo oscuro	5,92	1%	1% raicillas $\varnothing$ <1 mm 1% raicillas $\varnothing$ <3 mm

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 39 SECTOR II

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPÉCIFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Fuente de agua Rodal: 39SII	Fecha muestreo: 22/1/2003
Altura: 303 m.s.n.m.	Vegetación natural: olivillo
Fisiografía: hondonada con drenaje	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera baja	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 7%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: convexa
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-1							mantillo superficial
1	1-21	Franco limoso	Grumosa <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 2.5/2 pardo muy oscuro	4,52	10-15%	10% raicillas $\varnothing$ <1mm 15% raicillas $\varnothing$ <3mm
2	21-80	Franco limoso	Masiva <1 mm	Ligeramente duro (s) Firme (h)	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5,04	5-10%	70% Concreciones $\varnothing$ <2 mm de color naranja (óxido de Hierro). 60% Concreciones $\varnothing$ <2 mm color negro.
3	80-100	Franco arenoso	Granular <1 mm	Ligeramente duro (s) Friable (h)	7.5YR 3/3 pardo oscuro	5,11	5-10%	70% Concreciones $\varnothing$ < 2 mm de color naranja (oxido de Hierro).

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 67 SECTOR II

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Collico bajo Rodal: R67SII	Fecha muestreo: 22/1/2003
Altura: 295 m.s.n.m.	Vegetación natural: quila
Fisiografía: hondonada con drenaje	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera baja	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 5%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: homogénea inclinada
Profundidad : muy profundo	Otros: sector muy húmedo, lo cruzan 2 esteros

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-1							mantillo superficial
1	1-70	Franco arcillo arenoso	Poliédrico <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 2/2 pardo muy oscuro	5,01	5-10%	30% raicillas $\varnothing$ <1 mm 10% raíces $\varnothing$ 3-5 cm 10% Concreciones $\varnothing$ <3 mm de color naranja (óxido de Hierro). 20% fragmentos Carbón $\varnothing$ <5 cm
2	70-100	Franco arcilloso	Granular <1 mm	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/3 pardo oscuro	5,44	1-3%	1% raicillas $\varnothing$ <3 mm

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 48 SECTOR II

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPÉCIFICAS:

Lugar: Fundo Voipir,Altos del dos Rodal: R48SII	Fecha muestreo: 23/1/2003
Altura: 470 m.s.n.m.	Vegetación natural: Tapa , olivillo, quila
Fisiografía: cerro	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera alta	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 20%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: convexa
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-1							mantillo superficial
1	1-20	Franco limoso	Granular <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 2.5/3 pardo muy oscuro	5,48	10-15%	40% raicillas $\varnothing$ <1 mm 3% raíces $\varnothing$ 2-3 mm
2	20-68	Franco arenoso	Grumosa <1 mm	Blando (s) Friable (h)	5YR 3/4 pardo rojizo oscuro	5,66	5-10%	20% raicillas $\varnothing$ <1 mm 5% Raíces $\varnothing$ 2-3 mm 1% Raíces $\varnothing$ 3-5 cm
3	68-100	Arcillo arenoso	Masiva <1 mm	Ligeramente duro (s) Friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	5,58	3-5%	5% raicillas $\varnothing$ <1 mm 2% Raíces $\varnothing$ 2-3 mm

\* Contenido de materia en % del peso



## CARACTERIZACIÓN SUELOS: VOIPIR 41 SECTOR II

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Villarrica  
Serie: Cerro Nahuel:  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Voipir

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Plantación mixta de secoya y pino oregón. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPÉCIFICAS:

Lugar: Fundo Voipir, Palomar Rodal: R41SII	Fecha muestreo: 24/1/2003
Altura: 348 m.s.n.m.	Vegetación natural: Olivillo
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: ladera media	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 20%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: inclinada homogénea
Profundidad : muy profundo	Otro: sin observación

Horiz	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Humus*	Observaciones
O	0-2,5							mantillo superficial
1	2,5-33	Franco limoso	Grumosa <1 mm	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 2.5/3 pardo oscuro my	5,01	10-15%	85% raicillas $\varnothing$ <1 mm 10% raicillas $\varnothing$ 3-5 mm
2	33-57	Franco arenoso	Masiva <1 mm	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/3 pardo oscuro	5,36	3-5%	10% raicillas $\varnothing$ <1 mm 5% raicillas $\varnothing$ 3-5 mm
3	57-100	Limo arenoso	Poliédrica <1 mm	Ligeramente duro (s) No coherente (h)	7.5YR 3/4 pardo oscuro	5,57	1%	3% raicillas $\varnothing$ <1 mm 30% Concreciones $\varnothing$ < 2 mm de color naranjo (óxido de Hierro).

\* Contenido de materia en % del peso

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: EL VERGEL

Región: IX  
Provincia: Malleco  
Comuna: Angol  
Serie: San Esteban  
Clase de Uso: III  
Lugar: El Vergel

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde a uso ornamental y forestal, donde no se han desarrollado prácticas culturales. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno con regadío y con un cierto grado de compactación, debido a su uso para recreación.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Escuela agrícola El Vergel	Fecha muestreo: 11/12/2002
Altura: 238 m.s.n.m.	Vegetación natural: boldo, roble
Fisiografía: valle	Drenaje externo: lento
Ubicación en relieve: fondo de valle	Drenaje interno: lento
Pendiente: 1%	Materia orgánica: presencia
Exposición: S	Forma de la ladera: plano
Profundidad: profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
0	0-5						mantillo superficial
1	5-24	Franco limoso	Bloques media	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	6,05	Algunas raíces con $\varnothing > 10$ mm
2	24-50	Arcilloso franca	Bloques media	Ligeramente duro (s) Firme (h)	7.5YR 4/1 gris oscuro	46,5	
3	> 50	Arcillo arenoso	Bloques media	Ligeramente duro (s) Friable (h)	7.5YR 3/1 gris oscuro muy	6,38	

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: CORRELTUÉ

Región: X  
Provincia: Valdivia  
Comuna: Panguipulli  
Serie: Malihue:  
Clase de Uso: IV  
Lugar: Correltué

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. Las prácticas culturales desarrolladas son poda y raleo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Correltué	Fecha muestreo: 17/1/2002
Altura: 125 m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: rápido
Ubicación en relieve: ladera media	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 30%	Materia orgánica: presencia
Exposición: SO	Forma de la ladera: convexa
Profundidad : profundo	Otro: sin observación

Horiz	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
0	0-4						mantillo superficial
1	4-10	Franco limoso	Granular simple	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	4,84	Algunas raíces con $\varnothing > 10$ mm
2	10-28	Arcillo limoso	Granular gruesa	Ligeramente duro (s) Muy friable (h)	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5,13	Algunas raíces con $\varnothing > 10$ mm
3	28-47	Franco arcilloso	Granular media	Ligeramente duro (s) friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	5,46	Raíces ancho variable
4	47-80	Franco arcilloso	Granular media	Blando (s) Muy friable (h)	7,5YR 4/6 pardo fuerte	5,46	Gran número de raíces, algunas superiores a 10 mm

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: QUECHUCO

Región: X  
Provincia: Los Lagos  
Comuna: San José de la Mariquina  
Serie: Nahuelbuta  
Clase de Uso: VII  
Lugar: Fundo Quechuco

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. El rodal es mixto y multietaneo, formado por secoya y pino oregón, con raleo, replantación y podas como prácticas culturales. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Quechuco	Fecha muestreo: 14/12/2002
Altura: 30 m.s.n.m.	Vegetación natural: Coigüe, mañío, roble, notro
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: rápido
Ubicación en relieve: media ladera	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 22%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NO	Forma de la ladera: homogénea inclinada
Profundidad: moderadamente profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
O	0-3						mantillo superficial
1	3-24	Franco arcilloso	Bloques medio	Ligeramente duro (s) Friable (h)	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	4,58	Raíces superiores a 10 mm
2	> 24	Arcilla limosa, Arcilla franca	Grano simple	Ligeramente duro (s) Friable (h)	5YR 3/4 pardo rojizo oscuro	4,59	Horizonte completamente arcilloso



## CARACTERIZACIÓN SUELOS: PIEDRAS BLANCAS

Región: X  
Provincia: Valdivia  
Comuna: Valdivia  
Serie: Nahuelbuta  
Clase de Uso: VIII  
Lugar: Fundo Piedras Blancas

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. El rodal es puro y coetáneo. Como prácticas culturales raleo y podas. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Piedras Blancas	Fecha muestreo: 14/12/2002
Altura: 30 m.s.n.m.	Vegetación natural: coigüe, mañío, tepa
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: rápido
Ubicación en relieve: media ladera	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 22%	Materia orgánica: presencia
Exposición: SE	Forma de la ladera: Convexa
Profundidad: moderadamente profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
0	0-4						mantillo superficial
1	4-38	Franco limoso	Bloques medio	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 3/4 pardo oscuro	4,25	Muchas raíces finas y gruesas
2	> 38	Franco arcilloso	Grano simple	Blando (s) Friable (h)	5YR 3/4 pardo rojizo oscuro	4,42	Pocas raíces finas y varias de gran grosor

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: LAS PALMAS

Región: X  
Provincia: Valdivia  
Comuna: Valdivia  
Serie: Valdivia  
Clase de Uso: II  
Lugar: Fundo Las Palmas

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal, se desarrolla investigación y docencia. Cuenta con una superficie de 0,22 ha., año de plantación 1972, la semilla es de procedencia de Blue Lake, USA. Vivero de Voipir. Como prácticas culturales se desarrollan raleos y podas. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío. Finalmente, presencia de guijarros de cuarzo de 2 cm de tamaño medio, suelo lavado y de gran permeabilidad.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Fundo Las Palmas	Fecha: 13/12/2002
Altura: 128 m.s.n.m.	Vegetación natural: coigüe, canelo
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: lento
Ubicación en relieve: alta ladera	Drenaje interno: rápido
Pendiente: 3%	Materia orgánica: presencia
Exposición: NE	Forma de la ladera: inclinado
Profundidad: moderadamente profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
O	0-3						mantillo superficial
1	3-14	Arcilla arenosa	Grano medio	Blando (s) Friable (h)	10YR 3/3 pardo oscuro	4,29	Gran cantidad de raíces finas y medias
2	14-26	Arena franca	Grano simple fina	Blando (s) Muy friable (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	4,13	Horizonte transicional al material parental
3	>26	Arena levemente franca	Grano simple fina	Suelto (s) Muy friable (h)	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro	4,25	Horizonte mineral con pedregosidad

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: TRAFÚN

Región: IX  
Provincia: Cautín  
Comuna: Coñaripe  
Serie: Corte Alto  
Clase de Uso: i/s  
Lugar: Trafún

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal, donde el rodal es mixto compuesto por pino oregón, secoya y tuja. Las prácticas culturales desarrolladas son sólo raleos por lo bajo. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío y destinado a plantaciones.

### OBSERVACIONES ESPÉCIFICAS:

Lugar: Trafún	Fecha muestreo: 17/11/2002
Altura: 890m.s.n.m.	Vegetación natural:
Fisiografía: cerro	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: cumbre	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 10%	Materia orgánica: presencia
Exposición: SE	Forma de la ladera: cóncava
Profundidad: profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
O	0-3						mantillo superficial
1	3-21	Franco Limo-arcilloso	Granular gruesa	Blando (s) Muy friable (h)	7.5YR 2.5/1 negro	4,07	Algunas raíces con $\varnothing > 10$ mm
2	21-53	Arena franca	Bloque poliédrico	Suelto (s) Muy friable (h)	10YR 2/1 negro	4,83	Algunas raíces con $\varnothing > 10$ mm
3	53-80	Arena franca	Bloque poliédrico	Suelto (s) Muy friable (h)	10YR 2/2 pardo muy oscuro	5,28	Presencia de raíces y moteados

## CARACTERIZACIÓN SUELOS: LLANCACURA

Región: X  
Provincia: Valdivia  
Comuna: Río Bueno  
Serie: Nahuelbuta  
Clase de Uso: VIII  
Lugar: Llancacura

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal. El rodal es mixto y coetáneo, correspondiente a una faja de 80 a 100 metros de largo por 20 metros de ancho de secoya, en los bordes presenta dos hileras por lado, de pino oregón. Probablemente se han presentado grandes escurrimientos superficiales debido a la presencia de camellones en la base de los árboles. Además existe torsión fustal, gran cantidad de ramas en el piso, árboles quebrados y árboles con puntas quebradas. Este fenómeno es explicable por vientos fuertes, que han debido afectar durante gran parte del desarrollo de los individuos. El raleo es la única práctica cultural. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Llancacura	Fecha muestreo: 14/12/2002
Altura: 193 m.s.n.m.	Vegetación natural: coigüe , mañío, roble
Fisiografía: cerro	Drenaje externo: moderado
Ubicación en relieve: alta ladera	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 12%	Materia orgánica: presencia
Exposición: SE	Forma de la ladera: Cóncava
Profundidad: moderadamente profundo	Otro: sin observaciones

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
O	0-8						mantillo superficial
1	8-32	Franco limoso	Bloques débil	Blando (s) Friable (h)	7.5YR 3/3 pardo oscuro	4,56	Raíces superiores a 10 mm
2	> 38	Limo arcilloso	Bloques fuertes	Ligeramente duro (s) Friable (h)	7.5YR 3/3 pardo oscuro	4,18	Pocas raíces, color oscuro del horizonte poco permeable.



## CARACTERIZACIÓN SUELOS: FRUTILLAR

Región: X  
Provincia: Llanquihue  
Comuna: Frutillar  
Serie: Frutillar  
Clase de Uso: IV-VII  
Lugar: Centro Forestal Edmundo Winkler

### OBSERVACIONES GENERALES:

El uso actual del suelo corresponde al forestal e investigación y docencia. Como prácticas culturales se desarrollan raleos. Ausencia de pedregosidad superficial y erosión. Terreno sin regadío.

### OBSERVACIONES ESPECÍFICAS:

Lugar: Centro Forestal Edmundo Winkler	Fecha muestreo: 06/01/2003
Altura: 153 m.s.n.m.	Vegetación natural: Bosque siempreverde
Fisiografía: lomaje	Drenaje externo: rápido
Ubicación en relieve: ladera media	Drenaje interno: moderado
Pendiente: 55%	Materia orgánica: presencia
Exposición: SE	Forma de la ladera: homogénea inclinada
Profundidad: muy profundo	Otro: sin observación

Horiz.	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Consistencia	Color	pH	Observaciones
O	0 -1						mantillo superficial
1	1-10	Franco arcilloso	Granular	Fragil friable (s) Ligeramente adhesivo y ligeramente plástica (h)	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	6,13	Gran cantidad de raíces finas y medias
2	10 - 70	Franco arenoso fino	Bloques subregular	Ligeramente duro (s) Muy friable (h)	10YR 3/6 pardo amarillento oscuro	5,83	Abundantes y gruesas > 50%
3	70 -80	Franco arcilloso arenoso	Bloques	Ligeramente duro (s) Muy friable (h)	10YR 4/6 pardo amarillento oscuro	5,89	Abundantes y gruesas > 50%

## 8.4 Apéndice IV

### /// ESCALA EMPLEADA PARA TRANSFORMAR VARIABLES CUALITATIVAS A CUANTITATIVAS

FISIOGRAFÍA	cerro	10
	lomaje	20
	plano	30
	montaña	40
	valle	60
	hondonada con drenaje	80

Drenaje Externo	inundado	10
	muy lento	20
	lento	30
	moderado	40
	rápido	50
	muy rápido	60

UBICACIÓN EN RELIEVE	fondo de valle	10
	fondo de hondonada	20
	ladera baja	30
	ladera media	40
	ladera alta	50
	cumbre	60

DRENAJE INTERNO	inundado	10
	muy lento	20
	lento	30
	moderado	40
	rápido	50
	muy rápido	60



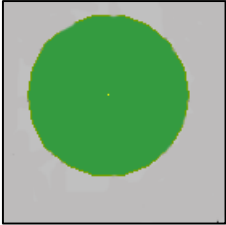
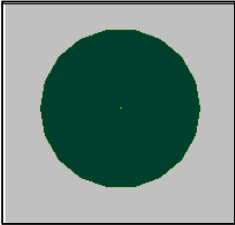
FORMA DE LA LADERA	inclinada	10
	convexa	20
	concava	30
	forma de terraza	40

EXPOSICIÓN	N NO NE	10
	O	20
	S SO SE	30
	E	40

PROFUNDIDAD	muy delgado	10
	delgado	20
	moderadamente profundo	30
	profundo	40
	profundo	40
	muy profundo	50

## 8.5 Apéndice V

### PERFILES VERTICALES Y HORIZONTALES DE LAS PARCELAS MUESTREADAS

LEYENDA LEVANTAMIENTO	
1) Vertical	
<p><i>Sequoia sempervirens</i></p> 	<p>Pino Oregón</p> 
2) Horizontal	
<p><i>Sequoia sempervirens</i></p> 	<p>Pino Oregón</p> 

• LEVANTAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA CLASE DE EDAD 1

Localidad: Voipir 45 sector I a Edad: 16

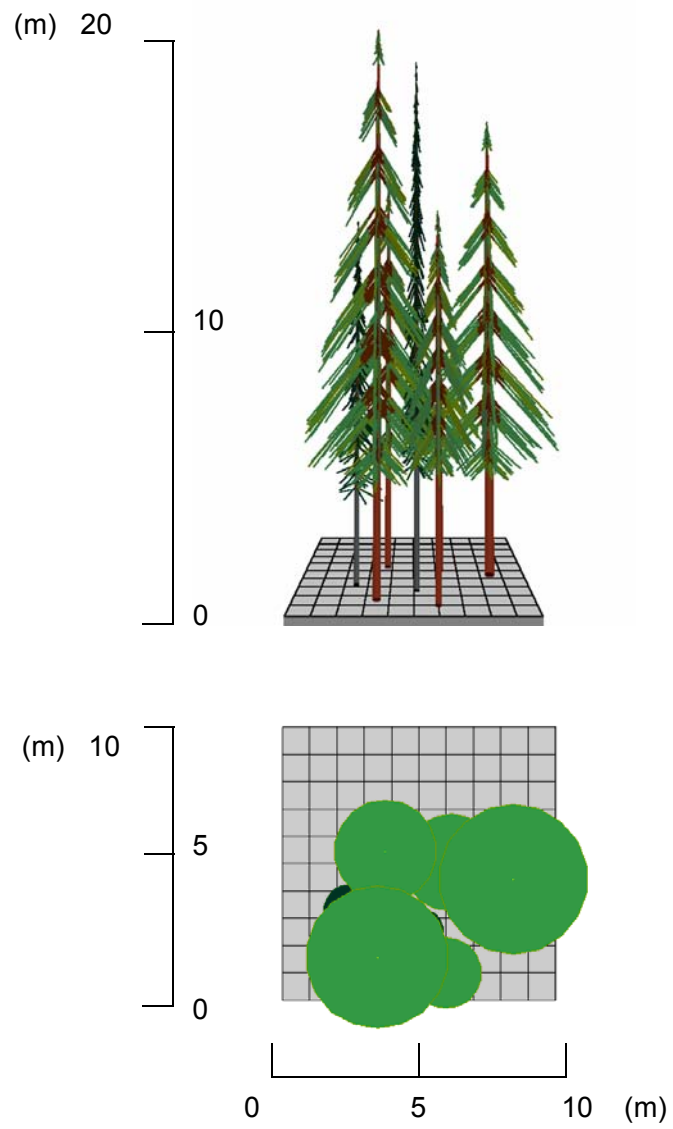


Figura 1. Voipir 45 sector I a

Localidad: Voipir 45 sector I b Edad: 16

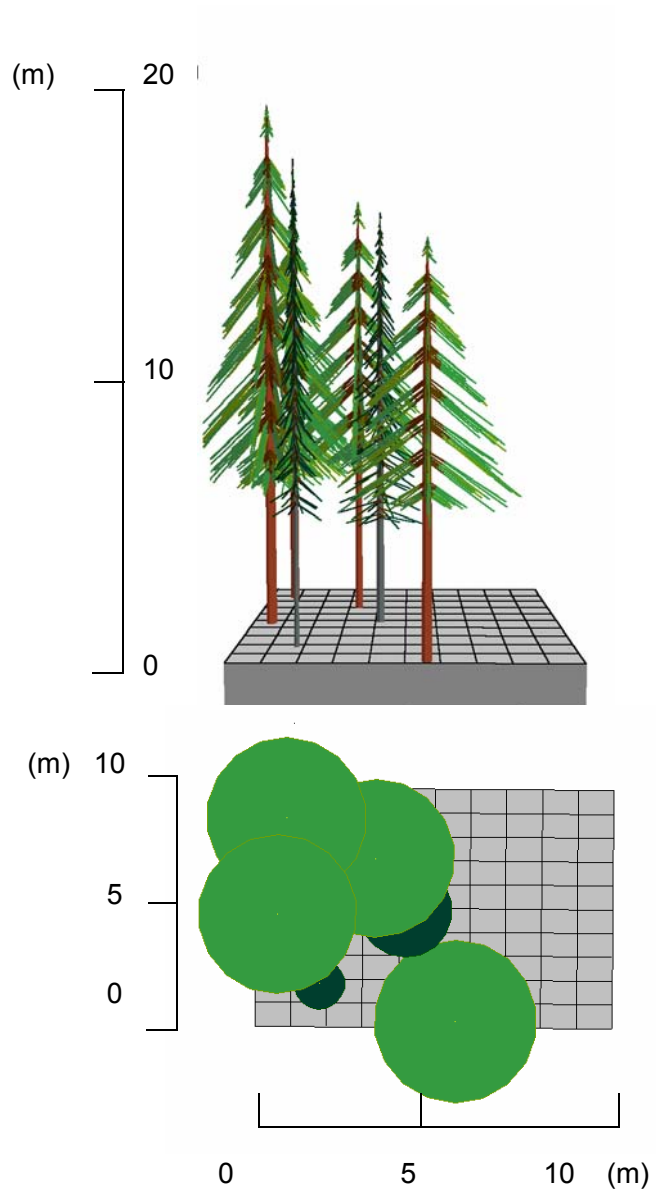


Figura 2. Voipir 45 sector I b

Localidad: Voipir 67 sector II Edad: 19

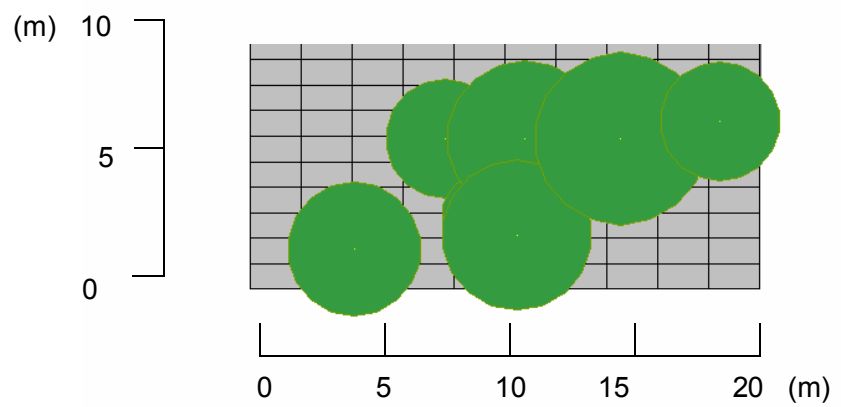
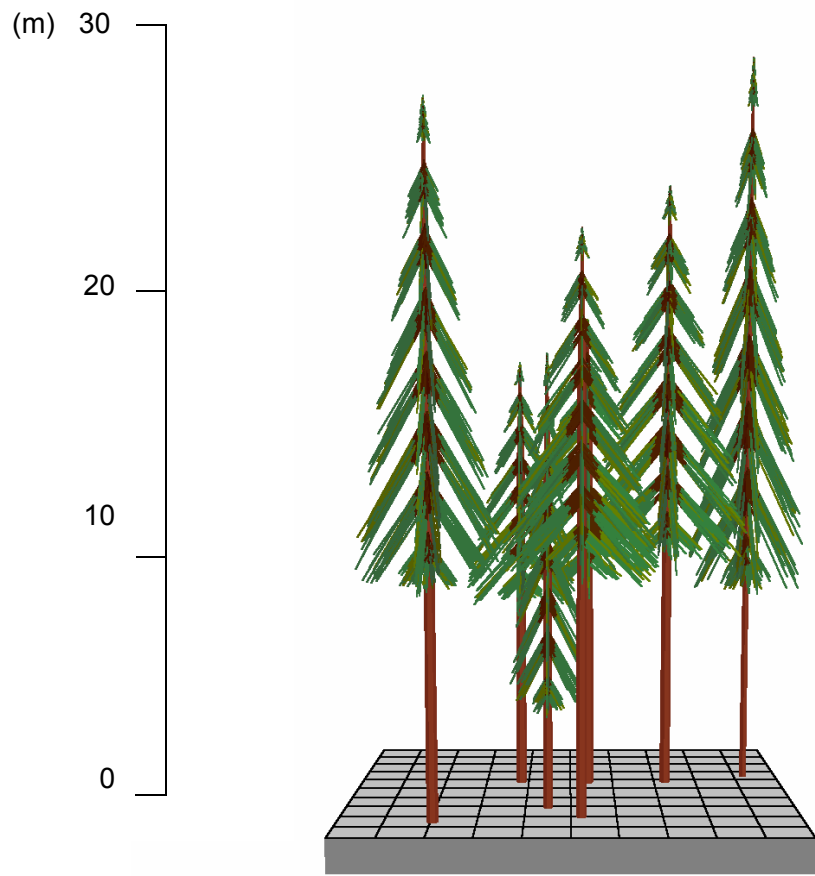


Figura 3. Voipi 67 sector II

Localidad: Voipir 48 sector II Edad: 19

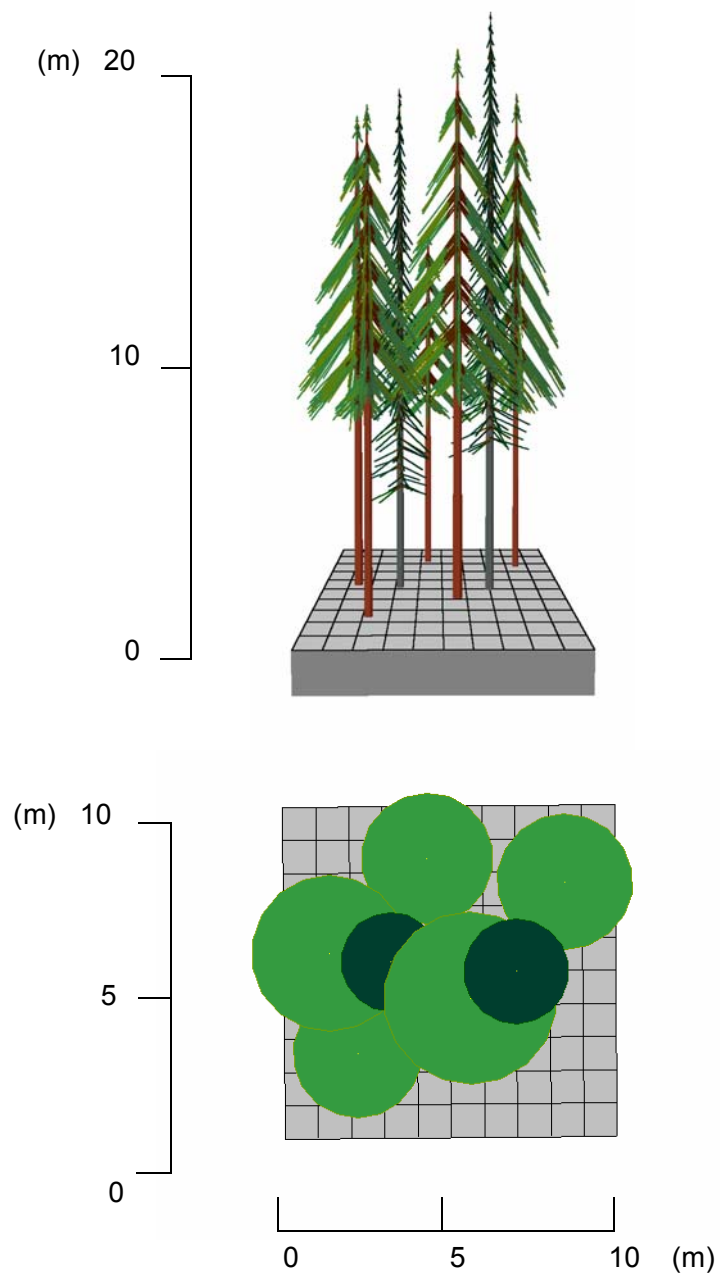


Figura 4. Voipir 48 sector II



Localidad: Voipir 25 sector I Edad: 20

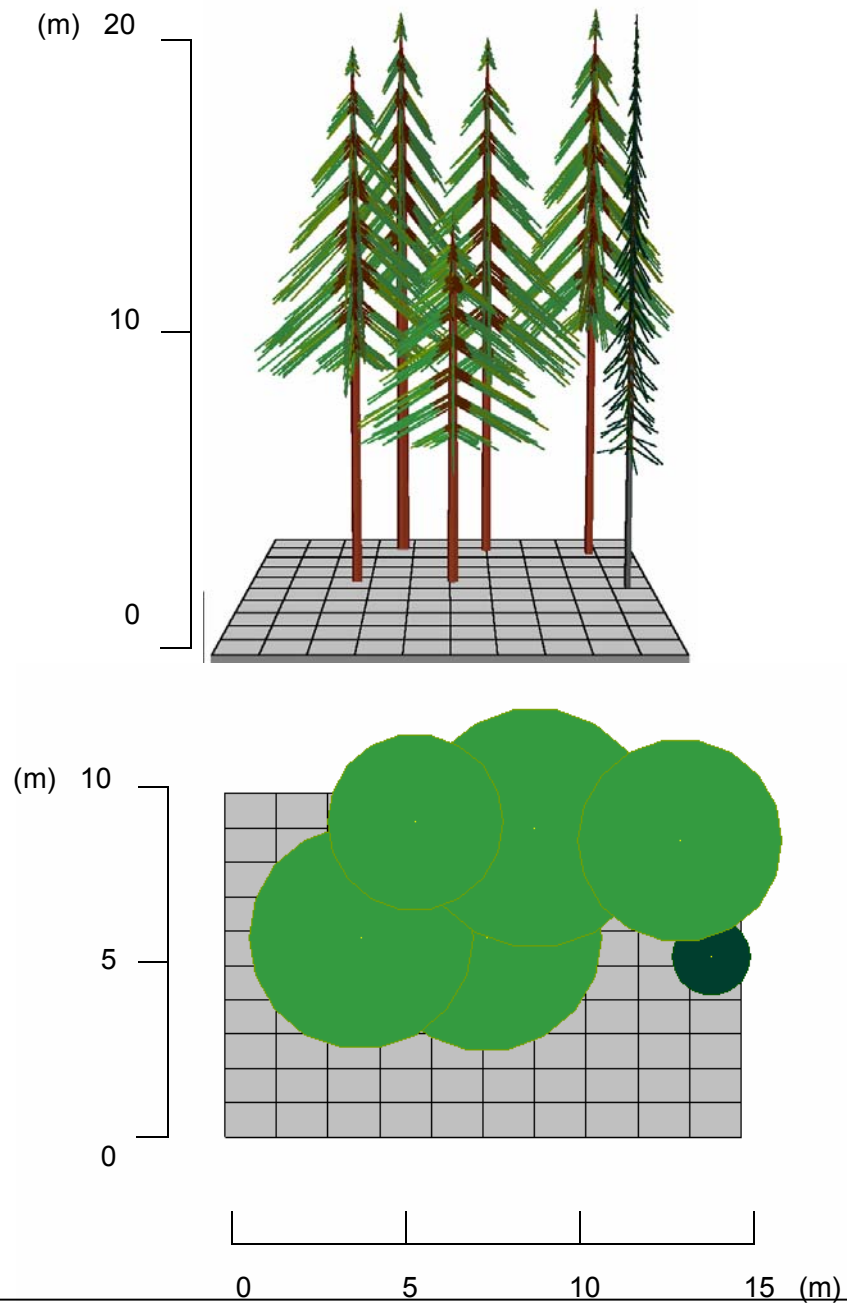


Figura 5. Voipir 25 sector II

Localidad: Voipir 24 sector I Edad: 21

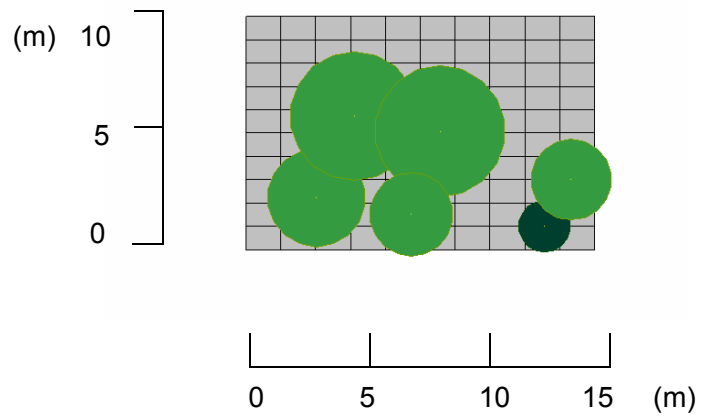
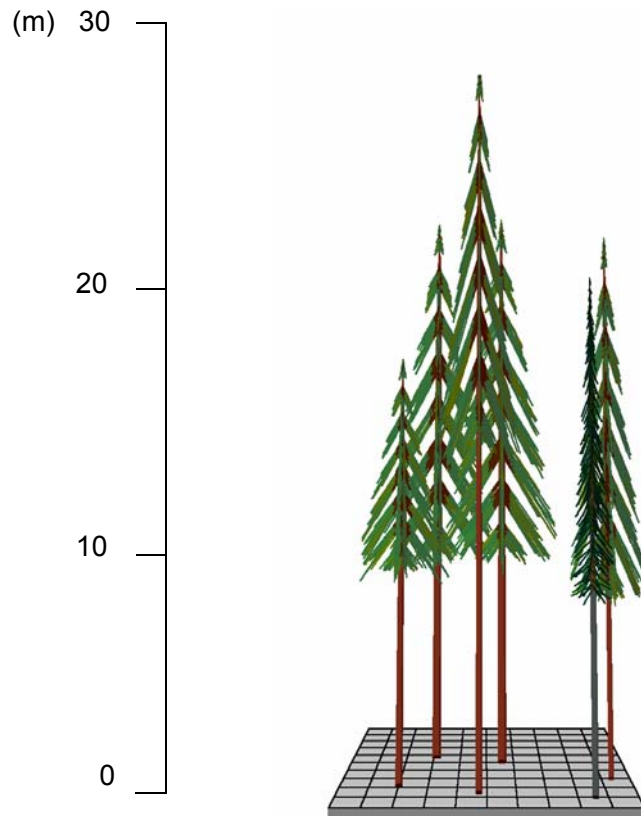


