

63/8T

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
DPTO. DE CIENCIAS FORESTALES

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA  
F. I. A.

PROYECTO SUELOS FORESTALES DE LA VIII REGION  
INFORME FINAL

CHILLAN, ABRIL 1990.

13

63/85

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
DPTO. DE CIENCIAS FORESTALES

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA  
F. I. A.

PROYECTO SUELOS FORESTALES DE LA VIII REGION  
INFORME FINAL

CHILLAN, ABRIL 1990.

El Proyecto "Suelos Forestales de la VIII Región" fue financiado por el Fondo de Investigación Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y ejecutado, entre Abril de 1987 y Octubre de 1989, por el siguiente personal del Departamento de Ciencias Forestales de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales de la Universidad de Concepción:

Investigadores Principales:

Pedro Carrasco Peña, Ingeniero Agrónomo  
Jaime Millán Herrera, Ingeniero Forestal, Dr. Forst.

Investigadores Colaboradores:

Jorge Cancino Cancino, Ingeniero Forestal  
Jaime García Sandoval, Ingeniero Forestal  
Teresita González Gaete, Ingeniero Forestal (E)  
Pilar Lanuza Ayerdi, Profesora Matemática, Magister  
Luis Longeri Spada, Ingeniero Agrónomo, Ms. Sc.  
Oscar Navarrete Silva, Estudiante Ingeniería Forestal  
Carlos Reveco Thiele, Ingeniero Forestal  
Guillermo Troncoso Pizarro, Ingeniero Forestal (E)

Técnicos:

Eduardo Riquelme Franco, Técnico Laborante  
Daniel Vergara Osses, Laborante

## INDICE

	Pag.
1. INTRODUCCION	1
2. MATERIAL Y METODO	
2.1 Area de estudio	3
2.2 Metodología de terreno	3
2.2.1 Asignación puntos de muestreo	3
2.2.2 Descripción de los rodales de pino radiata	5
2.2.3 Descripción de suelos	7
2.2.4 Análisis de tallo	7
2.2.5 Análisis foliares	7
2.3 Metodología de laboratorio	
2.3.1 Análisis físicos de suelo	8
2.3.2 Análisis químicos de suelos	8
2.3.3 Análisis foliares	8
2.3.4 Análisis de tallo	8
2.4 Análisis estadístico de datos	9
3. RESULTADOS	
3.1 Características generales de los grupos de suelos forestales de la VIII Región	11
3.1.1 Grupo de los suelos arenosos	12
3.1.2 Grupo de los suelos rojo arcillosos	14
3.1.3 Grupo de los suelos metamórficos	16
3.1.4 Suelos derivados de sedimentos marinos	18
3.1.5 Grupo de los suelos graníticos	20
3.1.6 Grupo de suelos derivados de cenizas volcánicas	22
3.2 Descripción de las series de suelos forestales de la VIII Región	26
3.2.1 Serie Arenales	27
3.2.2 Serie Coreo	30
3.2.3 Serie Dunas	33
3.2.4 Serie Pedregales	35
3.2.5 Serie Santa Teresa	38
3.2.6 Serie Collipulli	41
3.2.7 Serie Mininco	44
3.2.8 Serie Nahuelbuta	47
3.2.9 Serie Constitución	50

3.2.10	Serie Curanipe	53
3.2.11	Serie Curanilahue	56
3.2.12	Serie Cobquecura	59
3.2.13	Serie Colico	62
3.2.14	Serie Cauquenes	65
3.2.15	Serie San Esteban	68
3.2.16	Serie Santa Bárbara	71
3.3	Crecimiento y productividad de las plantaciones de pino radiata	74
3.4	Análisis de los factores edáficos, fisiográficos y nutricionales que influyen en la calidad del sitio	
3.4.1	Factores edáficos y fisiográficos influyentes en la calidad del sitio	81
3.4.2	Estado nutricional de las plantaciones y calidad de sitio	89
3.4.2.1	Nitrógeno	89
3.4.2.2	Fósforo	90
3.4.2.3	Potasio	92
3.4.2.4	Calcio	92
3.4.2.5	Magnesio	93
3.4.2.6	Cobre	94
3.4.2.7	Cinc	94
3.4.2.8	Manganeso	94
3.4.2.9	Boro	95
3.4.2.10	Correlación entre el Índice de Sitio y niveles foliares	96
3.4.3	Predicción del Índice de Sitio a partir de factores edáficos, fisiográficos y niveles foliares	98
3.4.3.1	Predicción del Índice de Sitio empleando factores edáficos y fisiográficos	98
3.4.3.2	Predicción del Índice de Sitio empleando niveles foliares	103
3.4.3.3	Predicción del Índice de Sitio empleando factores edáficos, fisiográficos y niveles foliares	105
3.5	Situación actual de los suelos de las comunas de Quillón y Yumbel	106
4.	RECOMENDACIONES DE MANEJO POR SERIE DE SUELO	
4.1	Series del Grupo de los suelos arenosos	111
4.2	Series del Grupo de los suelos rojo arcillosos	112
4.3	Series del Grupo de los suelos metamórficos	113

4.4 Series del Grupo de los suelos sedimentarios marinos	114
4.5 Series del Grupo de los suelos graníticos	115
4.6 Series del Grupo de suelos derivados de cenizas volcánicas	115
5. CONCLUSIONES	116
6. COMENTARIO FINAL	120
7. BIBLIOGRAFIA	121
8. RESUMEN	125

ANEXOS N°

1 Listado de Unidades muestrales	128
2 Valores mínimo, máximo, promedio y desviación estandar de los análisis físicos y químicos de suelo, clasificados por serie de suelo.	136
3 Matrices de correlación de Indice de Sitio y factores edáficos	145
4 Valores mínimo, máximo, promedio y desviación estandar de los contenidos foliares de pino radiata, clasificados por serie de suelo.	148
5 Glosario	150

## 1. INTRODUCCION

El cultivo del pino radiata (Pinus radiata D. Don) representa hoy para Chile la forma de uso del suelo que cubre la mayor superficie territorial (alrededor de 1,2 millones de ha) y que permite sustentar una industria que generó en 1988 exportaciones por alrededor de 730 millones de dólares anuales y que, según estimaciones oficiales muy difundidas ascenderán hacia 1994 a 1.500 millones de dólares anuales.

El explosivo crecimiento de las plantaciones con la especie ha estado basado en su adaptación a las diversas condiciones edafoclimáticas existentes en Chile y a un entorno político y económico que ha favorecido el establecimiento de masivas forestaciones. Es así como a nivel nacional las plantaciones en la última década han mantenido una tasa anual oscilante entre 60.000 y 80.000 ha por año (Instituto Forestal, 1987).

Si bien hasta la fecha las plantaciones se han desarrollado y crecido en condiciones normales, es posible prever que con la forestación de terrenos mas degradados habrán de surgir necesidades de tecnologías que puedan mejorar los rendimientos del pino radiata en sitios que, desde un punto de vista productivo, deberían ser considerados como marginales.

El presente estudio proporciona antecedentes que explican el comportamiento del pino radiata en la VIII Región, la que concentra el 50 % de la superficie plantada en el país, para optimizar su manejo en áreas con limitantes para el cultivo y para predecir su comportamiento y productividad en áreas que pudieran forestarse con la especie.

En consecuencia, son objetivos del estudio los siguientes:

- Caracterizar física y químicamente las series de suelos forestales mas comunes en la VIII Región, que se encuentren plantadas con pino radiata.
- Determinar los factores físicos y fisiográficos mas importantes que inciden en el crecimiento y desarrollo de la especie.
- Recomendar prácticas que permitan mejorar el establecimiento de plantaciones.

Este Documento corresponde al Informe Final del estudio, el que se realizó con aportes del Fondo de Investigación Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción y con la colaboración en información cartográfica, patrimonial y apoyo en trabajos de terreno de las siguientes empresas forestales: Forestal Andinos S.A., Forestal Arauco Ltda., Forestal Bío-Bío S.A., Forestal Crecex S.A., Forestal Cholguán S.A., Forestal Mininco S.A. y Forestal Río Vergara S.A.

## 2. MATERIAL Y METODO

### 2.1 Area de estudio

El estudio se realizó en los suelos de la VIII Región plantados, hasta Diciembre de 1986, con Pinus radiata D. Don, en adelante pino radiata.

La VIII Región está ubicada entre los paralelos 36° y 38° 20' de latitud sur y los meridianos 71° y 73° 40' de longitud oeste y tiene altitudes variables entre 0 y 3100 metros sobre el nivel del mar (Serplac, 1976).

Según Instituto Forestal (1987), hasta esa fecha había en la Región 531.166 ha plantadas con la especie, las que representaban el 49,2% del total plantado en Chile (1.080.491 ha).

Adicionalmente, se estudiaron los suelos no plantados de las Comunas de Yumbel (aproximadamente 56.000 ha) y Quillón (aproximadamente 44.000 ha). La elección de estas comunas se fundamentó en su cercanía a los centros de elaboración y manufactura y la existencia en ellas de superficies no incorporadas aún a la actividad forestal.

### 2.2 Metodología de terreno

El diseño del estudio consultaba distribuir 270 unidades muestrales sobre la superficie plantada, asignando la mitad a rodales jóvenes (1 a 5 años) y la otra mitad a rodales de edad igual y superior a 15 años, y reservar 90 puntos de muestreo para describir las series de suelos forestales más comunmente plantadas en la VIII Región. Para efectuar esta distribución se siguió la metodología que a continuación se describe.

#### 2.2.1 Asignación puntos de muestreo.

Para ubicar los puntos de muestreo, en primer lugar se preparó un mapa regional, escala 1:250.000, al que se traspasó toda la información sobre cartografía de series de suelos disponibles en IREN-CORFO. Cada serie fue delimitada y planimetreada. En la TABLA N° 1 se presenta la superficie de cada una. Al Informe se adjunta el Plano N° 1 "Series de Suelos Forestales de la VIII Región"

Enseguida, con información proporcionada por la Corporación Nacional Forestal, CIREN-CORFO y las empresas Forestal Andinos S.A., Forestal Arauco Ltda., Forestal

TABLA N° 1: Superficie (ha) de las principales series de suelo forestal de la VIII Región.

SERIE	CLAVE	SUPERFICIE (HA)
COLICO	CLO	17.500
COBQUECURA	KQ	8.250
CURANILAHUE	CHE	21.250
SANTA TERESA	TR	44.250
MININCO	MI	18.000
ARENALES	AR	54.600
CONSTITUCION	KT	52.500
NO RECONOCIDOS	NR *	83.125
COREO	CO	74.700
COLLIPULLI	CL	134.500
DUNAS	DU	87.800
CURANIPE	CPE	209.600
NAHUELBUTA	NA	222.900
CAUQUENES	CQ	212.400
SAN ESTEBAN	ET	417.800
SANTA BARBARA	BA	500.700
PEDREGALES	PE	8.200

\* : Corresponden al área de estudio

FUENTE : IREN-CORFO, 1962

TABLA N° 2: Superficie (ha) plantada con pino radiata, hasta Diciembre de 1986, por 7 empresas forestales en la VIII Región, desglosada por serie de suelo.

SERIE	CLAVE	SUPERFICIE PLANTADA (HA)
COLICO	CLO	9.400
COBQUECURA	KQ	1.500
CURANILAHUE	CHE	13.000
SANTA TERESA	TR	2.300
MININCO	MI	3.000
ARENALES	AR	12.000
CONSTITUCION	KT	11.500
NO RECONOCIDOS	NR	22.300
COREO	CO	40.000
COLLIPULLI	CL	9.000
DUNAS	DU	16.000
CURANIPE	CPE	26.000
NAHUELBUTA	NA	70.000
CAUQUENES	CQ	18.000
SAN ESTEBAN	ET	65.000
SANTA BARBARA	BA	30.000
OTRAS		30.600
TOTAL		379.600

FUENTE : Información proporcionada por empresas Forestal Andinos S.A., Forestal Arauco Ltda., Forestal Bío-Bío S.A., Forestal Crecex S.A., Forestal Cholguan S.A., Forestal Mininco S.A., Forestal Río Vergara S.A.

Bío-Bío S.A., Forestal Crececx S.A., Forestal Cholguán S.A., Forestal Mininco S.A. y Forestal Río Vergara S.A., se preparó un listado de predios plantados y un mapa, escala 250.000, en el que se ubicaron todos éstos.

Al comparar la ubicación de series de suelos con la de predios plantados, fue posible estimar la superficie plantada por serie de suelos. Esta información se presenta en la TABLA N° 2.

A partir de los listados de predios plantados y la información por rodales, proporcionada por las 7 empresas colaboradoras, fue posible conocer la distribución de las plantaciones de pino radiata según clase de edad. Los resultados se presentan en la TABLA N° 3.

Del listado general de predios se separó todos aquellos que poseían, en Diciembre de 1986, plantaciones de edades entre 1 y 5 años e iguales o mayores de 15 años, generando un listado de predios elegibles. Estos fueron replanteados sobre el mapa que incluía las series de suelo IREN-CORFO, determinando luego la superficie plantada por serie y clase de edad.

Cada combinación clase de edad/serie se consideró como un estrato y se aplicó la técnica de muestreo P.P.T. (probabilidad proporcional al tamaño), para seleccionar en forma aleatoria, dentro de cada estrato, los predios que constituirían la muestra. Se seleccionó también un número extra de predios como reserva para sustituir a aquellos que presentaran algún cambio en su estado (por incendio, explotación) en la visita a terreno.

El listado de unidades muestrales definitivas, que incluye los reemplazos, se presenta como ANEXO N° 1. Al Informe se adjunta Plano N° 2 "Ubicación geográfica de las Unidades muestrales".

En la TABLA N° 4 se incluye un listado de las unidades muestrales clasificadas por clase de edad y serie.

### 2.2.2 Descripción de los rodales de pino radiata.

Con información cartográfica, de rodalización y opinión del personal profesional de la empresa propietaria del predio sorteado, se eligió el rodal que representaba mejor la situación local de la serie, para ubicar allí la unidad experimental.

TABLA N° 3: Superficie (ha) plantada con Pino radiata, hasta Diciembre de 1986, por 7 empresas forestales en la VIII Región, desglosada por clase de edad.

CLASE DE EDAD (años)	SUPERFICIE PLANTADA (ha)
0 - 5	99.359
5 - 15	198.868
15 - 20	48.761
+ de 20	28.307
<b>TOTAL</b>	<b>375.295</b>

FUENTE : Información proporcionada por empresas Forestal Andinos S.A., Forestal Arauco Ltda., Forestal Bío-Bío S.A., Forestal Crececx S.A., Forestal Cholguan S.A., Forestal Mininco S.A., Forestal Río Vergara S.A.

TABLA N° 4: Unidades muestrales distribuidas por serie de suelo y clase de edad.

SERIE	CLAVE	UNIDADES MUESTRALES		TOTAL
		1- 5 años	=> 15 años	
COLICO	CLO	5	8	13
COBQUECURA	KQ	1	1	2
CURANILAHUE	CHE	6	6	12
SANTA TERESA	TR	6	4	10
MININCO	MI	3	2	5
ARENALES	AR	13	13	26
CONSTITUCION	KT	3	5	8
COREO	CO	8	13	21
COLLIPULLI	CL	9	6	15
DUNAS	DU	6	4	10
CURANIPE	CPE	14	20	34
NAHUEL BUTA	NA	15	26	41
CAUQUENES	CQ	14	9	23
SAN ESTEBAN	ET	43	29	72
SANTA BARBARA	BA	14	7	21
PEDREGALES	PE	2	3	5
<b>TOTAL</b>		<b>162</b>	<b>156</b>	<b>318</b>

Se definió como unidad experimental un conglomerado de tres parcelas de 400 metros cuadrados (20 x 20 m) en los rodales adultos, y de 100 metros cuadrados (10 x 10 m) en los rodales jóvenes, separadas una de otra por 30 m desde sus límites. En estas parcelas se obtuvo la descripción de los parámetros de rodal, midiendo en los rodales adultos el d.a.p. de cada árbol y en una submuestra de 5 árboles por parcela, la altura total; en los rodales jóvenes, se midió la altura total de todos los árboles, cuidando de registrar información sobre la aparición de síntomas visuales de deficiencias nutricionales.