Figura 6. Voipir 24 sector I

• LEVANTAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA CLASE DE EDAD 2

Voipir 18 sector II Edad: 23

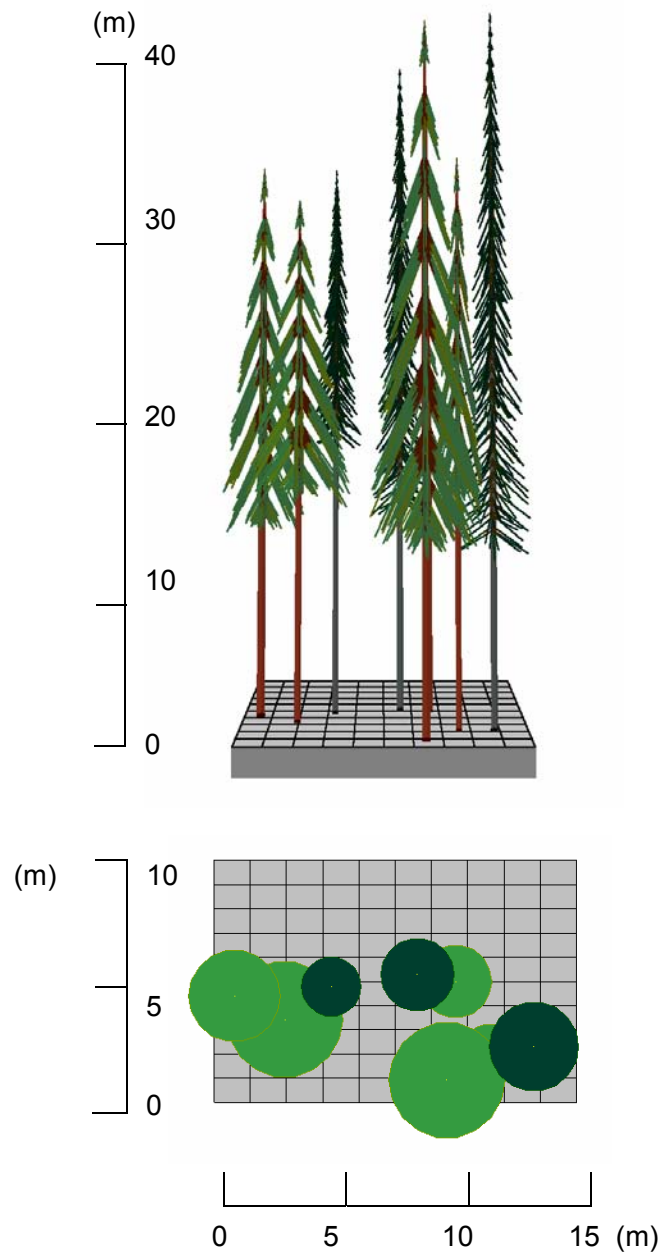


Figura 7. Voipir 18 sector II

Levantamiento Frutillar Edad: 27 años

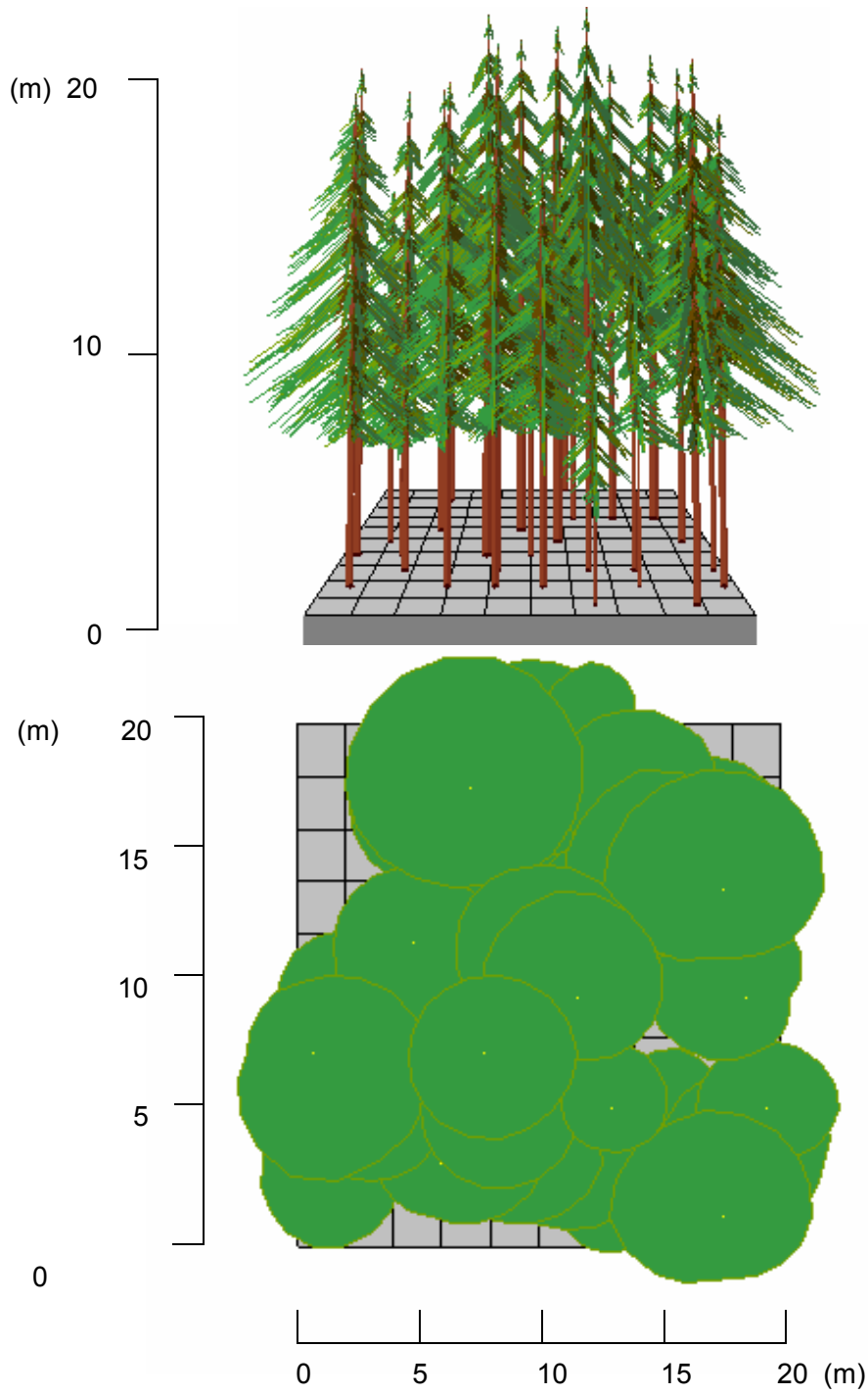


Figura 8. Frutillar

Localidad: Antiquina Edad: 29

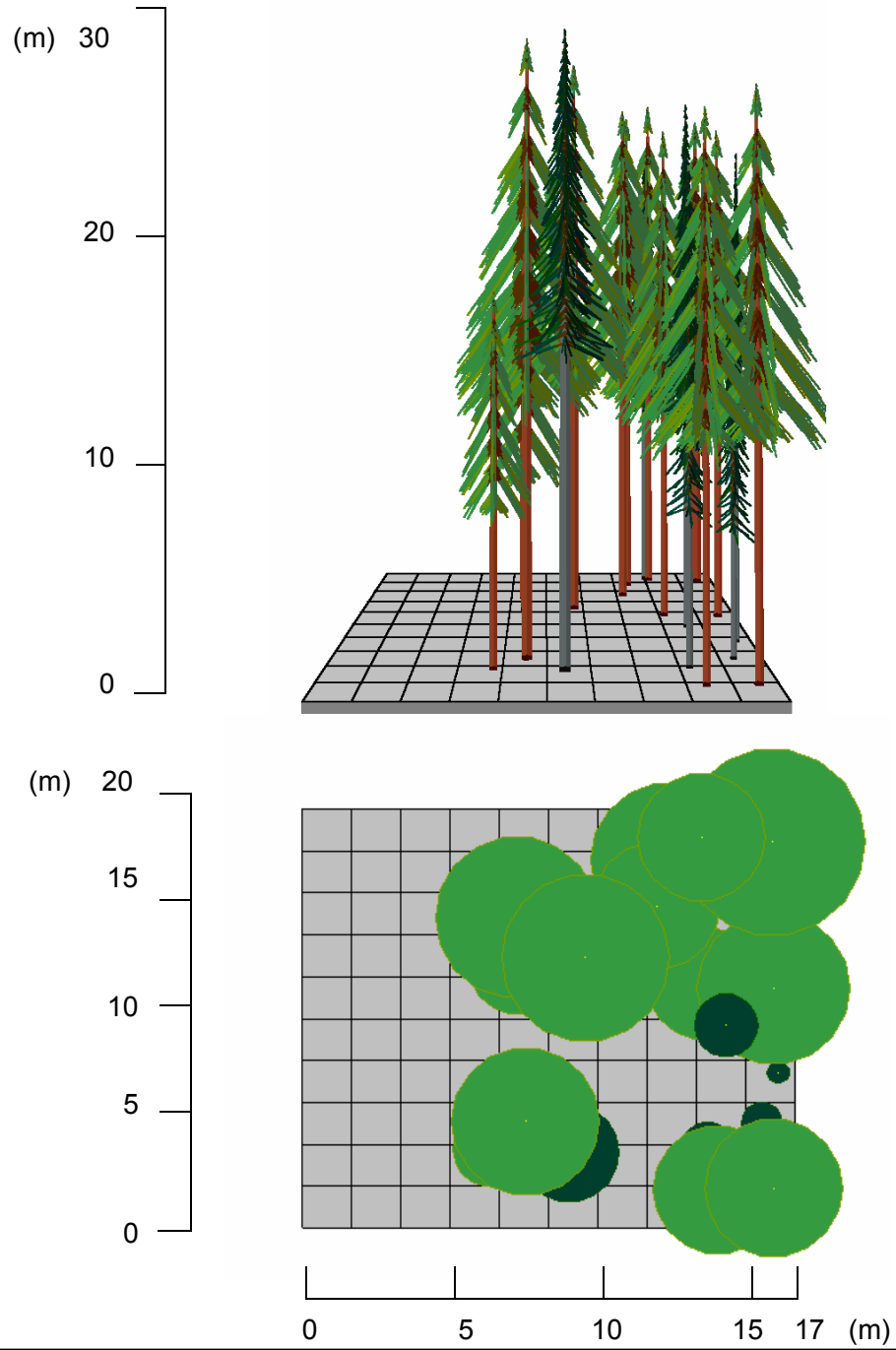


Figura 9. Antiquina

• LEVANTAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA CLASE DE EDAD 3

Localidad: Las Palmas Edad: 37

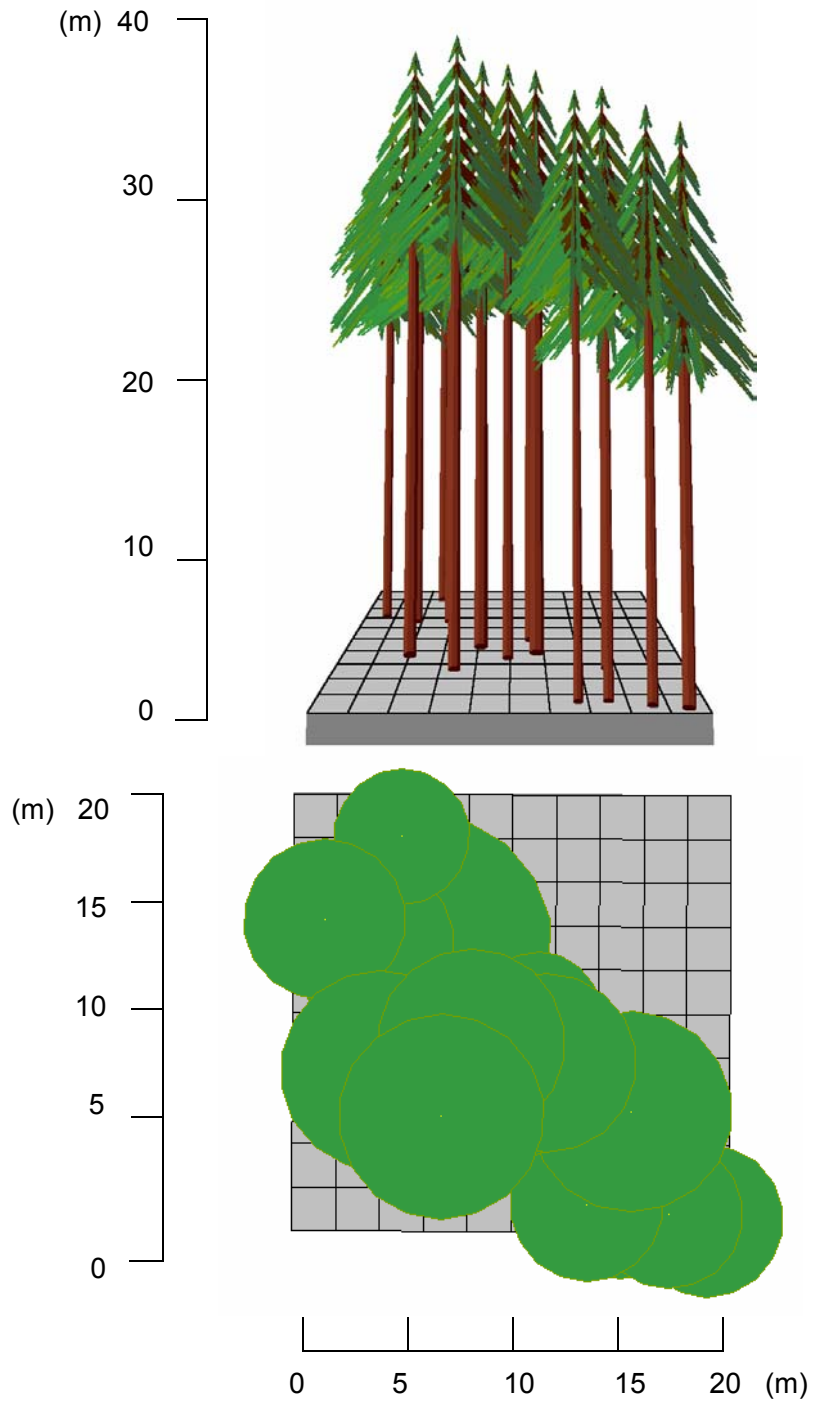


Figura 10. Las Palmas

Localidad: Voipir 9 sector II a Edad: 39

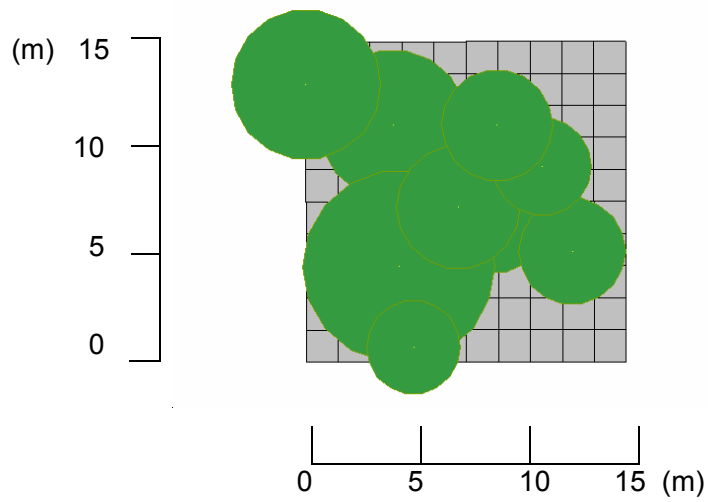
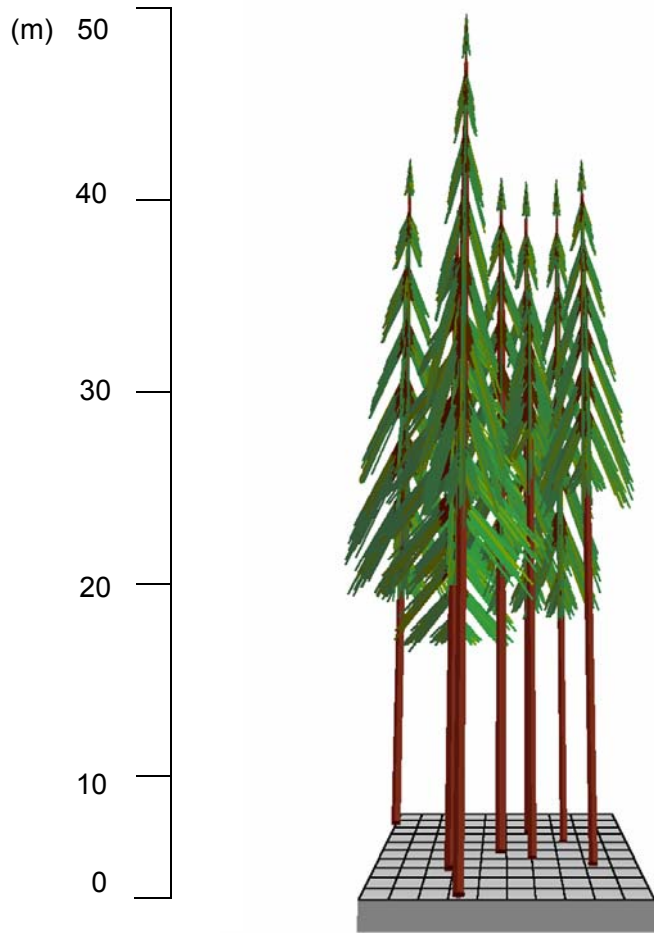