### 2.2.3 Descripción de suelos.

Se definió como unidad experimental para los efectos de la descripción del suelo, un punto del terreno ubicado dentro de una de las parcelas señaladas en el punto 2.2.2, en la cual se preparó una calicata, la que fue descrita conforme a la metodología usual y de la cual se tomaron muestras de suelo a profundidades fijas de 0-30 , 30-60 y 60-90 cm para realizar las determinaciones químicas y físicas en los laboratorios. Las muestras, adecuadamente etiquetadas y embaladas, se trasladaban rápidamente al laboratorio.

### 2.2.4 Análisis de tallo.

Para la selección del punto en que se preparó la calicata, en la parcela seleccionada se ubicó el árbol dominante más cercano a su centro y en un radio no superior a 2 metros se localizó la calicata.

Al árbol dominante se midió el d.a.p., altura total y se trozó para obtener las rodajas que se utilizaron para hacer el análisis de tallo. El material, convenientemente identificado, se embolsó y trasladó al laboratorio.

### 2.2.5 Análisis foliares.

En las parcelas adultas, la muestra de acículas para análisis foliar se obtuvo del árbol dominante seleccionado para análisis de tallo. En las parcelas jóvenes se muestrearon 11 árboles ubicados en la primera parcela. Las muestras, identificadas y refrigeradas, se enviaron al laboratorio.

## 2.3 Metodología de laboratorio

Para los análisis se emplearon los siguientes métodos:

### 2.3.1 Análisis físicos de suelo:

- Densidad aparente: Método del cilindro.
- Textura: Método de Day, usando el hidrómetro estandar de la ASTM, como sensor del porcentaje de partículas en suspensión en un momento dado.
- Capacidad de campo y marchitez permanente: Método descrito por Peters.
- Límites de consistencia (llamados también límites de Atterberg): Método descrito por Sower, basado en estandar fijados por la ASTM. Los límites líquido y plástico se midieron con el aparato diseñado por la Am. Soc. Test. Mater. Committee D-18, 1958.
- Cole: Método que sigue las pautas fijadas por el "Supplement to Soil Clasification System (7a aproximación)".

### 2.3.2 Análisis químicos de suelo:

- pH en agua: electrodo combinado.
- Nitrógeno total: Método Kjeldahl.
- Fósforo: Bray y Kurtz N° 2 y Olsen.
- Materia orgánica: combustión húmeda.
- Calcio: Espectroscopía por absorción atómica con llama.
- Potasio: Fotometría en llama.

### 2.3.3 Análisis foliares:

- Nitrógeno: Método Kjeldahl.
- Fósforo: Digestión ácida y colorimetría.
- Potasio: Fotometría en llama.
- Calcio, Magnesio, Cobre, Zinc, Manganeso:  
Espectroscopía por absorción atómica con llama.
- Boro: Azometina H.

### 2.3.4 Análisis de tallo:

En cada rodela del árbol dominante seleccionado se efectuaron mediciones de los anillos, en dos radios orientados en 90 grados. Con el promedio de ambas mediciones y siguiendo la metodología usual, se calculó la altura que alcanzó o alcanzaría el árbol a los 20 años de edad. Esta

altura representa para los fines de este estudio el Índice de Sitio.

#### 2.4 Análisis estadístico de datos

Los resultados obtenidos fueron incorporados a un banco de datos computacional para su análisis estadístico.

En primer lugar, mediante un análisis de correlación (matriz de Pearson) se determinó el grado de asociación de la variable dependiente (Índice de Sitio) y las variables independientes (características edáficas, fisiográficas y contenidos foliares).

Cuando el Diagrama de Dispersión de la variable Índice de Sitio y su variable independiente o predictora, mostraba la conveniencia de realizar algún ajuste diferente del modelo lineal, éste se efectuó antes de continuar con el análisis.

Enseguida, mediante regresiones lineales múltiples se determinó la relación funcional del Índice de Sitio con las variables independientes.

Por último, mediante una regresión paso a paso (step-wise) se seleccionaron las variables de mayor incidencia en el Índice de Sitio y con menor correlación entre si.

El análisis descrito fue aplicado de igual manera a los siguientes estratos:

- Todas las unidades muestrales pertenecientes a cada serie de suelo forestal (Estrato "serie ....")
- Todas las unidades muestrales ubicadas en suelos pertenecientes a cada uno de los siguientes grupos de series:
  - Arenosos (Estrato "arenosos")
  - Rojo arcillosos (Estrato "rojo arcillosos")
  - Metamórficos (Estrato "metamórficos")
  - Sedimentarios (Estrato "sedimentarios")
  - Graníticos (Estrato "graníticos")
  - Trumaos (Estrato "trumaos")
- Todas las unidades muestrales (Estrato "general")

Los resultados de las diversas variables estudiadas se presentan en sus valores observados máximo, mínimo, promedio y desviación estandar, sea a nivel de serie, grupo o general, según corresponda.

Todos los análisis fueron efectuados recurriendo a equipos y programas computacionales estadísticos, disponibles en el Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

### 3. RESULTADOS

A continuación se presentan los principales resultados del estudio.

#### 3.1 Características generales de los grupos de suelos forestales de la VIII Región

Según el estudio "Potencialidad de los Suelos de Chile" (SAG - ODEPA, 1968), la superficie de la VIII Región se descompone, por aptitud de uso, de la siguiente manera :

Suelos Cultivados	:	249.900 ha	( 6,94%)
Suelos con praderas	:	1.080.300 ha	(30,00%)
Suelos forestales	:	1.493.400 ha	(41,47%)
Suelos improductivos	:	777.100 ha	(21,59%)

---

TOTAL : 3.600.700 ha

La VIII Región presenta diversas formaciones fisiográficas siendo las más importantes : Cordillera de la Costa, Depresión Central y Cordillera Andina. En ellas se observan altitudes muy variables que van desde el nivel del mar hasta los 3.090 m.s.n.m., en el Volcán Callaqui. Lo mismo ocurre con las formaciones geológicas en las que encontramos depósitos recientes, rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. A lo señalado debe agregarse las condiciones climáticas distintas que van desde el mediterráneo (templado cálido) en la costa al frío de altura en la Cordillera Andina.

Los factores de formación de los suelos: material generador, clima, relieve, edad y organismos han originado diversos tipos con características físicas y químicas distintas, que determinan aptitudes de uso que van desde el agrícola intensivo hasta los sin uso.

De acuerdo con Peralta (1976), Etchevers (1979), Vidal (1983) e INIA (1985), los suelos de la VIII Región pueden clasificarse en los siguientes grupos: Arenosos, Rojo Arcillosos, Metamórficos, Sedimentarios Marinos, Graníticos, y Derivados de cenizas volcánicas. A continuación se describe cada uno de ellos.

### 3.1.1 Grupo de los suelos arenosos.

Desde el punto de vista de su génesis, han sido originados por aluviones que depositaron inmensos volúmenes de arenas de origen volcánico en la Depresión Central; el agua ha jugado un papel preponderante en su formación.

El más importante por su tamaño y por la gran cantidad de plantaciones forestales que se han allí realizado, es el Gran Cono Aluvial del río Laja, que se extiende desde el río Itata por el Norte, hasta el río Rarínco por el Sur. También, deben mencionarse las arenas y cenizas transportadas por el viento sobre los cordones y valles intramontanos de la Cordillera Andina.