Figura 11. Voipir 9 sector II a

Localidad: Voipir 9 sector II b Edad: 39

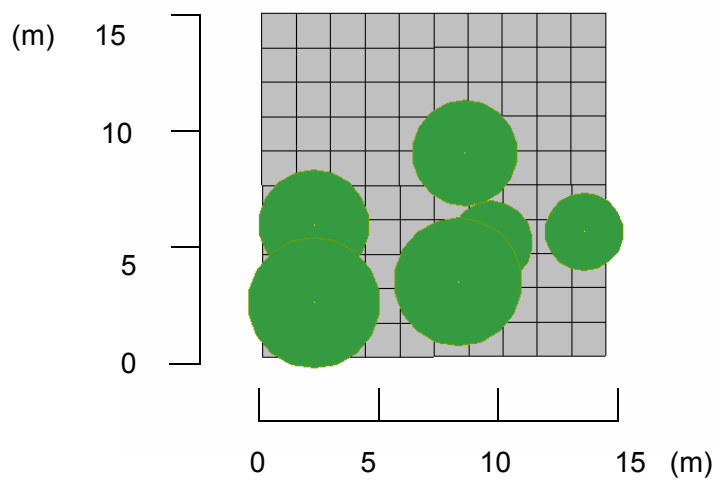
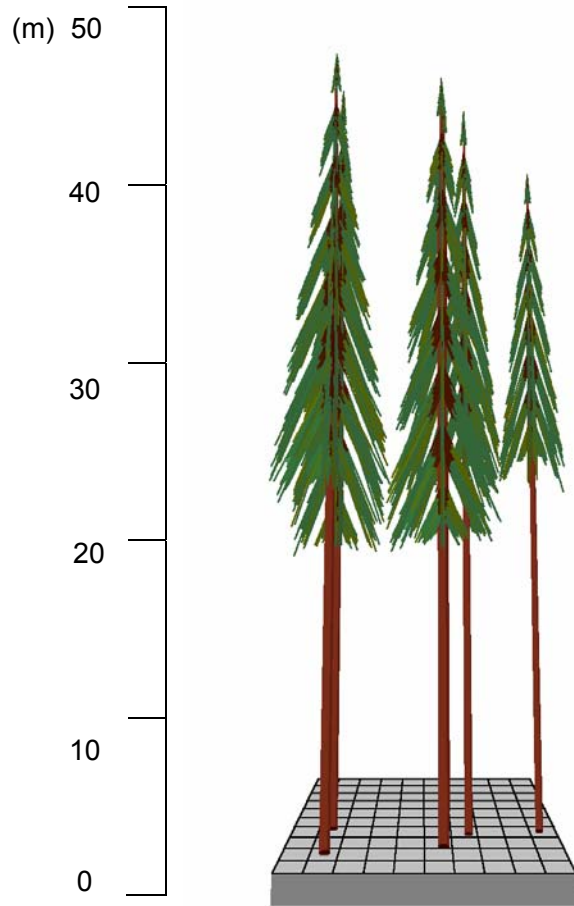


Figura 12. Voipir 9 sector II b



Localidad: Llancacura Edad: 40

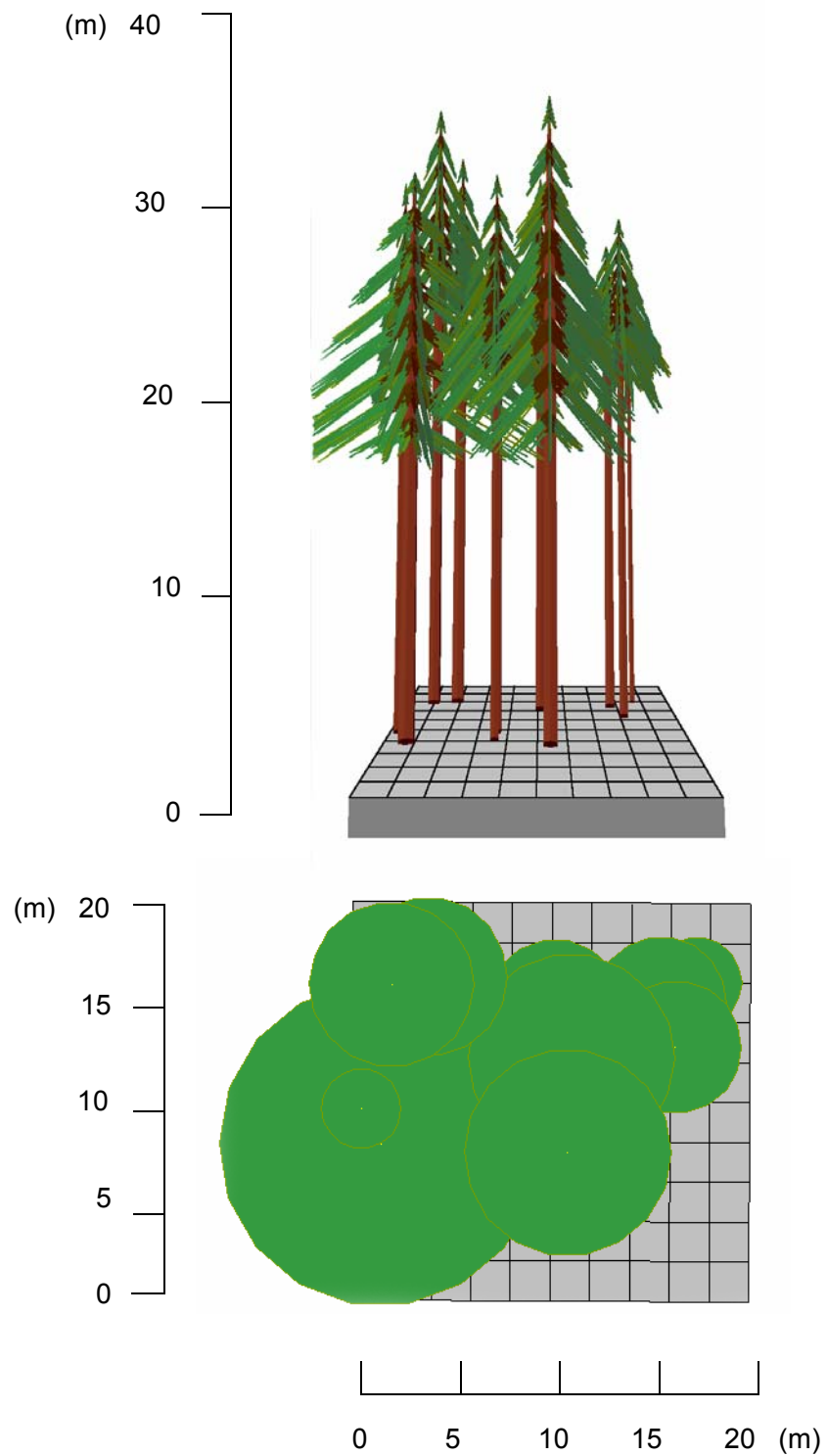


Figura 13. Llancacura

Localidad: Trafún Edad: 41 años

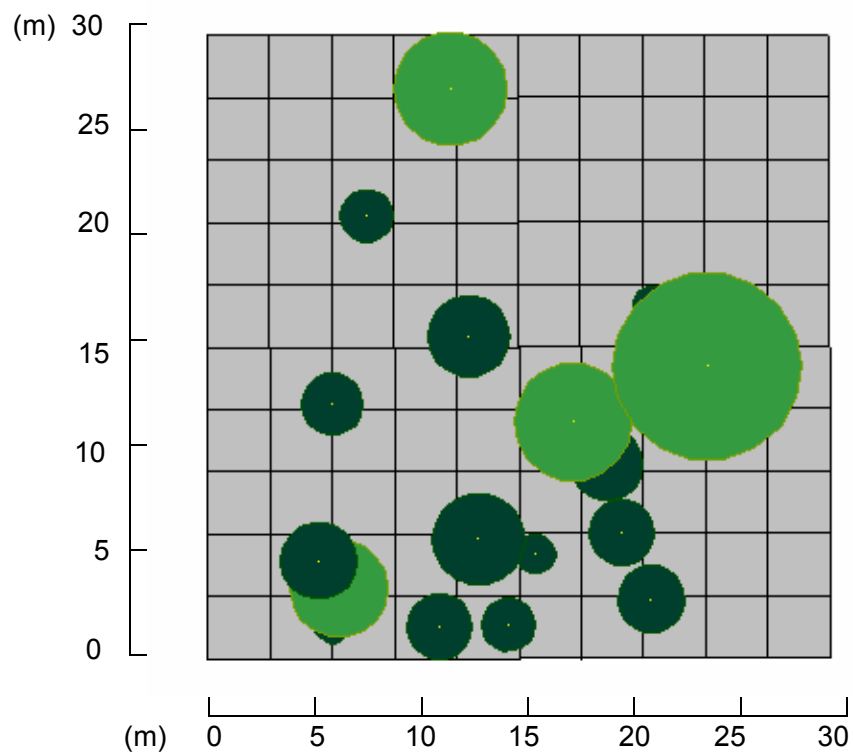
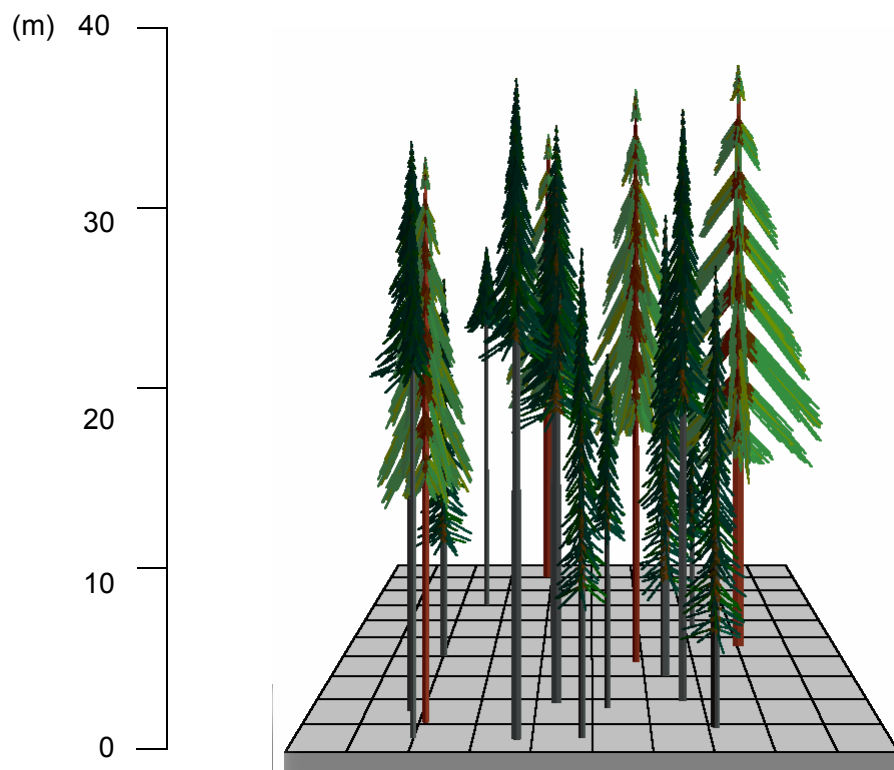