El relieve es plano, con pendientes uniformes que descienden de Este a Oeste, en el que sobresalen algunos cerros testigos provenientes de formaciones geológicas más antiguas existentes en la Depresión Central. El Cono del Laja está disectado por numerosos ríos entre los que se destacan el Itata, el Laja, el Huaqui, el Rarínco y el Coreo.

El clima en que se han desarrollado estos suelos corresponde a un Mediterráneo templado cálido, con gran amplitud térmica y más de 5 meses secos. La pluviometría media anual es de 1.200 mm.

La vegetación estaba constituida por especies que formaban el bosque esclerófilo : litre, quillay, romerillo, pichi. Las dos primeras han desaparecido por el intenso uso que se hizo de ellas para leña y carbón.

Las series de importancia forestal más interesantes son las siguientes : Arenales (AR), Coreo (CO), Santa Teresa (TR) y Dunas (DU). También se incluye en este grupo de suelos la serie Pedregales (PE), por tener mayor relación con éste, que con los otros.

La erosión que presentan es del tipo eólica, con formaciones de dunas continentales en los sectores cercanos a los primeros contrafuertes cordilleranos de la Cordillera de la Costa, por encontrarse formaciones de arenas más finas.

Las principales características de los suelos son: presentan perfiles estratificados, con colores pardo muy oscuros a negros en húmedo, texturas arenosas, estructuras de grano simple, no plásticas y no adhesivas, con escasa actividad biológica. Los perfiles son profundos, salvo en los pedregales. Presentan una proporción elevada de

esqueleto, la que es mínima en las Series Dunas (DU) y Santa TEResa (TR), alcanzando valores máximos en la Coreo (CO) y Pedregales (PE). Esta componente tiene gran incidencia en la calidad del sitio, la que es inversamente proporcional respecto a su porcentaje.

Los valores físicos promedios para los 3 estratos estudiados (0-30, 30-60, 60-90 cm) son los siguientes :

- La densidad aparente es la más alta de todos los grupos de suelos: 1,51 , 1,56 y 1,58 gr/cc.
- Los valores de la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente son los más bajos de todos los grupos de suelo y presentan diferencias mínimas entre ellos, a pesar de haberse determinado a 1/10 y 10 atm. de presión. Las características mencionadas determinan una capacidad de retención mínima de agua aprovechable para las plantas en el perfil.
- La porosidad total es la más baja de todos los grupos, los valores son : 42,86% ; 41,15% ; y 40,23% (60-90 cm).
- El porcentaje de esqueleto en el primer estrato es similar en las Series Arenales y Santa Teresa (5.3 %), bajo en las Dunas (0.82%), muy alto en la Coreo (18 %), y Pedregales (23.9%). Estos valores se mantienen con ligeras variaciones en los dos estratos siguientes.

Las determinaciones químicas promedias para las 3 profundidades analizadas (0-30, 30-60, 60-90 cm) son :

- El pH es moderadamente ácido en todo el perfil : 6,41; 6,55 y 6,58.
- La materia orgánica es baja en los primeros 30 cm. y muy baja de 30 a 90 cm.
- Los contenidos de Nitrógeno son mínimos en todos los estratos y resultaron los más bajos de las muestras analizadas.
- Los contenidos de Fósforo figuran como los más altos de todos los grupos. Esto se debe al método utilizado para determinarlo (Bray y Kurtz N° 2), que emplea una solución muy extractante para estas texturas, por lo que sus valores resultan demasiado elevados si se comparan con los otros grupos. En consecuencia, el método analítico Bray y Kurtz N° 2 no resulta apropiado para los suelos arenosos.
- Los niveles de Potasio y de Calcio están bajo los normales.

### 3.1.2 Grupo de los suelos rojo arcillosos.

Lo constituyen varias series de suelos con texturas muy arcillosas no estratificadas y colores similares, que han evolucionado a partir de cenizas volcánicas antiguas sobre formaciones rocosas distintas: conglomerados, tobas o brechas volcánicas.

La topografía es muy variada, va desde plana a lomajes y montañosa, disectada por numerosas quebradas con cursos de agua intermitentes, como ocurre en la zona de piedmont de la Cordillera Andina.

El clima es Mediterráneo, típico de la Depresión Central, con una fuerte amplitud térmica y más de 5 meses secos. La pluviometría media anual varía desde los 900 mm a los 1.200 mm.

La vegetación nativa estaba constituida en la parte Norte por estepa de Acacia caven y hacia el Sur por matorral de transición, ambas drásticamente alteradas cuando se habilitaron suelos para la agricultura y ganadería.

Las principales series de importancia forestal que conforman este grupo, son las denominadas Collipulli (CL) y Mininco (MI); la Mirador (MD) tiene escasa representación.

Las características más relevantes son las siguientes : colores pardo rojizos, con estructuras granulares a bloques subangulares medios y finos; muy plásticos y adhesivos en húmedo; duros y compactos en seco. A medida que se profundiza, el color cambia a un rojo más oscuro, las texturas son arcillo limosas, con estructuras de bloques subangulares; muy plásticos y adhesivos en húmedo, duros y compactos en seco.

Estos suelos presentan generalmente un grado de erosión bastante intenso del tipo laminar y de zanjas, producto de los cultivos a que fueron sometidos, en los que predominaron los cereales.

De acuerdo a los resultados de este estudio la caracterización física de los 3 estratos analizados (0-30, 30-60, 60-90 cm) es la siguiente :

- La densidad aparente es: 1,28 ; 1,37 y 1,31 gr/cc.
- La capacidad de campo es: 30,93%; 31,79% y 33,64%.

- Los valores del punto de marchitez permanente son : 20,21% , 22,33% y 23,32%.
- La porosidad total varía de 51,76% para el estrato 1, a 48,46% para el 2 y a 50,59% para el 3.

El porcentaje de esqueleto es muy bajo en el estrato superior, de sólo un 2,5%, se mantiene en el segundo y disminuye a un 1,5% en el tercero.

Los valores químicos promedios determinados para las 3 profundidades analizadas son :

- El pH es moderadamente ácido en todo el perfil: 5,8; 5,86 y 5,95.
- La materia orgánica es media en los primeros 30 cm. (3,2% ) y baja en los restantes (1,67% y 1,27%).
- El Nitrógeno es muy bajo, sus niveles son: 0,13%; 0,04% y 0,04%.
- Los valores del Fósforo son medianos, aun cuando varían de 22,21 a 10,34 y a 15,21 ppm.
- Los de Potasio estan bajo los contenidos normales (- 0,3 meq/100 gr suelo).
- El Calcio es normal en los dos primeros estratos de la serie Collipulli (CL) y bajo en el tercero, en la serie Mininco (MI), es normal en el estrato superior y bajo en los dos restantes (- 5 meq/100 gr suelo)

### 3.1.3 Grupo de los suelos metamórficos.

Se extiende de Norte a Sur en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa, constituye una faja casi continua dividida en dos a la latitud de  $36^{\circ} 30'$ . El material generador lo conforman rocas que son parte del basamento metamórfico paleozoico en el que predominan : pizarras, metaareniscas, filitas y esquistos.

Ocupan posiciones altas; la topografía varía desde lomajes abruptos a cerros y cordilleras con pendientes complejas en las áreas de mayor altura sobre el nivel del mar.

El clima es variable, prima el Mediterráneo (templado cálido), con una amplitud térmica moderada (estación tipo Concepción) a templado húmedo sin meses secos (estación tipo Contulmo). La caída pluviométrica fluctúa entre 1.200 y 3.000 mm/año. En el sector cordillerano alto, que se extiende desde Curanilahue hacia el Sur, se presenta un clima frío de altura, con caída de nieve en invierno.

La vegetación nativa, estaba constituida por una formación de transición de bosque Maulino que llegaba hasta la ribera Norte del río Bío-Bío; al Sur de éste, existió un bosque del tipo roble-raulí. Las coberturas mencionadas están totalmente degradadas y han sido sustituidas en gran parte por plantaciones de pino radiata y, en menor grado, de eucaliptus.

Las series más importantes que se han reconocido son la Constitución (KT) y la Nahuelbuta (NA), que se ubican hacia el norte y sur del río Bío-Bío; esta última, es en realidad una asociación, debido a los distintos materiales rocosos metamórficos que originan los suelos.

Las características más relevantes de los suelos de este grupo son los siguientes : los colores son pardo grisáceos oscuros; texturas franco arcillo arenosas; estructuras granulares medias; ligeramente plásticos y adhesivos en húmedo; duros y compactos en seco; en la medida que aumenta la profundidad el color se torna pardo amarillento a gris oscuro y las texturas se hacen arcillosas masivas; las estructuras son de bloques subangulares a arcillosas masivas.

Las propiedades físicas promedias obtenidas en este estudio, para los estratos de 0 - 30 cm , 30 - 60 cm y 60 - 90 cm de profundidad son:

- La densidad aparente es de 0,97 gr/cc para los primeros 60 cm de profundidad, aumentando ligeramente en el último a 1,11 gr/cc.
- La capacidad de campo para las 3 profundidades es de 31,82%; 27,65% y de 30,7%.
- El punto de marchitez permanente tiene los siguientes valores : 18,47%; 17,75%; y 21,44%.
- La porosidad total para los 2 primeros estratos es casi igual, de un 63,4%, disminuyendo en el último a un 58%.

Los porcentajes de esqueletos son muy elevados en las dos series y en todo el perfil, debido a las características del material de origen y a los factores de formación del suelo. Para el primer estrato es de 25%, 22% para el intermedio y de un 7% para el tercero.

Las características químicas promedias para las 3 profundidades son:

- El pH es moderadamente ácido en todo el perfil, varía entre 5,43 - 5,51.
- La materia orgánica es alta (4,31%) en los primeros 30 cm, media en el segundo (2,14%) y baja en el último (1,86%).
- El Nitrógeno es muy bajo en los 3 estratos analizados; los valores promedios son : 0,15%; 0,09% y 0,07%.
- El Fósforo es medio de 0 - 30 cm. de profundidad (11,1 ppm) y bajo de 60 - 90 cm (5,1 ppm).
- Los niveles de Potasio y de Calcio, expresados en meq/100 gr de suelo, son bajos en todo el perfil (inferiores a 0,3 y 5,0 , respectivamente ).

#### 3.1.4 Suelos derivados de sedimentos marinos.

Su relieve está constituido principalmente por plataformas litorales y terrazas marinas del terciario y, en menor proporción, por llanuras arenosas fluvio marinas que se extienden desde la bahía de Talcahuano hacia el Sur, fuertemente tectonizadas por fallas geológicas, disectadas por valles fluviales con fuertes pendientes.

El material generador de la zona costera, lo constituyen fundamentalmente arcillas marinas del plioceno, mientras que hacia la parte central predominan arenas y arcillas continentales.

El clima es Mediterráneo, con una amplitud térmica moderada (estación tipo Concepción); la pluviometría fluctúa entre 1.300 - 1.500 mm/año.

La vegetación nativa estaba constituida por un matorral mesomórfico a bosque de transición, que fue totalmente explotada para habilitar suelos para actividades agrícolas y ganaderas. Actualmente está totalmente alterada o sustituida por plantaciones en las que predomina el pino radiata.

Según el Proyecto Aerofotogramétrico (1964), este grupo de suelos lo conforman cuatro series de importancia forestal : Curanipe (CPE), Curanilahue (CHE), Cobquecura (KQ) y Colico (CLO). Son depositacionales, con topografía ondulada a quebrada.

Los colores varían desde el pardo rojizo al pardo oscuro en húmedo en el primer horizonte, al rojo oscuro a rojo amarillento en los más profundos.

Las texturas son similares en las cuatro series; son franco arcillosas en la superficie, tornándose arcillosas en la medida que aumenta la profundidad del suelo.

Las estructuras superficiales son bloques subangulares medios y finos; a medida que aumenta el contenido de arcilla origina estructuras prismáticas firmes o de bloques subangulares grandes a medios.

Son plásticos y adhesivos en húmedo, duros y compactos en seco, pudiendo presentar concreciones de fierro y manganeso, con o sin grava cuarzosa.

Según los resultados del presente estudio, las principales características físicas de este grupo de suelo, son las

que a continuación se describen. En el Anexo N° 2 se incluyen los resultados de los análisis físicos y químicos para cada una de las series que conforman los grupos.

- Las densidades aparentes expresadas en gr/cc. para los 3 estratos analizados son muy similares: 1,07 (0-30 cm); 1,12 (30-60 cm); y 1,07 (60-90cm).
- La capacidad de campo es similar para las 3 profundidades muestreadas : 32,9% en la primera; 33,7% en la intermedia y 33,7% en la más profunda.
- El punto de marchitez permanente para los mismos estratos es : 22,9% ; 23,6% y 24,5%.
- La porosidad total promedia tiene poca variación en las 3 profundidades analizadas; los valores obtenidos fueron: 61,2% ; 57,7% y 58%.
- Los porcentajes de esqueletos son bajos para el estrato superior (5%) y para el intermedio (4%), y se mantienen en el último, exceptuando la Serie Cobquecura en la que aumenta en forma notable.

Las características químicas más relevantes son :

- El pH es moderadamente ácido en los 3 estratos analizados y fluctúa de 5,43 a 5,51.
- La materia orgánica es alta entre 0 - 30 cm ( 4,31%) y baja entre 30 y 90 cm (1,7%).
- El contenido de Nitrógeno es muy bajo para las mismas profundidades, varía de 0,09% a 0,04%.
- Lo mismo ocurre con el P, que varía de 8,78 a 10,03 ppm.
- El K se presenta en niveles normales entre 0 - 30 cm, y deficitario entre 30 y 90. El Ca, en cambio, es bajo en las 3 profundidades muestreadas.

### 3.1.5 Grupo de los suelos graníticos.

Los materiales generadores que han originado estos suelos son rocas graníticas, dioritas cuarzosas o material intrusivo muy rico en cuarzo.

Las series de este grupo se extienden de norte a sur a lo largo de toda la Cordillera de la Costa en la vertiente oriental. Son suelos de posición media a alta, con una topografía que va desde la de lomajes con pendientes variables y complejas disectadas por quebradas, a serranías con fuertes pendientes, como ocurre en la alta cordillera.

El clima es Mediterráneo templado cálido, con gran amplitud térmica, con más de 4 meses secos en el secano interior a prácticamente uno o dos en las áreas de mayor altura. La caída pluviométrica es muy variable, está muy ligada al efecto de la altura de las formaciones montañosas y de la posición fisiográfica en que se encuentren; fluctúa de 1.000 a 2.500 mm/año.

La vegetación nativa estaba constituida por un matorral costero arborescente que se extendía desde Chillán hacia el Norte, mientras que hacia el Sur, predominaba una formación de estepa de Acacia caven, matorral de transición y parques. En la actualidad, estas formaciones se encuentran totalmente alteradas.

De acuerdo con el Proyecto Aerofotogramétrico (1964), se distinguen dos series de importancia forestal: San Esteban (ET) y Cauquenes (CQ), que han sido plantadas en alta proporción con Pino radiata.

Este grupo de suelos se caracteriza por presentar: colores pardo oscuros de los horizontes superiores, con estructuras granulares a bloques subangulares, ligeramente plásticos y adhesivos en húmedo, duros y compactos en seco. Los horizontes más profundos presentan texturas arcillosas con presencia de grava cuarzosa; estructuras de bloques subangulares a prismáticas.