Figura 14. Trafún

Localidad: Campanario Edad: 41

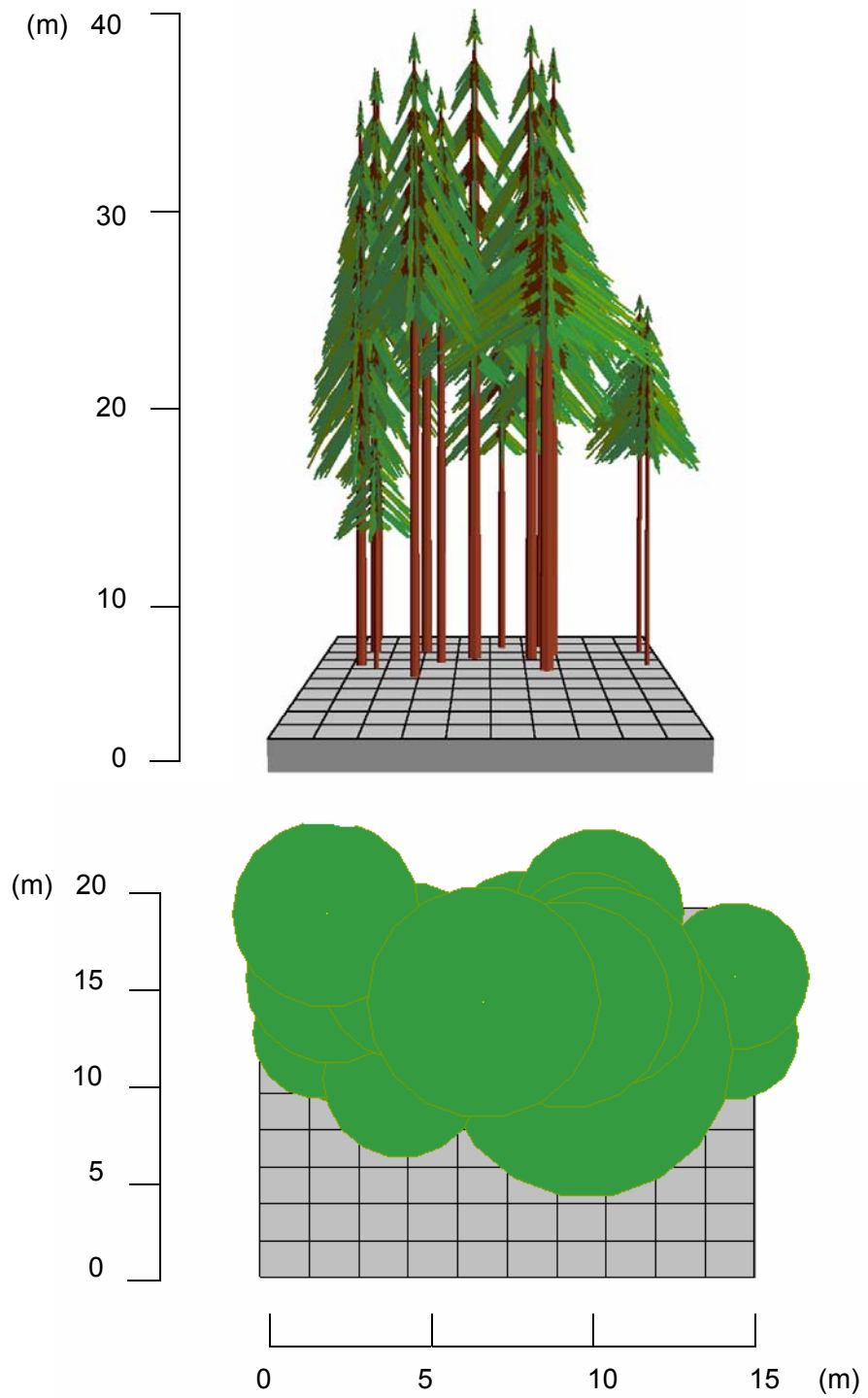


Figura 15. Campanario

• LEVANTAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA CLASE DE EDAD 4

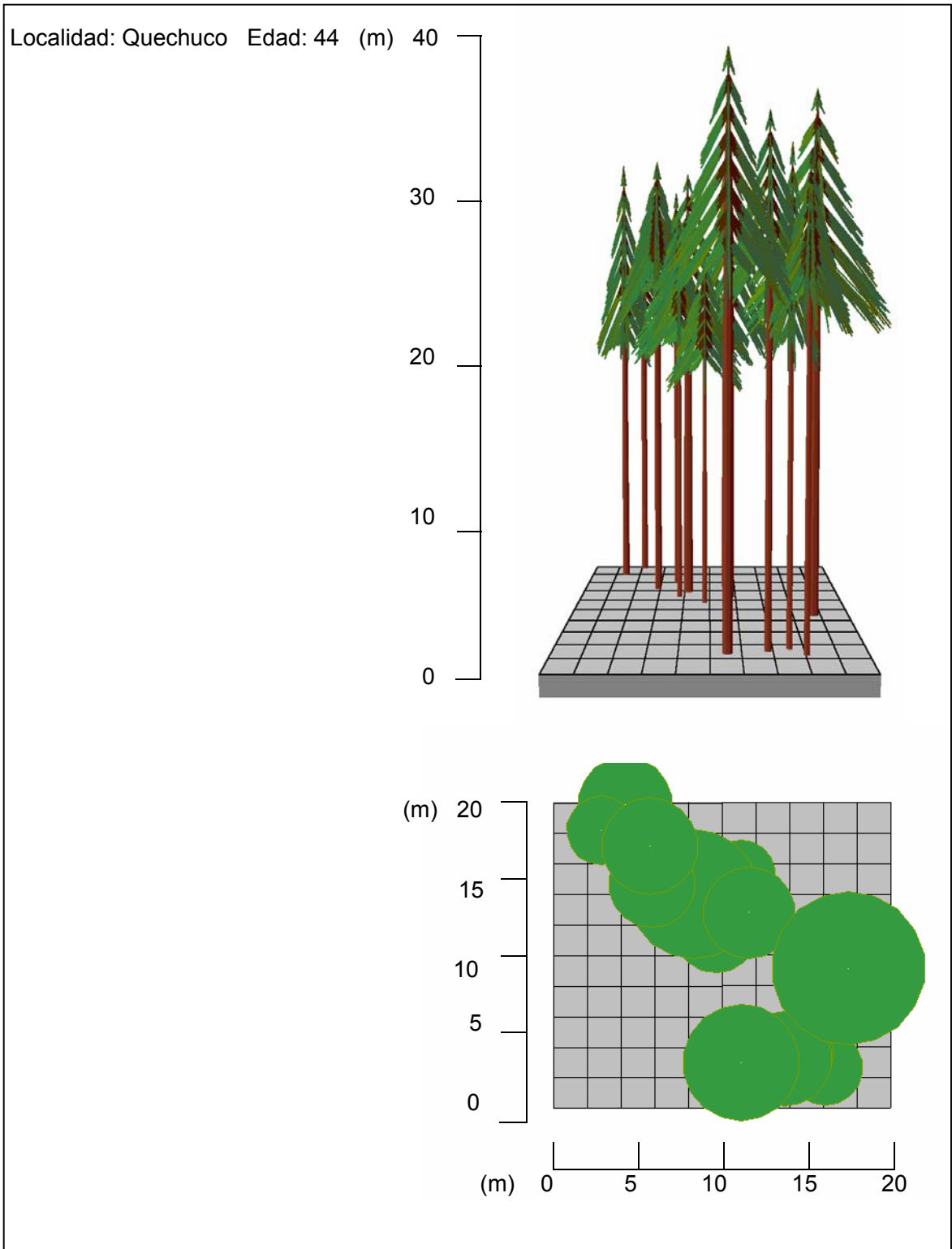


Figura 16. Quechuco

Localidad: Voipir 34 sector I Edad: 45

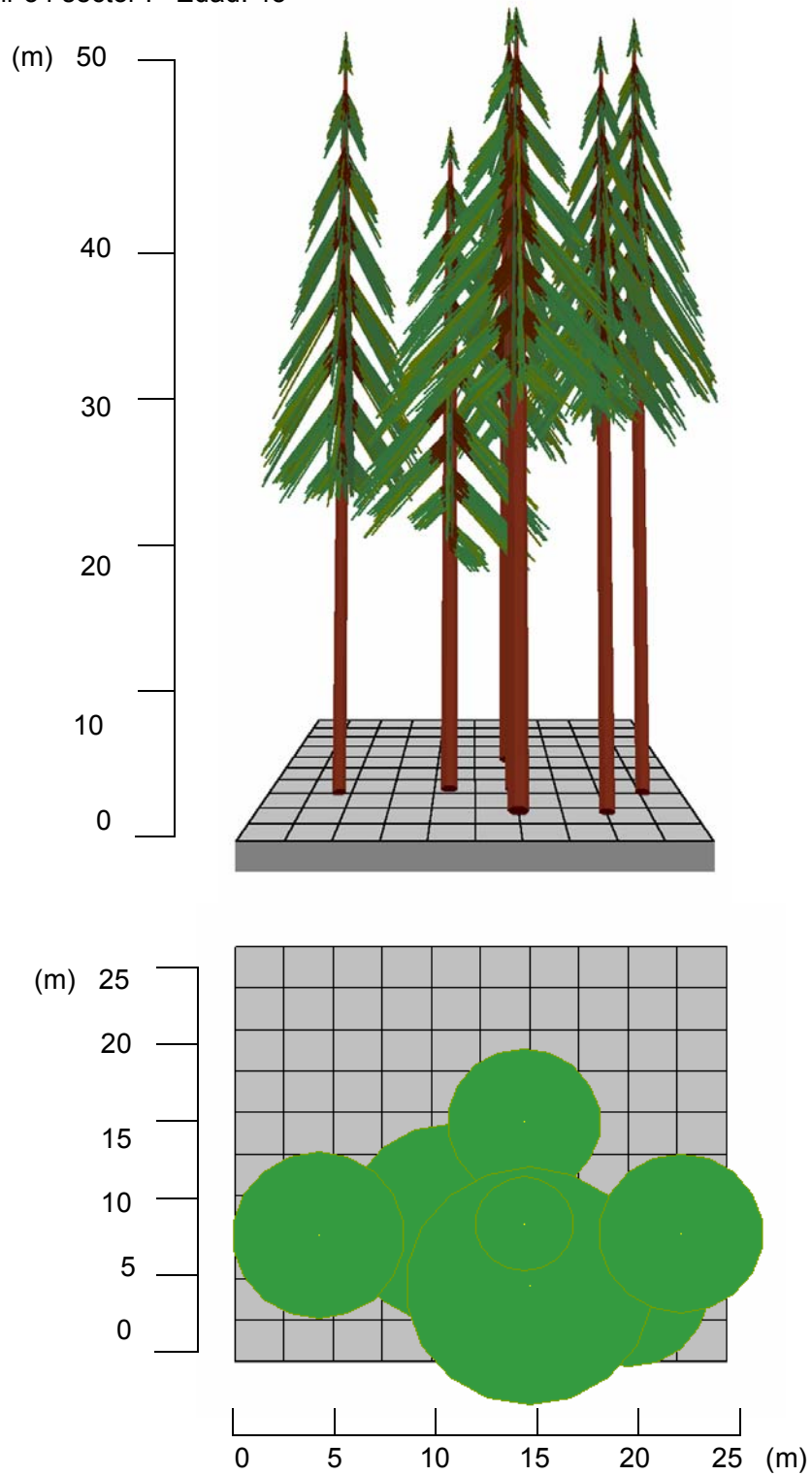


Figura 17. Voipir 34 sector II

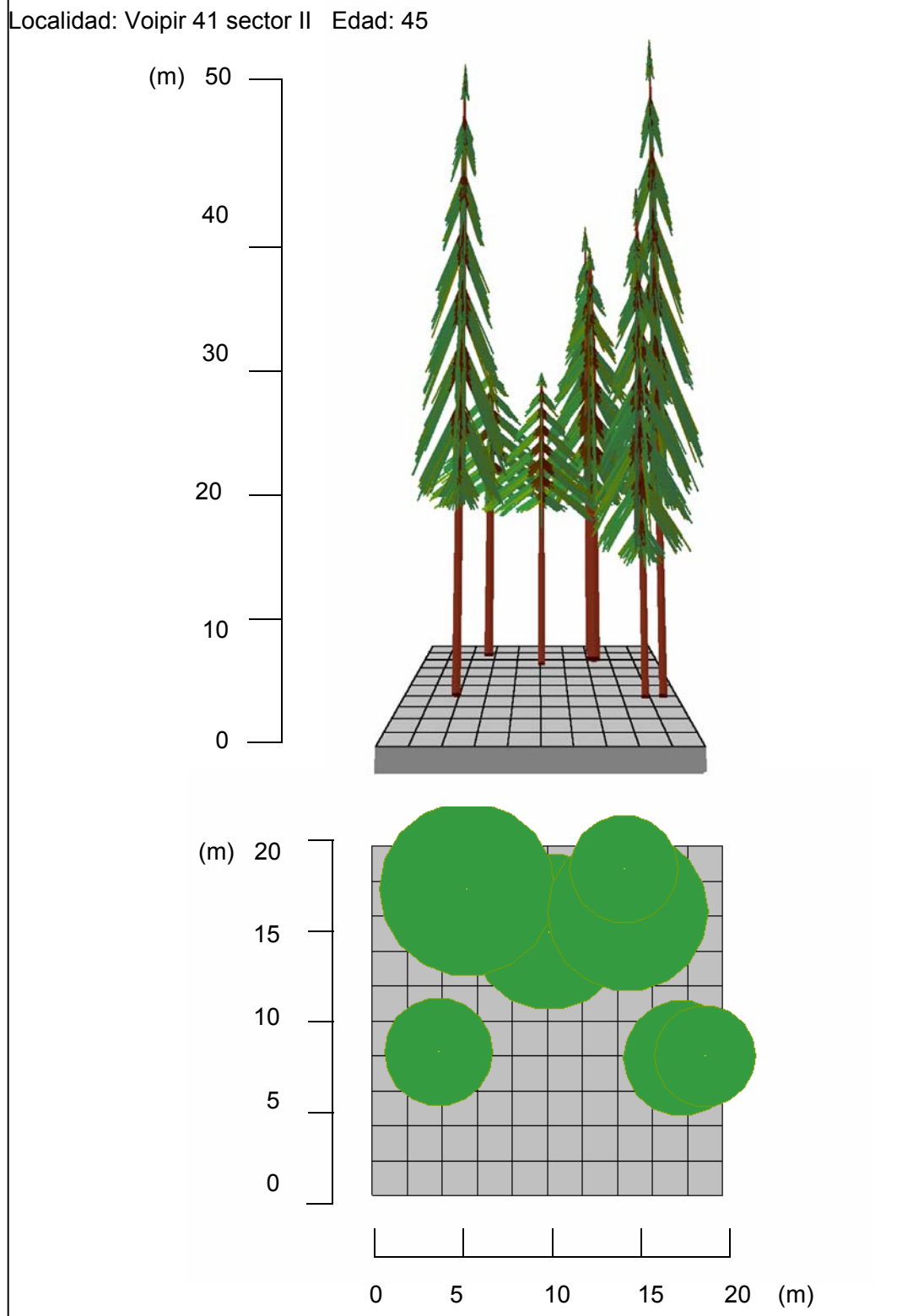


Figura 18. Voipir 41 sector II

Localidad: Correltué Edad: 45

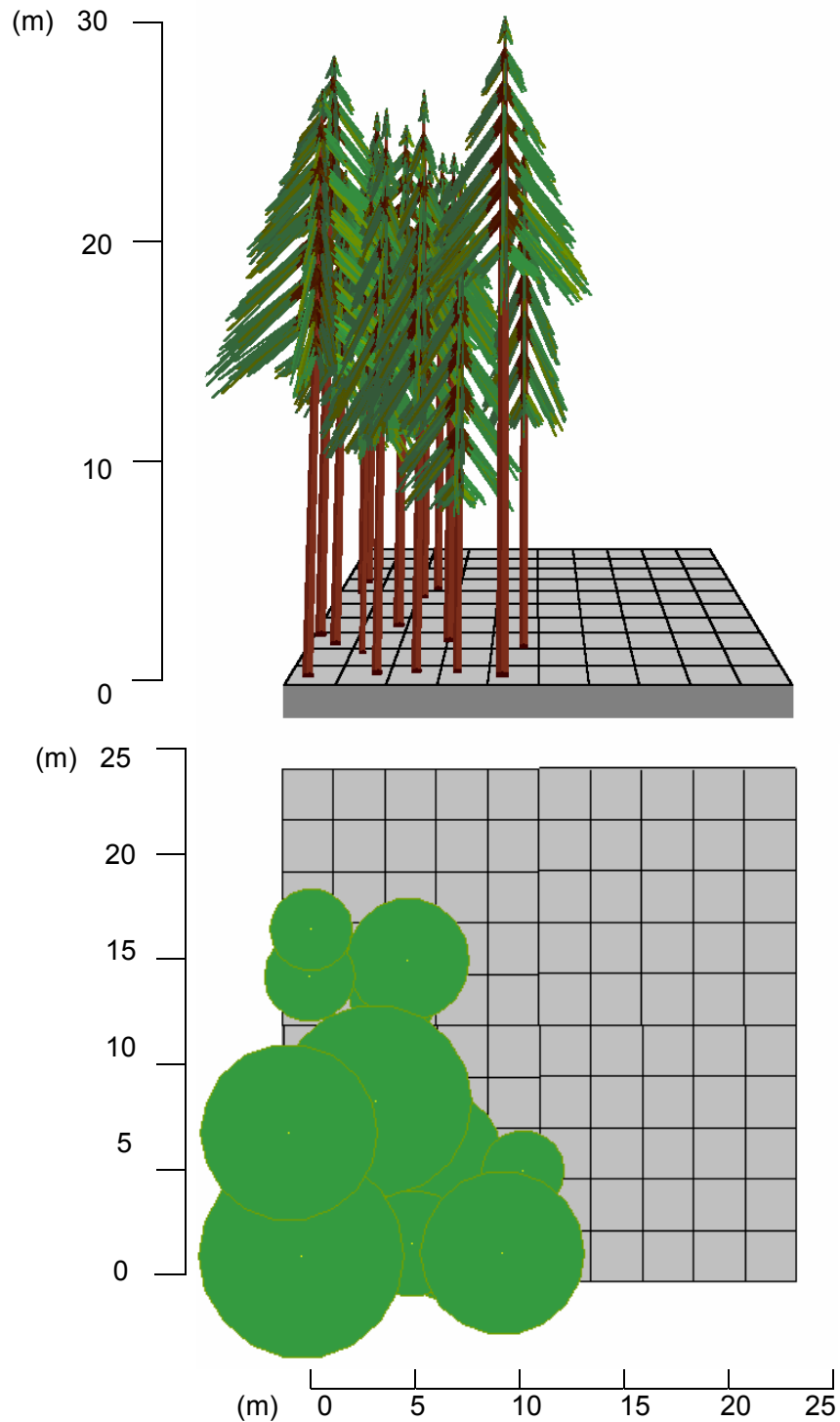


Figura 19. Correltué

Localidad: Piedras Blancas Edad: 45

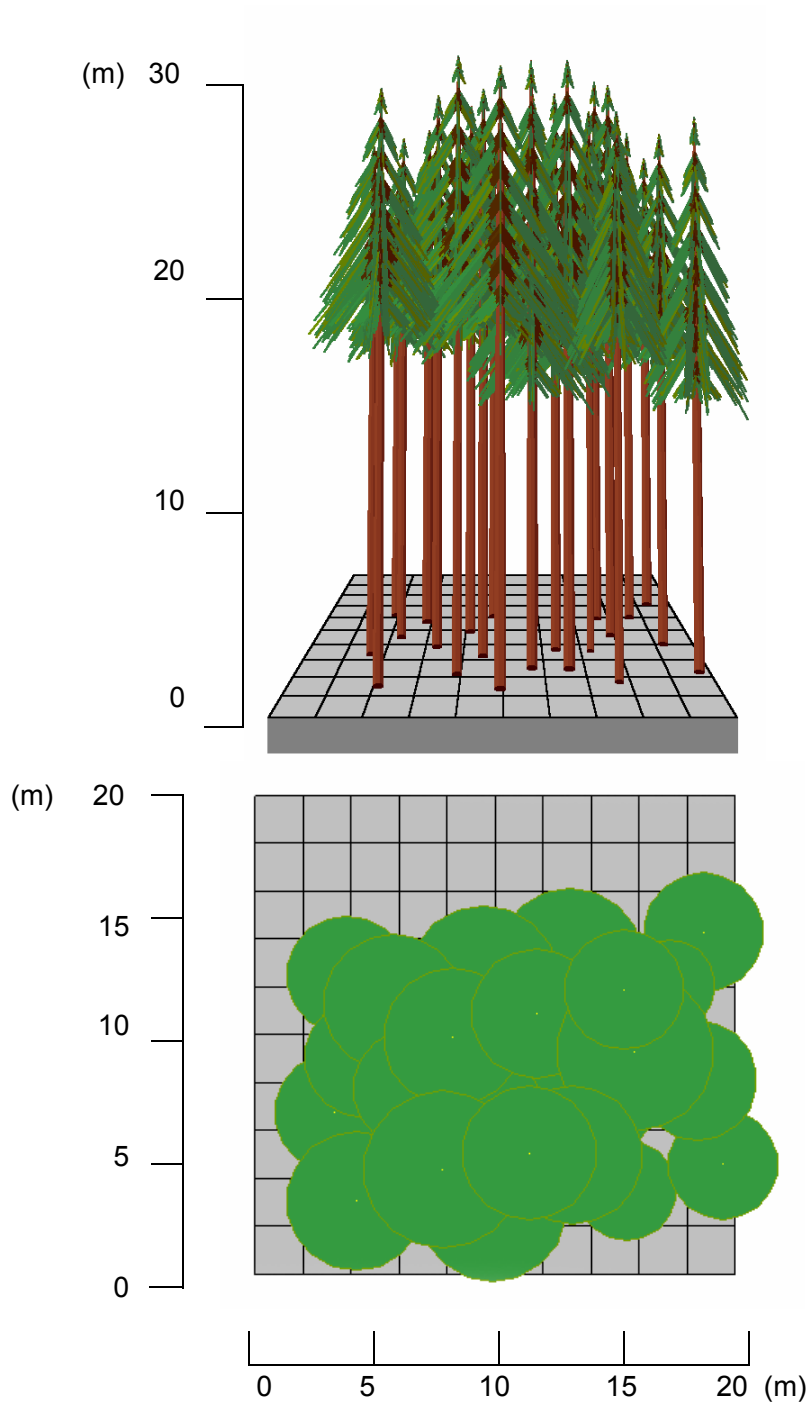


Figura 20. Piedras Blancas



Localidad: Voipir 54 sector I Edad: 46

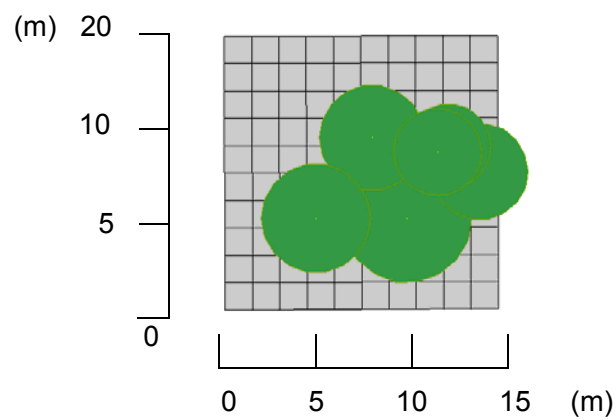
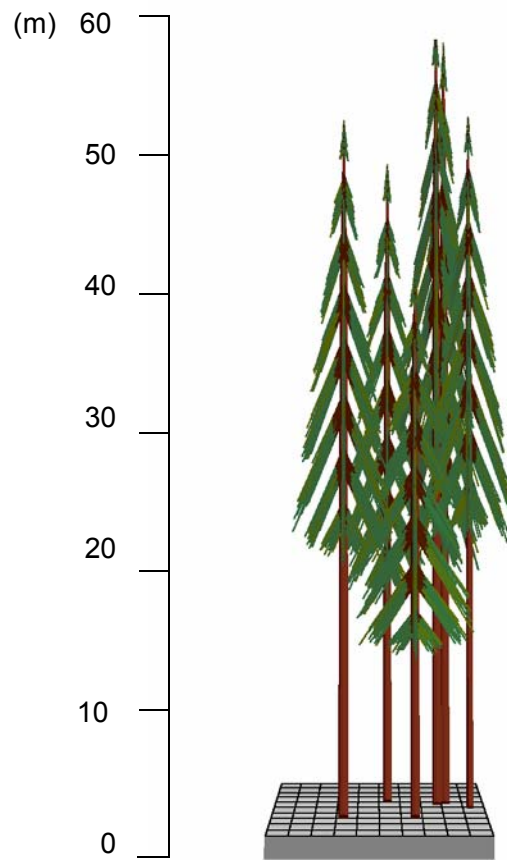