En general se trata de suelos profundos, con perfiles arcillosos densos muy compactados, que han experimentado un fuerte proceso erosivo laminar y de zanjas en los casos más severos. Lo que se foresta muchas veces en estos casos es el subsuelo. La erosión limita seriamente su calidad. En cambio, son excelentes sitios forestales todas las áreas donde los suelos son profundos y la erosión es mínima.

Los resultados analíticos obtenidos en este estudio señalan que las características físicas promedias para los 3 estratos muestreados (0-30, 30-60, 60-90 cm) son :

- La densidad aparente es similar en todo el perfil; los valores determinados son : 1,26 ; 1,30 y 1,33 gr/ cc.
- La capacidad de campo es muy homogénea, varía entre 23,07% y 23,26%.
- El punto de marchitez permanente fluctúa escasamente entre 13,77% y 14,01%.
- La porosidad total disminuye con la profundidad; los valores determinados para las 3 profundidades son : 52,54% ; 50,85% y 49,88%.
- El porcentaje de esqueleto alto en el primero (17%) aumenta en el intermedio (18%) y se mantiene en el último.

Los valores químicos promedios para los 3 estratos son:

- El pH es moderadamente ácido, varía entre 5,81 y 5,90.
- La materia orgánica es media en el primero (2,41%) y baja en los restantes (1,43% y 1,04%).
- El Nitrógeno es muy bajo en todo el perfil (0,09% , 0,06% y 0,04%).
- Los niveles de Fósforo son medianos en las 3 profundidades (14,44 ppm; 12,54 ppm y 12,02 ppm).
- El Potasio y el Calcio presentan niveles bajos en los 3 estratos muestreados (inferiores a 0,3 y 5 meq/100 gr suelo).

### 3.1.6. Grupo de suelos derivados de cenizas volcánicas.

Son suelos que se han formado a partir de la evolución de materiales piroclásticos, originados en el cuaternario en el que predominaron las cenizas y, en menor grado, las arenas volcánicas, que fueron transportadas fundamentalmente por el viento y en menor proporción por el agua. Desde un punto de vista fisiográfico pueden dividirse en dos clases:

- a. Trumaos de la Cordillera Andina.
- b. Trumaos de la Depresión Central.

a. Trumaos de la Cordillera Andina : se han formado por la evolución de cenizas volcánicas recientes y de acuerdo con la ubicación que tengan, pueden subdividirse en 3 subclases :

#### a.1 Trumaos de la Precordillera :

Ocupan una posición de piedmont, se caracterizan por presentar una topografía de lomajes con pendientes diversas; disectados por numerosos ríos, esteros y quebradas con cursos de agua intermitentes que fluyen hacia la Depresión Central.

El clima es templado húmedo sin meses secos, con una pluviometría que fluctúa entre 1.500 a 2.500 mm/año. El período de heladas se presenta en el otoño y fines de invierno.

La vegetación nativa estaba constituida por una formación de roble- raulí, que ha sido totalmente alterada, quedando sólo algunos relictos en las laderas de los valles que han formado los esteros y ríos.

Estos suelos en numerosos lugares se presentan en transición con la serie Collipulli (CL), debido a que la ceniza volcánica más moderna se ha depositado por acción del viento sobre formaciones arcillosas más antiguas.

Presentan una erosión de manto de intensidad variable, que en numerosos casos ha determinado la pérdida de la fertilidad de los suelos, cuando ha sido muy intensa. Este fenómeno es el responsable del cambio de la capacidad de uso de los suelos.

Las principales características de estos suelos son : colores pardo grisáceos oscuros en húmedo, textura franco arenosa muy fina, ligeramente plástico y adhesivo,

estructura granular fina. En la medida que aumenta la profundidad, el color cambia a pardo amarillento, sin estructura, con restos de tobas volcánicas. Son perfiles profundos, salvo en los casos de transición ya mencionados.

#### a.2 Trumaos de la Cordillera Andina :

Son suelos de posición intermedia a alta que se extienden en forma de una gran franja de Norte a Sur entre los 500 - 1.000 m.s.n.m. Su relieve es montañoso, con fuertes pendientes, disectados por esteros, ríos y valles de origen glacial.

El clima es templado húmedo a clima frío y húmedo, sin meses secos, con fuertes heladas en el otoño y primavera, con caída de nieve en numerosos lugares a partir de los 800 m.s.n.m. Los días con neblinas son numerosos. Fuertes vientos azotan las partes de mayor altura. Estas características son de gran interés en el establecimiento y crecimiento de las plantaciones forestales.

La vegetación está constituida por una formación del tipo roble-raulí con predominio del coigue en los sectores con mayor altitud; está totalmente alterada y predominan los renovales de escaso valor económico y matorrales.

La erosión que presenta es del tipo laminar intenso en todos los sectores donde se ha alterado en forma notoria la vegetación nativa. En los con mayor altura y fuertes pendientes, se observan movimientos gravitativos en masa de grandes proporciones, representados por procesos de solifluxión, deslizamientos y derrumbes.

Los suelos presentan características similares a los descritos para el Piedmont, salvo que las pendientes constituyen un factor de gran importancia en su uso; por este motivo, la sectorización por pendiente es determinante para definir el uso potencial. También debe mencionarse, que a partir de los 600 m.s.n.m. los perfiles presentan pedregosidad en los primeros horizontes y, a veces, en la superficie, la que limita su aptitud de uso por afectar el arraigamiento.

#### a.3 Suelos de la Alta Cordillera :

Su relieve es montañoso, con una topografía muy compleja por estar constituida por cordilleras, valles glaciales y volcanes.

El clima varía desde el frío de altura con nevadas intensas en el invierno, al de hielo que se presenta sobre los 2.000 m.s.n.m. La pluviometría es alta, acompañada con intensas nevadas invernales.

La vegetación está constituida por matorrales de altura, coironales o líquenes, no tiene ningún valor económico, pero desempeña una función protectora vital.

Los movimientos gravitativos en masa están representados principalmente por avalanchas de nieve de grandes proporciones en aquellos sectores con fuertes pendientes y nula presencia de vegetación.

Los suelos de estas áreas tienen escaso o nulo desarrollo, con predominio de arenas o escorias volcánicas de origen andesítico y basáltico, con afloramientos rocosos. En algunos sectores se presentan suelos de mejor calidad, que permiten el desarrollo de coironales de gran interés ganadero.

Estos suelos, por tratarse de formaciones recientes con escaso o nulo desarrollo de su perfil, con condiciones climáticas extremas en el invierno y una acentuada sequía en el período estival, carecen de una importancia forestal productiva, pero desempeñan una función hidrológica vital.

Las características físicas promedias de los suelos muestreados a profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm en el Piedmont y Cordillera Andina son las siguientes:

- La densidad aparente es la más baja de todos los grupos estudiados; los valores son 0,76 , 0,68 y 0.66 gr/cc para las 3 profundidades consideradas.
- La capacidad de campo promedia del perfil es de 62,5% y el punto de marchitez permanente del orden de un 41,6%.
- La porosidad total es la más elevada de todos los suelos analizados; el valor promedio para las 3 profundidades es de 73,5%.

Los valores químicos promedios determinados para los 3 estratos analizados son los siguientes:

- El pH es uniforme en cada uno de ellos (6,31), moderadamente ácido.
- La materia orgánica es media (8,76%) en los primeros 30 cm y baja en los restantes (4,7%).
- Los niveles de Fósforo son bajos en los 3 estratos (10,55 , 6,88 y 7,18 ppm).

- Los contenidos de Potasio son normales para los estratos analizados, mientras que los de Calcio son bajos.
- El porcentaje de esqueleto es el más bajo de todos los grupos; para los tres estratos son : 1,61%; 1,65% y 1,94%.

b. Trumaos de la Depresión Central : se han formado por la depositación masiva de cenizas en los cursos de agua que fluyen desde la cordillera originando numerosos conos aluviales en los que predomina el material volcánico. Un caso típico es el de la Serie Arrayán de gran importancia agrícola por la enorme productividad de estos suelos.