Figura 21. Voipir 54 sector I

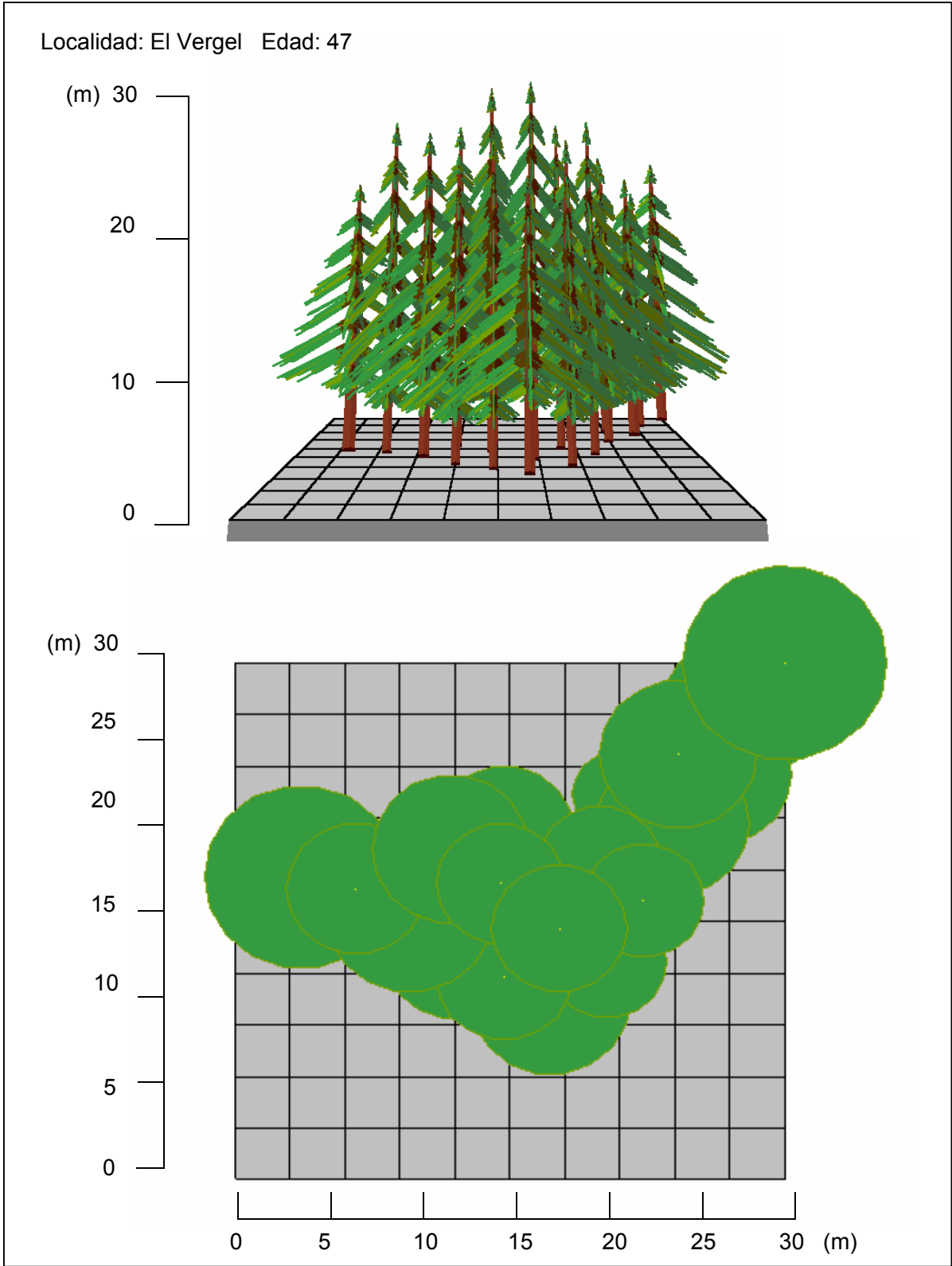


Figura 22. El Vergel

Localidad: Voipir 39 sector II Edad: 48

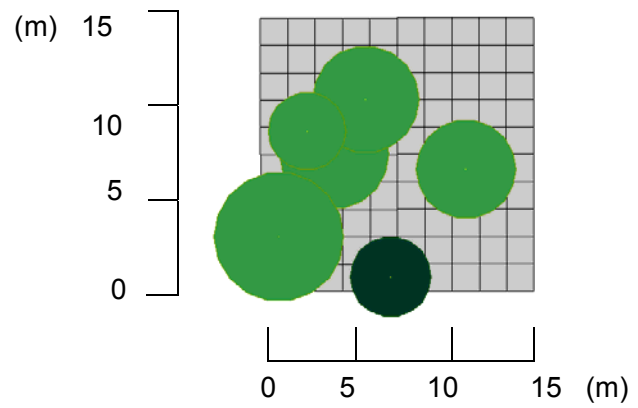
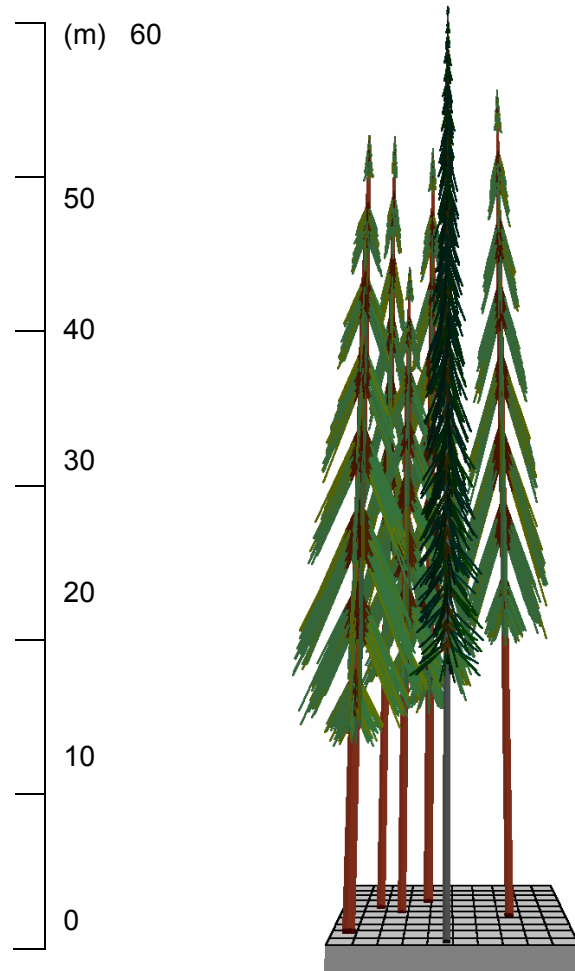


Figura 23. Voipir 39 sector II

## 8.6 Apéndice VI

### ▄ MATRIZ DE CORRELACIÓN













## 8.7 Apéndice VII

### RESULTADO DEL ANÁLISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES

1.-Resultados obtenidos con sólo el 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> horizonte de las calicatas

Tabla 1: Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	11,166	25,968	25,968	11,166	25,968	25,968
2	6,560	15,255	41,223	6,560	15,255	41,223
3	4,609	10,717	51,940	4,609	10,717	51,940
4	3,478	8,088	60,028	3,478	8,088	60,028
5	2,854	6,638	66,666	2,854	6,638	66,666
6	2,815	6,547	73,214	2,815	6,547	73,214
7	2,212	5,145	78,358	2,212	5,145	78,358
8	1,548	3,600	81,959	1,548	3,600	81,959
9	1,320	3,070	85,029	1,320	3,070	85,029
10	1,180	2,743	87,772	1,180	2,743	87,772
11	1,033	2,403	90,175	1,033	2,403	90,175
12	,867	2,016	92,191			
13	,640	1,488	93,679			
14	,573	1,332	95,011			
15	,475	1,105	96,116			
16	,432	1,004	97,120			
17	,341	,793	97,913			
18	,290	,675	98,589			
19	,226	,527	99,115			
20	,159	,371	99,486			
21	,134	,312	99,798			
22	5,622E-02	,131	99,928			
23	3,078E-02	7,158E-02	100,000			
24	1,698E-15	3,949E-15	100,000			
25	8,442E-16	1,963E-15	100,000			
26	6,254E-16	1,454E-15	100,000			
27	4,641E-16	1,079E-15	100,000			
28	3,171E-16	7,375E-16	100,000			
29	2,364E-16	5,497E-16	100,000			
30	2,116E-16	4,921E-16	100,000			
31	1,642E-16	3,819E-16	100,000			
32	2,485E-17	5,780E-17	100,000			
33	-5,030E-17	-1,170E-16	100,000			
34	-8,623E-17	-2,005E-16	100,000			
35	-1,625E-16	-3,779E-16	100,000			
36	-2,062E-16	-4,796E-16	100,000			

....Continuación de Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
37	-2,499E-16	-5,812E-16	100,000			
38	-2,938E-16	-6,832E-16	100,000			
39	-3,851E-16	-8,957E-16	100,000			
40	-4,361E-16	-1,014E-15	100,000			
41	-5,046E-16	-1,173E-15	100,000			
42	-7,999E-16	-1,860E-15	100,000			
43	-4,243E-15	-9,868E-15	100,000			

Tabla 2: Matriz de Componentes Principales considerando el horizonte 1 y 2 del suelo

	Componente										
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11
H_ENERO	-,637	,634	,122	2,907E-02	7,662E-03	-7,163E-03	6,293E-02	,162	,100	-3,853E-02	,334
TMAX_ENE	-2,228E-02	-,862	,123	,244	5,491E-02	-4,339E-02	-,127	-,197	-,130	9,495E-03	-,302
TMIN_JUL	-,138	-,309	-,318	,855	,133	-4,791E-02	5,958E-02	6,902E-02	4,855E-03	-2,083E-02	1,181E-04
P_LIB_HE	-,148	-,227	-,475	,661	,146	3,104E-02	6,780E-02	-1,668E-02	-7,314E-02	,412	,149
N_TOT_HE	,127	,382	,319	-,831	-,143	2,651E-02	-5,710E-02	-3,897E-02	1,790E-02	-3,844E-02	1,068E-03
P_SECO	-,664	-,467	,377	,183	,191	,124	-2,475E-02	-,106	-,108	,155	,166
PER_HUM	,484	,574	-,507	-,224	-,121	-8,239E-02	4,786E-02	,202	-1,588E-02	-6,302E-02	1,938E-02
PP_ANUAL	,634	,405	-,538	-,187	1,074E-02	-7,586E-02	5,824E-02	,164	-6,275E-02	2,948E-03	-1,181E-03
H_COORD	,684	-,523	,183	-7,996E-02	-,170	-3,796E-02	-3,498E-02	,142	-,147	-,311	-6,323E-02
UTM_COO	5,233E-02	-4,739E-02	,278	-,288	,659	,462	-8,653E-02	,141	-,152	-9,517E-02	,233
ELE_MSNM	,531	7,540E-02	-,166	-,260	,447	-3,097E-02	-6,538E-02	-6,699E-02	-,461	,342	7,143E-02
PENDIENT	,150	,145	,648	,151	-9,957E-02	-,531	,220	-4,159E-03	-9,230E-03	-1,906E-03	-,163
EXPOS	-,433	5,972E-02	,559	-,281	,215	9,041E-03	,285	2,786E-02	,304	,231	6,678E-02
FISIOGRA	-2,748E-02	-,508	-,233	-9,139E-02	-,406	,555	5,868E-02	-,155	,247	-,119	7,966E-02
UBIC_REL	,197	,579	-,172	-6,009E-02	,393	-,439	-,376	,175	-6,177E-02	4,213E-02	5,314E-02
FOR_LADE	,121	,153	6,563E-02	-6,864E-02	,669	,293	,479	,150	-8,610E-02	-,242	-6,386E-02
DREN_EX	-,324	,344	,534	,236	2,146E-02	-,463	,332	-4,859E-02	,208	3,926E-02	9,732E-02
DREN_INT	,659	,125	4,559E-02	,481	-2,836E-03	,272	-6,988E-02	,230	-8,147E-02	-,190	-,149
PROFUND	,805	-,497	,150	-2,275E-02	1,115E-02	-5,105E-02	-4,095E-03	8,305E-02	-,148	-2,695E-02	-3,597E-02
NITRO_1	,708	,243	,428	,201	-2,935E-02	,274	,123	-,192	-,169	-5,262E-03	9,055E-02
MAT_O_1	,665	,329	,332	,252	-3,639E-02	,326	,294	-,114	-,152	-1,970E-02	4,008E-02
S_1	,789	-3,559E-02	,170	5,215E-02	-7,419E-02	9,136E-02	,236	-,260	5,007E-02	-,238	,204
C_N_1	,365	,538	-,142	,266	-,117	,242	,545	,119	5,549E-02	-5,814E-02	-3,442E-02
DH_1	-,185	,379	-,127	,135	-,617	-,330	,118	-,136	-,219	-5,656E-02	,307
CIC_1	,530	-9,903E-02	,321	-,129	-,281	,168	,262	,170	-2,076E-02	,156	,106
CRA_1	,509	-,409	-,214	-,414	-8,774E-02	,100	3,947E-02	,200	6,857E-02	,262	,149
HUMED_1	,571	-,170	-,398	-,343	-,198	,166	,173	-,156	7,461E-02	,280	-,236
MG_1	-,442	-,114	-,121	-,137	-,246	,244	,113	-,467	-,322	7,484E-02	,273
PH_1	-1,763E-02	-,647	,488	-,172	-,129	-,279	1,146E-02	,276	9,195E-02	1,550E-02	-5,186E-02
COND_1	-,314	,451	3,249E-02	-,118	-,494	,350	-,180	,112	-,161	,243	-,273
DENS_1	-,868	-3,961E-02	-8,541E-02	-,227	,201	8,747E-03	-,118	-,151	6,345E-02	-,130	-3,690E-02
NITRO_2	,445	,295	,653	,104	2,670E-02	,138	-,413	-,240	-2,609E-02	-3,476E-03	-6,913E-02
MAT_O_2	,396	,475	,567	9,569E-02	5,716E-02	,192	-,312	-,260	4,598E-02	8,211E-02	-,172
S_2	,716	-1,944E-02	-7,980E-02	4,568E-03	,374	-,160	-,160	-,156	7,520E-02	,110	,116

...Continuación Matriz Componentes Principales

	Componentes										
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11
C_N_2	9,662E-02	,706	-4,548E-02	,118	,180	,189	,150	-,188	,313	,308	-,232
DH_2	-,476	,331	,220	,206	-,273	,384	-,256	,388	-2,656E-02	5,894E-02	-4,789E-03
CIC_2	,586	-8,771E-02	,463	,227	-,137	7,272E-02	-,246	,102	,113	,263	,220
CRA_2	,611	-,152	-,281	1,720E-02	6,769E-02	3,694E-02	-,240	-,229	,537	-6,514E-02	,140
HUMED_2	,810	-,138	-,254	4,618E-02	,106	5,046E-02	-,150	-9,194E-02	,289	-8,995E-02	,115
MG_2	-,558	-,350	-9,251E-04	-6,375E-02	,241	,390	,410	,119	9,767E-02	,107	-,146
PH_2	,257	-,747	,313	-,172	-9,620E-02	-9,140E-02	,121	,254	3,954E-02	,160	,147
COND_2	-,431	9,558E-02	6,174E-02	,187	-4,712E-02	,524	-,458	,277	,110	-7,776E-02	,156
DENS_2	-,858	-1,670E-02	-3,288E-02	-,250	9,812E-02	,124	-1,494E-03	-,279	-6,699E-02	-,177	-3,843E-02

11 componentes extraídos

2.- Resultados obtenidos con el 1<sup>er</sup> 2<sup>do</sup> y 3<sup>o</sup> horizonte de las calicatas

Tabla 3: Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	15,907	28,922	28,922	15,907	28,922	28,922
2	8,629	15,688	44,610	8,629	15,688	44,610
3	6,078	11,050	55,660	6,078	11,050	55,660
4	4,941	8,984	64,644	4,941	8,984	64,644
5	3,533	6,424	71,068	3,533	6,424	71,068
6	3,383	6,150	77,218	3,383	6,150	77,218
7	2,454	4,462	81,680	2,454	4,462	81,680
8	2,222	4,039	85,719	2,222	4,039	85,719
9	1,717	3,122	88,841	1,717	3,122	88,841
10	1,472	2,677	91,518	1,472	2,677	91,518
11	1,318	2,397	93,915	1,318	2,397	93,915
12	1,029	1,871	95,785	1,029	1,871	95,785
13	,762	1,385	97,171			
14	,571	1,038	98,209			
15	,505	,919	99,127			
16	,315	,572	99,699			
17	,166	,301	100,000			
18	1,827E-15	3,321E-15	100,000			
19	1,579E-15	2,871E-15	100,000			
20	1,096E-15	1,992E-15	100,000			
21	9,417E-16	1,712E-15	100,000			
22	7,087E-16	1,288E-15	100,000			
23	5,860E-16	1,065E-15	100,000			
24	5,600E-16	1,018E-15	100,000			