### 3.2 Descripción de las series de suelos forestales de la VIII Región

A continuación, se describe cada serie de suelo forestal con la información obtenida en terreno y con los valores de los análisis físicos y químicos de la calicata modal, especialmente muestreada.

Cada serie es descrita según el siguiente esquema:

- Nombre de la serie.
- Clasificación según la 7a. aproximación, a nivel de orden y suborden.
- Geomorfología.
- Topografía.
- Material de origen.
- Drenaje interno y externo.
- Erosión.
- Clasificación según capacidad de uso.
- Ubicación de la calicata (latitud y longitud).
- Altitud sobre el nivel del mar.
- Descripción del perfil.
- Fases de la serie.
- Factores limitantes físicos, químicos y fisiográficos para el cultivo del pino radiata.

Se incluye en una hoja especial los valores de los análisis químicos y físicos de la calicata modal.

También se incluye el valor del volumen del agua aprovechable por cada espesor de horizonte, determinado según la siguiente fórmula:

$$HA = \frac{C.C - P.M.P}{100} * D. \text{ apar.} * \text{Prof. horizonte} * 10.000$$

donde:

- HA = Agua aprovechable (m<sup>3</sup>/ha).
- C.C = Capacidad de Campo (%).
- P.M.P = Punto de marchitez permanente (%).
- D. apar. = Densidad aparente (gr/cc).

En el Anexo N<sup>o</sup> 2 se presenta una Tabla que incluye los valores mínimo, máximo, promedio y desviación estandar por estrato de suelo muestreado y agrupado por serie.

Para mejor ordenamiento del texto, la descripción de cada serie se inicia en página separada.

### 3.2.1 SERIE ARENALES

Clasificación : Orden Entisol  
Sub orden Psamments.  
Geomorfología : planicie de origen aluvial.  
Topografía : plana.  
Pendiente : uniforme, 2%.  
Material de origen : arenas andesíticas y basálticas.  
Vegetación natural : litre, quillay, coral, litre.  
Drenaje : excesivo.  
Erosión : eólica ligera.  
Capacidad de uso : VII.  
Ubicación calicata : 37° 9' y 72° 12'  
Altitud : 170 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

##### 1. Horizontes orgánicos

- L (Ol) 0,3 cm : formado por desechos orgánicos sin cambios morfológicos en relación a su aspecto original predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.
- F (Of) 0,2 cm : material vegetal alterado reconocible a simple vista, con bajo contenido de sustancia orgánica fina, difiere en color del subyacente.
- H (Oh) 1,0 cm : horizonte de color oscuro debido a la descomposición de los residuos vegetales escasamente reconocibles a simple vista, con predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

- Al 0 - 17 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 4/2 en seco (pardo grisáceo oscuro); textura arenosa gruesa; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; abundancia de raíces y raicillas; límite inferior lineal.
- AC 17 - 71 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 3/1 en seco (gris muy oscuro); textura arenosa gruesa; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; raíces y raicillas abundantes; límite inferior lineal.
- C 71 - 120 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 6/1 en seco (gris); textura arenosa gruesa; estructura

de grano simple no plástico y no adhesivo; raíces y raicillas escasas.

#### OBSERVACIONES.

Las fases más importantes son: muy estratificadas con variaciones en grosor y número; plana uniforme; ligeramente ondulada y con subsuelo húmedo (en capacidad de campo), que constituye los mejores sitios forestales.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: las discontinuidades litológicas, que presentan perfiles muy estratificados que influyen en el movimiento interno del agua y en el desarrollo radicular; las altas temperaturas superficiales motivadas por el color oscuro del suelo, derivado de su material de origen, que afectan la sobrevivencia de las plantaciones recién establecidas por generar extrema aridez.
- Químicas: los bajos contenidos de nitrógeno y materia orgánica en todo el perfil.

SERIE : ARENALES  
 UBICACION : LATITUD 37°09'

CALICATA MODAL : 292  
 LONGITUD 72°12' ALTITUD 170 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 17	17 - 71	71 - 120
	A1	Ac	C

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	95.8	93.9	95.0
LIMO (%)	3.8	4.7	3.1
ARCILLA (%)	0.4	1.4	1.9
TEXTURA U.S.D.A.	ARENOSO	ARENOSO	ARENOSO

ESQUELETO (%)	24.86	18.04	26.94
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	7.10	2.20	1.70
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	3.10	1.30	1.00
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.71	1.54	1.77
POROSIDAD CAPILAR (%)	7.10	2.20	1.70
P. NO CAPILAR (%)	28.37	39.69	31.51
AGUA APROV. (m3/ha)	116.28	74.84	60.71
POROSIDAD TOTAL (%)	35.47	41.89	33.21

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	6.46	6.85	6.98
NITROGENO (%)	0.10	0.03	0.01
FOSFORO (ppm)	286.20	127.20	139.00
MATERIA ORGANICA (%)	2.08	0.41	0.01
POTASIO (meq/100 gr suelo)	0.09	0.06	0.05
CALCIO (meq/100 gr suelo)	1.21	1.25	1.29

### 3.2.2 SERIE COREO

Clasificación : Orden Entisol  
Sub orden Psamments  
Geomorfología : planicie de origen aluvial  
Topografía : plana.  
Pendiente : 2 - 3%.  
Material de origen : arenas y gravas andesíticas y  
basálticas.  
Vegetación natural : litre, quillay, pichi, radial, coiron.  
Drenaje : excesivo.  
Capacidad de uso : VII.  
Ubicación calicata : 37° 25' y 72° 1'  
Altitud : 290 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

##### 1. Horizontes orgánicos

- L (Ol) 0,5 cm : horizonte formado por desechos orgánicos sin cambios morfológicos, predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.
- F (Of) 1,0 cm : material vegetal alterado reconocible a simple vista, con bajo contenido de sustancia orgánica fina, difiere en color del subyacente.
- H (Oh) 3,0 cm : horizonte de color oscuro debido a la descomposición de los residuos vegetales escasamente reconocibles a simple vista, con predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

- Al 0 - 15 cm : 10YR 2/2 en húmedo (pardo muy oscuro), 10YR 3/2 en seco (pardo grisáceo muy oscuro); textura arenosa, con arenas medias y gruesas con alto porcentaje de esqueleto (32 %); estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto en seco y en húmedo; abundancia de raíces, raicillas y micorrizas; límite inferior lineal.
- Cl 15 - 52 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 4/1 en seco (gris oscuro); textura arenosa, con arenas medias y gruesas con menor contenido de esqueleto; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto en seco y en húmedo ; raíces y raicillas comunes, micorrizas abundantes; límite inferior lineal.

C2 52 - 125 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 5/1 en seco (gris); textura arenosa gruesa con alto contenido de grava (18%); estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto en seco y en húmedo; raíces escasas, abundancia de micorrizas

#### OBSERVACIONES.

Se distinguieron dos fases, de acuerdo con la posición fisiográfica que ocupan: profundas, estratificadas muy gravosas y ubicadas en la parte oriental del cono aluvial del río Laja; y estratificadas profundas con arenas gruesas y medias con grava, situadas en la parte occidental del cono.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: las discontinuidades litológicas que presentan los perfiles estratificados de esta serie y que limitan el arraigamiento de las plantaciones; las altas temperaturas superficiales derivadas del color del material de origen.
- Químicas: bajos porcentajes de nitrógeno en todos los horizontes; bajos porcentajes de materia orgánica en el primer horizonte y muy bajos en los restantes; muy bajos niveles de potasio y calcio.

SERIE : COREO CALICATA MODAL : 313  
 UBICACION : LATITUD 37°25' LONGITUD 72°01' ALTITUD 290 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm) 0 - 15 15 - 52 52 - 125  
 A1 C1 C2

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	87.5	96.9	94.9
LIMO (%)	10.6	2.3	2.8
ARCILLA (%)	1.9	0.8	2.3
TEXTURA U.S.D.A.			