.....Continuación de la Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
25	5,035E-16	9,155E-16	100,000			
26	4,017E-16	7,304E-16	100,000			
27	3,601E-16	6,548E-16	100,000			
28	3,274E-16	5,952E-16	100,000			
29	2,848E-16	5,178E-16	100,000			
30	2,210E-16	4,017E-16	100,000			
31	1,816E-16	3,302E-16	100,000			
32	1,385E-16	2,519E-16	100,000			
33	1,326E-16	2,412E-16	100,000			
34	9,756E-17	1,774E-16	100,000			
35	8,114E-17	1,475E-16	100,000			
36	3,574E-17	6,498E-17	100,000			
37	-2,022E-17	-3,676E-17	100,000			
38	-3,577E-17	-6,504E-17	100,000			
39	-9,685E-17	-1,761E-16	100,000			
40	-1,207E-16	-2,194E-16	100,000			
41	-1,872E-16	-3,404E-16	100,000			
42	-2,376E-16	-4,320E-16	100,000			
43	-2,839E-16	-5,162E-16	100,000			
44	-3,218E-16	-5,851E-16	100,000			
45	-3,390E-16	-6,164E-16	100,000			
46	-4,184E-16	-7,608E-16	100,000			
47	-4,399E-16	-7,998E-16	100,000			
48	-4,981E-16	-9,056E-16	100,000			
49	-5,569E-16	-1,013E-15	100,000			
50	-6,014E-16	-1,093E-15	100,000			
51	-6,949E-16	-1,263E-15	100,000			
52	-7,669E-16	-1,394E-15	100,000			
53	-1,026E-15	-1,866E-15	100,000			
54	-1,302E-15	-2,368E-15	100,000			
55	-2,747E-15	-4,995E-15	100,000			

Tabla 4: Matriz de Componentes Principales considerando los 3 horizontes del suelo

	Componente											
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11	CP 12
H_ENERO	-.420	,662	,333	,187	-.225	,215	-7,118E-02	,255	,145	-1,121E-02	,104	6,605E-02
TMAX_ENE	-.326	-.699	-.261	,229	,273	-9,958E-02	-1,801E-02	-.402	-.115	2,738E-02	-6,019E-02	2,876E-02
TMIN_JUL	-.189	-.125	-.621	,658	,307	-2,021E-02	-6,899E-02	8,481E-03	,101	5,577E-02	7,331E-02	-6,601E-02
P_LIB_HE	-.228	7,902E-03	-.741	,412	4,887E-02	,140	,328	9,684E-03	-.126	-.157	7,858E-02	-.172
N_TOT_HE	,213	,189	,646	-.626	-.297	-3,645E-03	1,461E-02	1,103E-02	-5,627E-02	-4,511E-02	-6,358E-02	8,198E-02
P_SECO	-.799	-.277	7,044E-02	,339	-5,722E-03	,344	,111	-8,233E-02	-.116	4,830E-02	2,038E-02	3,229E-02
PER_HUM	,645	,451	-.171	-.372	-.211	-.257	-4,183E-02	,219	,142	1,957E-02	4,842E-02	-.116
PP_ANUAL	,714	,314	-.293	-.314	-.279	-.222	-5,845E-04	,143	,129	1,822E-02	8,273E-02	-.130
H_COORD	,486	-.621	5,122E-02	-.129	,288	-.254	-.288	,127	,126	,245	4,694E-02	-.134
UTM_COO	-3,758E-02	-3,143E-02	-.105	,185	-.363	,616	,247	,480	-2,705E-03	,230	,159	-.174
ELE_MSNM	,476	8,531E-02	-.256	-.116	-.651	4,284E-02	,282	-.115	-.130	5,859E-02	,137	-.341
PENDIENT	,263	-.152	,624	,381	-9,306E-02	-.274	-.338	-.218	,169	-4,756E-02	-1,525E-02	-.260
EXPOS	-.402	-.148	,568	,125	-.339	,231	3,556E-02	,180	,196	-.248	4,501E-02	9,850E-02
FISIOGRA	-.258	-.302	-.262	-.570	,399	,286	4,632E-02	-8,760E-02	,302	1,039E-02	,234	,222
UBIC_REL	,364	,607	5,130E-02	,295	-.438	-.318	,133	-2,856E-02	-6,119E-02	-.136	-5,015E-02	-8,620E-02
FOR_LADE	,298	-2,640E-02	-.295	,168	-.321	,625	-.270	,208	,297	-4,221E-03	-.132	-5,307E-02
DREN_EX	-3,049E-02	2,271E-02	,680	,597	-.246	5,913E-02	-.222	-.103	-4,070E-02	-1,135E-02	-1,141E-02	,185
DREN_INT	,681	,208	-.292	,313	,371	-5,862E-02	-.171	,158	,169	9,582E-02	-.121	,125
PROFUND	,712	-.618	-3,952E-02	-4,531E-02	8,313E-03	-.149	-.168	-6,654E-02	9,968E-02	9,147E-02	,137	-.102
NITRO_1	,749	6,103E-02	,314	8,874E-02	,329	,344	8,893E-02	3,478E-02	3,654E-02	8,454E-02	,153	-.164
MAT_O_1	,766	,134	,199	5,333E-02	,286	,433	-4,912E-02	8,150E-02	-2,138E-02	,143	,142	-8,405E-02
S_1	,782	-.308	,235	-4,126E-02	,231	,339	-2,045E-02	7,299E-03	3,728E-02	2,916E-02	-2,027E-02	-4,434E-02
C_N_1	,696	,343	-.101	-8,278E-02	,131	,388	-.303	,240	-.136	,143	-3,369E-03	,136
DH_1	1,290E-02	,396	,439	-.203	,219	-.248	-7,569E-02	,165	-.350	,371	,391	,174
CIC_1	,442	-.222	,292	-.307	4,596E-02	9,275E-02	-.172	,233	,261	-.469	-.272	-6,398E-02
CRA_1	,289	-.423	-.122	-.450	-.178	-.190	,140	,424	-.237	-.172	3,088E-02	,207
HUMED_1	,480	-.242	-.185	-.679	-2,743E-02	-.108	,110	-2,056E-03	-.250	8,560E-02	-5,460E-02	-7,510E-02
MG_1	-.658	-9,566E-02	3,977E-02	-.401	-6,134E-02	,275	,151	-9,549E-02	,107	,325	5,118E-02	-.252
PH_1	-.269	-.700	,419	7,437E-02	2,564E-02	-.257	-.194	,143	-7,210E-03	1,431E-02	2,432E-02	-.173
COND_1	-.285	,698	9,722E-02	-.485	,274	-2,801E-02	5,143E-04	-.116	-6,387E-02	-.184	3,243E-02	,156
DENS_1	-.886	3,420E-02	-.155	4,980E-02	-.293	2,045E-03	5,790E-02	-.195	7,469E-02	9,401E-02	-5,321E-03	,118
NITRO_2	,459	,235	,569	,315	,328	1,243E-02	,322	-.188	-2,032E-02	,101	-.179	-2,856E-02
MAT_O_2	,476	,392	,495	,227	,223	7,626E-02	,308	-.213	-2,565E-02	,181	-.199	3,165E-02

...Continuación Matriz Componentes Principales

	Componentes											
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11	CP 12
S_2	,686	-,199	-7,838E-02	,207	-,226	-9,239E-02	,425	7,161E-02	-,145	,114	-,325	,132
C_N_2	,446	,696	,113	2,911E-02	-,130	,151	,234	-8,229E-02	-2,593E-02	,257	-,106	6,181E-02
DH_2	-,501	,604	,175	3,671E-02	,362	5,188E-02	-3,427E-02	,360	-4,786E-03	9,349E-02	-,211	4,394E-02
CIC_2	,536	-5,862E-02	,376	,298	,266	-8,684E-02	,391	8,620E-02	9,642E-02	-,354	,244	-,105
CRA_2	,531	-,195	-8,203E-02	-8,007E-02	,121	-,208	,501	-1,790E-02	,529	,133	4,811E-02	,150
HUMED_2	,733	-,141	-,216	-3,861E-02	2,930E-02	-,129	,286	3,860E-02	,418	,125	4,837E-02	,199
MG_2	-,616	-,386	-,381	-,106	-,105	,355	-6,554E-02	,228	1,558E-02	-1,760E-02	-,286	9,992E-02
PH_2	-6,242E-02	-,854	,251	-9,772E-02	-8,679E-02	3,318E-03	-7,957E-02	,254	-,164	-1,262E-02	,123	,125
COND_2	-,586	,543	-7,082E-02	,242	,370	9,886E-02	3,794E-02	,339	-5,314E-02	-8,982E-02	-7,874E-02	-9,694E-02
DENS_2	-,898	-4,245E-02	-,123	-,134	-8,781E-02	,204	9,631E-02	-,248	6,157E-02	5,459E-02	,121	8,248E-02
NITRO_3	,688	1,721E-02	-,204	-,191	,277	,390	-,241	-,241	-,225	-,173	1,099E-02	-,100
MAT_O_3	,621	,177	-,210	-,267	,160	,430	-,234	-,325	-,206	-,190	4,418E-02	-6,225E-02
S_3	,686	-,362	-,244	,217	1,585E-02	-6,679E-02	,309	3,191E-02	-,306	-,251	-2,531E-02	7,179E-02
C_N_3	,292	,693	-,117	-,222	-,263	,251	-4,752E-02	-,441	-3,952E-02	-9,704E-02	6,604E-02	,102
DH_3	-,338	,694	-,276	-6,804E-02	,323	-,341	2,790E-02	,222	-2,483E-03	-,160	-9,025E-02	-,117
CIC_3	,459	-,312	,259	,191	-6,338E-02	,349	,265	-,105	8,626E-02	-,306	,352	,202
CRA_3	,512	-4,171E-02	-,482	,466	-,216	-,237	-,242	6,459E-02	-,138	,151	,116	,208
HUMED_3	,552	,158	-,573	,427	-,127	-4,655E-02	-,203	7,947E-02	-7,149E-02	-4,854E-02	,145	,175
MG_3	-,638	-,261	-,166	-,293	,391	6,673E-02	,443	9,836E-02	-9,245E-02	-5,144E-02	-,123	-,105
PH_3	-4,430E-02	-,704	,491	7,853E-02	-8,261E-02	,155	,137	,183	-,338	,132	-,100	1,001E-02
COND_3	-,542	,366	,102	,163	,226	-,164	9,303E-02	,260	-,131	-,156	,447	-9,605E-02
DENSIDAD_3	-,916	4,067E-02	5,537E-02	-9,938E-02	-,133	-,153	-6,314E-02	-,118	,217	4,428E-02	,169	-5,309E-02

## 8.8 Apéndice VIII

### RESULTADO DE LA PONDERACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES SEGÚN EL GRADO DE PARTICIPACIÓN DE ÉSTA EN EL COMPONENTE PRINCIPAL.

#### 1-. ANÁLISIS CONSIDERANDO EL 1° Y 2° HORIZONTE DEL PERFÍL

<b>CP1: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
P_SECO	-0,664
H_COORD	0,684
DREN_INT	0,659
PROFUND	0,805
NITRO_1	0,708
MAT_O_1	0,665
S_1	0,789
DENS_1	-0,868
S_2	0,716
HUMED_2	0,810
DENS_2	-0,858
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>11</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>8,23</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>43,20</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>19,04</b>
<b>CP 2: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
H_ENERO	0,634
TMAX_ENE	-0,862
PER_HUM	0,574
H_COORD	-0,523
FISIOGRA	-0,508
UBIC_REL	0,579
C_N_1	0,538
PH_1	-0,647
C_N_2	0,706
PH_2	-0,747
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>10</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>6,32</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>45,84</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>13,78</b>
<b>CP 3: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
PER_HUM	-0,507
PP_ANUAL	-0,538
PENDIENT	0,648
EXPOS	0,559
DREN_EX	0,534
NITRO_2	0,653
MAT_O_2	0,567
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>7</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>4,01</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>34,41</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>11,64</b>



.....Continuación

<b>CP 4: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
TMIN_JUL	0,855
P_LIB_HE	0,661
N_TOT_HE	-0,831
DREN_INT	0,481
CRA_1	-0,414
<b>N° VAR SELEC</b>	<b>5</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>3,24</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>35,34</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>9,17</b>
<b>CP 5: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
UTM_COO	0,659
ELE_MSNM	0,447
FISIOGRA	-0,406
UBIC_REL	0,393
FOR_LADE	0,669
DH_1	-0,617
COND_1	-0,494
S_2	0,374
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>4,06</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>50,01</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>8,12</b>
<b>CP 6: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
UTM_COO	0,462
PENDIENT	-0,531
FISIOGRA	0,555
UBIC_REL	-0,439
DREN_EX	-0,463
DH_2	0,384
MG_2	0,390
COND_2	0,524
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>3,75</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>44,02</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>8,51</b>
<b>CP 7: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
UBIC_REL	-0,376
FOR_LADE	0,479
C_N_1	0,545
NITRO_2	-0,413
MG_2	0,410
COND_2	-0,458
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>6</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,68</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>35,07</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR.</b>	<b>7,65</b>

....Continuación

<b>CP 8: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
S_1	-0,260
MG_1	-0,467
PH_1	0,276
MAT_O_2	-0,260
DH_2	0,388
PH_2	0,254
COND_2	0,277
DENS_2	-0,279
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,46</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>34,57</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>7,12</b>
<b>CP 9: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
ELE_MSNM	-0,461
EXPOS	0,304
MG_1	-0,322
C_N_2	0,313
CRA_2	0,537
HUMED_2	0,289
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>6</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,23</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>39,71</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>5,61</b>
<b>CP 10: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
P_LIB_HE	0,412
H_COORD	-0,311
ELE_MSNM	0,342
EXPOS	0,231
FOR_LADE	-0,242
S_1	-0,238
CRA_1	0,262
HUMED_1	0,280
COND_1	0,243
C_N_2	0,308
CIC_2	0,263
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>11</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>3,13</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>57,74</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>5,42</b>

## 2-. ANÁLISIS CONSIDERANDO LOS TRES HORIZONTES DEL PEFÍL

<b>CP 1: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
P_SECO	-0,799
PP_ANUAL	0,714
PROFUND	0,712
NITRO_1	0,749
MAT_O_1	0,766
S_1	0,782
C_N_1	0,696
DENS_1	-0,886
HUMED_2	0,733
DENS_2	-0,898
DEN_3	-0,916
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>11</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>8,65</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>32,43</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>26,68</b>
<b>CP 2: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
TMAX_ENE	-0,699
PH_1	-0,700
COND_1	0,698
C_N_2	0,696
PH_2	-0,854
C_N_3	0,693
DH_3	0,694
PH_3	-0,704
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>5,74</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>33,02</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>17,38</b>
<b>CP 3: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
TMIN_JUL	-0,621
P_LIB_HE	-0,741
N_TOT_HE	0,646
PENDIENT	0,624
EXPOS	0,568
DREN_EX	0,680
NITRO_2	0,569
HUMED_3	-0,573
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>5,02</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>33,32</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS</b>	<b>15,07</b>

....Continuación

<b>CP 4: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
TMIN_JUL	0,658
N_TOT_HE	-0,626
FISIOGRA	-0,570
DREN_EX	0,597
CRA_1	-0,450
HUMED_1	-0,679
COND_1	-0,485
CRA_3	0,466
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>4,53</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>33,65</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>13,47</b>
<b>CP 5: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
UTM_COO	-0,363
ELE_MSNM	-0,651
FISIOGRA	0,399
UBIC_REL	-0,438
DREN_INT	0,371
DH_2	0,362
COND_2	0,370
MG_3	0,391
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>3,35</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>28,17</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>11,88</b>
<b>CP 6: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
UTM_COO	0,616
FOR_LADE	0,625
MAT_O_1	0,433
C_N_1	0,388
MG_2	0,355
NITRO_3	0,390
MAT_O_3	0,430
CIC_3	0,349
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>8</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>9,22</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>32,48</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>11,04</b>

...Continuación

<b>CP 7: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
P_LIB_HE	0,328
PENDIENT	-0,338
C_N_1	-0,303
NITRO_2	0,322
MAT_O_2	0,308
S_2	0,425
CIC_2	0,391
CRA_2	0,501
S_3	0,309
MG_3	0,443
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>10</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>3,67</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>39,44</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>9,30</b>
<b>CP 8: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
TMAX_ENE	-0,402
UTM_COO	0,480
CRA_1	0,424
DH_2	0,360
COND_2	0,339
MAT_O_3	-0,325
C_N_3	-0,441
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>7</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,77</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>31,01</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>8,94</b>
<b>CP 9: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
FISIOGRA	0,302
DH_1	-0,350
CRA_2	0,529
HUMED_2	0,418
S_3	-0,306
PH_3	-0,338
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>6</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,24</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>29,84</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>7,52</b>

...Continuación

<b>CP 10: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
DH_1	0,371
CIC_1	-0,469
MG_1	0,325
C_N_2	0,257
CIC_2	-0,354
S_3	-0,251
CIC_3	-0,306
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>7</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,33</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>33,47</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>6,97</b>
<b>CP 11: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
DH_1	0,391
CIC_1	-0,272
S_2	-0,325
MG_2	-0,286
CIC_3	0,352
COND_3	0,447
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>6</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,07</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>32,10</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>6,46</b>
<b>CP 12: VARIABLES DE MAYOR PONDERACIÓN</b>	<b>COEF. DE LA VARIABLE AMBIENTAL</b>
ELE_MSNM	-0,341
PENDIENT	-0,260
MG_1	-0,252
FISIOGRA	0,2226
DREN_EX	0,18497
CRA_1	0,2064
HUMED_2	0,1992
CRA_3	0,2076
CIC_3	0,20194
<b>N° VAR SELECC.</b>	<b>9</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE LA VARIABLE SELECC.</b>	<b>2,08</b>
<b>% PARTICIPACION EN EL VECT. CP</b>	<b>31,61</b>
<b>SUMA DE LOS VALORES ABS DE TODAS LAS VAR</b>	<b>6,58</b>

## 8.9 Apéndice IX

### • RESULTADOS DE LA REGRESIÓN PASO A PASO CON COMPONENTES PRINCIPALES

1. Resultado del análisis de regresión múltiple mediante el método stepwise, utilizando los vectores resultantes del análisis por componentes principales, para los puntos de muestreo con solo el 1° y 2° horizonte presentes en las calicatas

#### VARIABLES ANALIZADAS:

Variables dependientes :	Incremento medio anual en volumen (m <sup>3</sup> /ha/año), Altura media (m), Dap (cm), Volumen total por ha (m <sup>3</sup> /ha).
Variables independientes	Variables resultantes de la multiplicación de los vectores Componentes principales con las matrices de los datos originales observados en terreno.

#### 1.1 RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°1 (16- 21 años)

##### 1.1.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup> / ha /año)

R= ,99201593 R <sup>2</sup> = ,98409560 Adjusted R <sup>2</sup> = ,92047800 F(4,1)=15,469 p<,18817 Std.Error of estimate: 2,8262						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			-247492,781	56449,0134	-4,38435973	0,14276032
C9	-1,93745741	0,30374416	-0,46937596	0,07358624	-6,37858334	0,09899999
C3	-3,818813215	0,76415914	-0,29701617	0,05943407	-4,99740563	0,12572947
C10	1,894912126	0,38889831	1,4349E-12	2,945E-13	4,87251318	0,12886591
C7	-1,706574346	0,45630554	-0,57915347	0,15485463	-3,73998168	0,16632912

##### 1.1.2 Variable dependiente: Altura (m)

R= ,99993280 R <sup>2</sup> = ,99986561 Adjusted R <sup>2</sup> = ,99932803 F(4,1)=1860,0 p<,01739 Std.Error of estimate: ,12805						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			-111265,3	1415,64166	-78,5970798	0,00809935
C7	-0,91025684	0,03939855	-0,15225281	0,00658994	-23,1038144	0,02753756
C10	-0,74179931	0,03099751	-2,7686E-13	1,1569E-14	-23,9309345	0,02658691
C4	-0,65147189	0,03560254	-0,0250394	0,00136839	-18,2984657	0,03475631
C3	-0,14149523	0,07446585	-0,00542408	0,00285458	-1,90013579	0,30840945

### 1.1.3 Variable dependiente: Dap (cm)

R= ,83304108 R²= ,69395744 Adjusted R²= ,48992907 F(2,3)=3,4013 p<,16931 Std.Error of estimate: 3,7248						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			22027,7133	13737,0384	1,60352709	0,20715144
C10	0,92022605	0,35905933	3,6263E-13	1,4149E-13	2,56288024	0,08300567
C5	-0,57498767	0,35905933	-0,00611815	0,00382057	-1,60137234	0,20761131

### 1.1.4 Variable dependiente: Volumen (m³/ha)

R= ,99291513 R²= ,98588046 Adjusted R²= ,92940228 F(4,1)=17,456 p<,17740 Std.Error of estimate: 55,969						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			-7913384,41	980568,739	-8,07019854	0,0784852
C9	-1,91439826	0,24230988	-9,74784555	1,23380766	-7,90062005	0,08015224
C11	-3,30023735	0,56706446	-3,77621919	0,6488502	-5,81986284	0,10832958
C5	2,10452091	0,47794751	0,90444027	0,20540303	4,40324695	0,14216818
C10	-0,19366702	0,14082047	-3,0824E-12	2,2413E-12	-1,37527607	0,40024337

## 1.2. RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°2 (22-31 años)

### 1. 2.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m³ / ha / año)

R= ,94725348 R²= ,89728915 Adjusted R²= ,79457830 F(1,1)=8,7361 p<,20769 Std.Error of estimate: 2,3556						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			1239,74393	411,573293	3,01220694	0,20405847
C10	0,94725348	0,32048533	0,00158148	0,00053506	2,95568434	0,20769198

### 1.2.2 Variable dependiente: Altura (m)

R= ,81299970 R²= ,66096852 Adjusted R²= ,32193704 F(1,1)=1,9496 p<,39567 Std.Error of estimate: 4,7277						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			311,934083	206,417238	1,51118233	0,37215492
C2	0,8129997	0,5822641	0,00044183	0,00031644	1,39627311	0,39566603



### 1.2.3 Variable dependiente: Dap (cm)

R= ,86318143 R²= ,74508218 Adjusted R²= ,49016437 F(1,1)=2,9228 p<,33694 Std.Error of estimate: 4,8176						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			391,049106	210,342548	1,85910606	0,31417215
C2	0,86318143	0,50489387	0,00055128	0,00032246	1,70962947	0,33693674

### 1.2.4 Variable dependiente: Volumen (m³/ha)

R= ,91855858 R²= ,84374986 Adjusted R²= ,68749973 F(1,1)=5,4000 p<,25871 Std.Error of estimate: 36,264						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			5389,06026	2060,02556	2,61601621	0,2324432
C8	-0,91855858	0,39528488	-0,00526815	0,00226705	-2,32378881	0,25870827

## 1.3. RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°3 (32-41 años)

### 1.3.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m³ / ha / año)

R= ,96484553 R²= ,93092690 Adjusted R²= ,88487817 F(2,3)=20,216 p<,01815 Std.Error of estimate: 1,4957						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			316,340872	51,5717433	6,1339961	0,00871311
C1	35,8681242	5,65972288	0,0056076	0,00088484	6,3374347	0,0079453
C2	35,776507	5,65972288	0,00733789	0,00116083	6,32124713	0,00800306

### 1.3.2 Variable dependiente: Altura (m)

R= ,99066672 R²= ,98142054 Adjusted R²= ,96903424 F(2,3)=79,234 p<,00253 Std.Error of estimate: 1,0580						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			100,606034	36,4797854	2,75785707	0,07027822
C1	18,6495109	2,93533174	0,00397662	0,0006259	6,35345936	0,00788866
C2	17,7875733	2,93533174	0,00497586	0,00082112	6,05981705	0,00901724

### 1.3.3 Variable dependiente: Dap (cm)

R= ,54624864 R²= ,29838758 Adjusted R²= ,12298447 F(1,4)=1,7012 p<,26212 Std.Error of estimate: 7,5679						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(4)	p-level
Intercpt			-72,3642286	92,0814062	-0,78587232	0,47588283
C1	0,54624864	0,41881154	0,00015655	0,00012003	1,30428268	0,26212394

### 1.3.4 Variable dependiente: Volumen (m³/ha)

R= ,93859417 R²= ,88095902 Adjusted R²= ,80159837 F(2,3)=11,101 p<,04107 Std.Error of estimate: 69,609						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			11119,4239	2400,10881	4,63288327	0,01894435
C1	34,9395144	7,43000216	0,19364677	0,04117962	4,70249047	0,01819472
C2	34,8678666	7,43000216	0,25352671	0,05402407	4,69284743	0,01829624

## 1.4. RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°4 (mayor 42 años)

### 1.4.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m³ / ha/ año)

R= ,52952036 R²= ,28039182 Adjusted R²= ,16045712 F(1,6)=2,3379 p<,17713 Std.Error of estimate: 5,3383						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(6)	p-level
Intercpt			264,932018	157,444151	1,68270474	0,14342232
C11	-0,52952036	0,34631589	-0,00019111	0,00012499	-1,52900972	0,17712928

### 1.4.2 Variable dependiente :Altura (m)

R= ,39428420 R²= ,15546003 Adjusted R²= ----- F(3,4)=,24544 p<,86105 Std.Error of estimate: 20,041						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(4)	p-level
Intercpt			-23,93335654	1031,171802	-0,023209863	0,98259455
C1	20,14812502	33,87209583	0,010931623	0,018377738	0,594829594	0,583972931
C2	20,81619779	36,41080432	0,014516668	0,025391935	0,571703871	0,598115444
C8	0,820293232	3,007701165	0,000859975	0,003153198	0,272730962	0,798560858

### 1.4.3 Variable dependiente: DAP (cm)

R= ,85730067 R²= ,73496443 Adjusted R²= ,69079184 F(1,6)=16,638 p<,00651 Std.Error of estimate: 6,2969						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(6)	p-level
Intercpt			-202,6104559	63,89235524	-3,17112204	0,019291341
C2	-0,857300666	0,210172774	-0,000410689	0,000100683	-4,079028176	0,006509211

### 1.4.4 Variable dependiente: Volumen (m³/ha)

R= ,47054254 R²= ,22141029 Adjusted R²= ----- F(2,5)=,71093 p<,53490 Std.Error of estimate: 589,87						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(5)	p-level
Intercpt			-6330,050299	10623,62823	-0,595846368	0,577223659
C1	-14,31258924	12,94101974	-0,266146648	0,240641925	-1,105986199	0,319086164
C2	-14,1300494	12,94101974	-0,337724066	0,309304921	-1,091880677	0,324682236

## 2. Resultado del análisis de regresión múltiple mediante el método stepwise, utilizando los vectores resultantes del análisis por componentes principales, para los puntos de muestreo con los tres horizontes presentes en las calicatas

### VARIABLES ANALIZADAS:

Variables dependientes :	Incremento medio anual en volumen (m³ / ha/ año) , Altura (m), Dap (cm), Volumen total por ha (m³ / ha).
Variables independientes	Variables resultantes de la multiplicación de los vectores Componentes principales con las matrices de los datos originales observados en terreno.

### 2.1. RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°1 (16-21 años)

#### 2.1.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m³ / ha/ año)

R= ,86905724 R²= ,75526048 Adjusted R²= ,51052096 F(2,2)=3,0860 p<,24474 Std.Error of estimate: 7,4668						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(2)	p-level
Intercpt			14096,6652	6046,46841	2,33138821	0,1450056
C1	1,53437441	0,71193733	0,06434783	0,02985688	2,15520994	0,16392665
C9	-1,76865272	0,71193733	-0,30465906	0,12263468	-2,48428148	0,13094792

### 2.1.2 Variable dependiente: Altura (m)

R= ,79443065 R <sup>2</sup> = ,63112006 Adjusted R <sup>2</sup> = ,50816007 F(1,3)=5,1327 p<,10837 Std.Error of estimate: 3,4016						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-38518,83833	17011,31055	-2,264307516	0,10849347
C11	0,794430649	0,350656501	0,041302508	0,018230657	2,265552322	0,108368874

### 2.1.3 Variable dependiente: Dap (cm)

R= ,67363424 R <sup>2</sup> = ,45378310 Adjusted R <sup>2</sup> = ,27171079 F(1,3)=2,4923 p<,21252 Std.Error of estimate: 4,3931						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-98309,49076	62291,0626	-1,578227865	0,212623164
C12	-0,673634245	0,42669931	-0,090939989	0,057604005	-1,578709476	0,2125175

### 2.1.4 Variable dependiente: Volumen (m<sup>3</sup>/ha)

R= ,09033010 R <sup>2</sup> = ,00815953 Adjusted R <sup>2</sup> = ----- F(1,3)=,02468 p<,88514 Std.Error of estimate: 262,39						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-45983,07613	296263,7631	-0,155209924	0,886510789
C2	-0,0903301	0,574989992	-0,073455659	0,467576911	-0,15709856	0,88514477

## 2.2. RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°2 (22-31 años)

### 2.2.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup> / ha /año)

R= ,80270127 R <sup>2</sup> = ,64432933 Adjusted R <sup>2</sup> = ,28865867 F(1,1)=1,8116 p<,40679 Std.Error of estimate: 4,3836						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			367,7215235	255,929075	1,436810271	0,387082011
C10	-0,802701273	0,596381309	-0,00023151	0,000172005	-1,345953103	0,406790733

### 2.2.2 Variable dependiente: Altura (m)

R= ,76301026 R <sup>2</sup> = ,58218465 Adjusted R <sup>2</sup> = ,16436930 F(1,1)=1,3934 p<,44744 Std.Error of estimate: 5,2483						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			206,4353966	154,796836	1,333589251	0,409606904
C2	0,763010256	0,646386378	0,000288283	0,00024422	1,180424405	0,447441131

### 2.2.3 Variable dependiente: DAP (cm)

R= ,81931156 R <sup>2</sup> = ,67127143 Adjusted R <sup>2</sup> = ,34254285 F(1,1)=2,0420 p<,38871 Std.Error of estimate: 5,4707						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			262,0077085	161,3577023	1,623769456	0,351409763
C2	0,819311557	0,573348562	0,00036378	0,000254571	1,428993829	0,38871181

### 2.2.4 Variable dependiente: Volumen (m<sup>3</sup>/ha)

R= ,92437988 R <sup>2</sup> = ,85447816 Adjusted R <sup>2</sup> = ,70895632 F(1,1)=5,8718 p<,24917 Std.Error of estimate: 34,996						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			5553,120245	2043,228739	2,717816238	0,224452332
C10	-0,924379878	0,381473251	-0,003327547	0,001373213	-2,423183999	0,24916631

## 3. RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°3 (32-41 años)

### 2.3.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m<sup>3</sup> / ha/ año)

R= ,28676966 R <sup>2</sup> = ,08223684 Adjusted R <sup>2</sup> = ----- F(1,3)=,26882 p<,63994 Std.Error of estimate: 3,5258						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-41,82519966	129,3066885	-0,323457357	0,767585158
C12	-0,286769665	0,553101305	-6,22921E-05	0,000120145	-0,518475843	0,639941633

### 2.3.2 Variable dependiente: Altura (m)

R= ,98042031 R²= ,96122398 Adjusted R²= ,94829864 F(1,3)=74,367 p<,00328 Std.Error of estimate: 1,3517						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-83,79919716	14,00644466	-5,982902813	0,009347476
C2	-0,980420307	0,113689668	-0,000200257	2,32218E-05	-8,62365351	0,003279163

### 2.3.3 Variable dependiente: Dap (cm)

R= ,53494229 R²= ,28616325 Adjusted R²= ,04821767 F(1,3)=1,2026 p<,35294 Std.Error of estimate: 8,7536						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-51,42034355	90,70625477	-0,56688862	0,610433042
C2	-0,534942286	0,487796662	-0,00016492	0,000150385	-1,096650158	0,352935791

### 2.3.4 Variable dependiente: Volumen (m³/ha)

R= ,53887056 R²= ,29038148 Adjusted R²= ,05384197 F(1,3)=1,2276 p<,34872 Std.Error of estimate: 98,932						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-3029,488878	3628,294783	-0,834962168	0,465009242
C12	-0,538870558	0,486353274	-0,003735241	0,003371212	-1,107981763	0,348716199

## 2.4. RESULTADOS PARA LA CLASE DE EDAD N°4 (mayor a 42 años)

### 2.4.1 Variable dependiente: Incremento medio anual en volumen (m³ / ha/ año)

R= ,99974559 R²= ,99949124 Adjusted R²= ,99745619 F(4,1)=491,14 p<,03383 Std.Error of estimate: ,30607						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			-249,5198145	47,50009916	-5,25303776	0,119757861
C9	16,17616826	0,707588416	0,047939211	0,002096988	22,86098515	0,027829695
C2	6,324354949	0,214255428	0,003785626	0,000128249	29,51782839	0,021559052
C1	-9,327726188	0,554290798	-0,006986454	0,000415163	-16,82821764	0,037786059
C12	0,393171842	0,055488307	4,9E-12	6,91536E-13	7,085670179	0,089256614

#### 2.4.2 Variable dependiente :Altura (m)

R= ,98278688 R²= ,96587005 Adjusted R²= ,91467512 F(3,2)=18,867 p<,05076 Std.Error of estimate: 3,9322						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(2)	p-level
Intercpt			-493,8282597	472,079448	-1,046070236	0,405321479
C9	9,586929032	2,73729382	0,06302467	0,017995026	3,502338317	0,072740488
C2	8,488717965	2,628207025	0,011271441	0,003489771	3,229851334	0,08396285
C5	-1,08730979	0,444335645	-0,001531583	0,00062589	-2,447046061	0,134190843

#### 2.4.3 Variable dependiente :DAP (cm)

R= ,87374834 R²= ,76343616 Adjusted R²= ,60572694 F(2,3)=4,8408 p<,11506 Std.Error of estimate: 5,6675						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(3)	p-level
Intercpt			-1597,875364	534,6801973	-2,988469317	0,058201719
C10	0,960272574	0,30932111	0,001126545	0,00036288	3,104452116	0,053110715
C12	0,343816051	0,30932111	6,37302E-12	5,73362E-12	1,111518225	0,347409546

#### 2.4.4 Variable dependiente: Volumen (m³/ha)

R= ,99876462 R²= ,99753077 Adjusted R²= ,98765383 F(4,1)=101,00 p<,07448 Std.Error of estimate: 32,771						
	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(1)	p-level
Intercpt			-8206,410605	5085,71142	-1,613620972	0,353194416
C9	15,02128379	1,558851767	2,163492362	0,224519018	9,63612071	0,065830335
C2	6,126709089	0,47201515	0,178230424	0,013731264	12,97989925	0,04894989
C1	-8,358067525	1,221129644	-0,304242557	0,044450419	-6,844537404	0,092357911
C12	0,210839837	0,122243445	1,27702E-10	7,4041E-11	1,724753724	0,334498405