ARENOSO ARENOSO ARENOSO

ESQUELETO (%)	32.11	20.10	18.04
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	7.40	2.70	3.40
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	3.60	1.50	2.00
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.26	1.53	1.66
POROSIDAD CAPILAR (%)	7.40	2.70	3.40
P. NO CAPILAR (%)	45.05	39.56	33.96
AGUA APROV. (m3/ha)	71.82	67.93	169.65
POROSIDAD TOTAL (%)	52.45	42.26	37.36

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	6.37	6.65	6.78
NITROGENO (%)	0.20	0.02	0.02
FOSFORO (ppm)	147.00	144.80	142.00
MATERIA ORGANICA (%)	4.60	0.84	0.13
POTASIO (meq/100 gr suelo)	0.15	0.08	0.14
CALCIO (meq/100 gr suelo)	4.59	1.23	1.10

### 3.2.3 SERIE DUNAS

Clasificación : Orden Entisol.  
Sub orden : Psamments.  
Geomorfología : terreno de dunas.  
Topografía : ondulada.  
Pendiente : compleja, 15 - 20%  
Material de origen : arenas andesíticas y basálticas.  
Vegetación natural : litre, quillay, pichi, coirón.  
Drenaje : excesivo.  
Erosión : eólica intensa, estabilizada.  
Capacidad de uso : VII.  
Ubicación calicata : 37° 22' y 72° 32'  
Altitud : 90 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil :

- Al 0 - 17 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 5/1 en seco (gris); textura arenosa fina; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo en húmedo; suelto y sin agregación en seco; raíces y raicillas abundantes; límite inferior difuso.
- C 17 - 110 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 4/1 en seco (gris oscuro); estructura de grano simple; no plástico y adhesivo en húmedo; suelto y sin agregación en seco; raíces y raicillas comunes.

#### OBSERVACIONES.

Existen formaciones de dunas continentales que presentan un gran efecto de la humedad del subsuelo en la parte baja, mientras que en la alta, predominan las condiciones de aridez que le son características. En éstas, el pino radiata presenta crecimientos totalmente distintos que las diferencian de las dunas corrientes.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la aridez extrema en el período estival, originada por las texturas y color del material de origen.
- Químicas: los bajos contenidos de nitrógeno, materia orgánica, potasio y calcio en todo el perfil.

SERIE : DUNA CALICATA MODAL : 322  
 UBICACION : LATITUD 37°22' LONGITUD 72°32' ALTITUD 90 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm) 0 - 17 17 - 100  
 A1 C

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	89.9	95.0
LIMO (%)	7.8	2.7
ARCILLA (%)	2.3	2.3
TEXTURA U.S.D.A.		

ARENOSO ARENOSO

ESQUELETO (%)	3.92	3.01
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	6.30	3.50
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	3.40	2.30
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.41	1.56
POROSIDAD CAPILAR (%)	6.30	3.50
P. NO CAPILAR (%)	40.49	37.63
AGUA APROV. (m3/ha)	69.51	155.38
POROSIDAD TOTAL (%)	46.79	41.13

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	6.96	6.90
NITROGENO (%)	0.02	0.18
FOSFORO (ppm)	183.80	136.40
MATERIA ORGANICA (%)	0.55	0.01
POTASIO (meq/100 gr suelo)	0.14	0.17
CALCIO (meq/100 gr suelo)	3.18	2.08

### 3.2.4 SERIE PEDREGALES

Clasificación : Orden Entisol  
Sub orden Psamments.  
Geomorfología : planicie aluvial reciente.  
Topografía : plana uniforme.  
Pendiente : 2%.  
Material de origen : arenas, gravas y rocas andesíticas  
y basálticas.  
Vegetación natural : litre, quillay, pichi, coirón.  
Drenaje : excesivo.  
Capacidad de uso : VII.  
Ubicación calicata : 37° 18' y 71° 59'  
Altitud : 460 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil :

##### 1. Horizontes orgánicos

- L (Ol) 0,5 cm : constituido por desechos orgánicos reconocibles a simple vista, sin cambios morfológicos importantes, predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.
- F (Of) 0,8 cm : material orgánico alterado reconocible a simple vista, con bajo contenido de sustancia orgánica fina, difiere en color del subyacente.
- H (Oh) 1,5 cm : horizonte humico de color oscuro con escasos residuos orgánicos reconocibles, con gran predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

- A1 0 - 9 cm : 10YR 2/2 en húmedo (pardo muy oscuro), 10YR 3/3 en seco (pardo oscuro); textura arenosa gruesa con abundancia de grava; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto y sin agregación en seco; raíces y raicillas comunes. Límite inferior lineal.
- C 9 - 100 cm : rocas redondeadas de diversos tamaños en una matriz arenosa gruesa, suelta y sin agregación. El mayor enraizamiento del pino radiata se observó en los primeros 20 cm. de profundidad.

OBSERVACIONES.

Suelo muy reciente, con escaso desarrollo del perfil.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la escasa profundidad efectiva; las discontinuidades litológicas y la extrema aridez, motivada por el clima y color del material de origen.
- Químicas: los muy bajos contenidos de nitrógeno, materia orgánica, potasio y calcio en todo el perfil.

SERIE : PEDREGALES CALICATA MODAL : 307  
 UBICACION : LATITUD 37°18' LONGITUD 71°59' ALTITUD 460 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm) 0 - 9 9 - 100  
 A1 C

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%) 80.7  
 LIMO (%) 15.9  
 ARCILLA (%) 3.4  
 TEXTURA U.S.D.A. ARENO  
 FRANCO

ESQUELETO (%) 26.40  
 CAPACIDAD DE CAMPO (%) 9.10  
 PTO. MARCHITEZ 3.90  
 PERMANENTE (%)  
 DENSIDAD APARENTE (gr/cc) 1.30  
 POROSIDAD CAPILAR (%) 9.10  
 P. NO CAPILAR (%) 41.84  
 AGUA APROV. (m3/ha) 60.84  
 POROSIDAD TOTAL (%) 50.94

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH 6.12  
 NITROGENO (%) 0.01  
 FOSFORO (ppm) 220.00  
 MATERIA ORGANICA (%) 5.56  
 POTASIO (meq/100 gr suelo) 0.12  
 CALCIO (meq/100 gr suelo) 1.70

OBSERVACION : Debido al alto contenido de Grava y Rocas redondeadas,  
 no se muestreo ni se analizó el segundo horizonte.

### 3.2.5 SERIE SANTA TERESA

Clasificación : Orden Entisol  
Sub orden Psammentes.  
Geomorfología : planicie de origen aluvial.  
Topografía : plana.  
Pendiente : 2%.  
Material de origen : arenas andesíticas y basálticas.  
Vegetación natural : peumo, arrayán, boldo.  
Drenaje : externo excesivo, interno pobre.  
Erosión : eólica incipiente en algunas áreas.  
Capacidad de uso : VI.  
Ubicación calicata : 37° 8' y 72° 24'  
Altitud : 130 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

##### 1. Horizontes orgánicos

L (01) 0,2 cm : horizonte escasamente desarrollado, formado por desechos orgánicos sin cambios morfológicos, predominan las acículas de pino radiata.

##### 2. Horizontes minerales

A1 0 - 13 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 4/1 en seco (gris oscuro); textura arenosa; estructura granular muy débil, que rompe a grano simple; no plástico y no adhesivo en húmedo, suelto en seco; raíces y raicillas comunes; límite inferior lineal.

AC 13 - 30 cm : color 10YR 2/1 en húmedo (negro), 10YR 4/1 en seco (gris oscuro); textura arenosa; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto y sin agregación en seco; raíces y raicillas escasas; límite inferior lineal.

C1 30 - 72 cm : color 10YR 2/2 en húmedo (pardo muy oscuro), 10YR 4/1 en seco; textura arenosa; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto y sin agregación en seco; presenta moteados de color rojizo debido a la existencia de un nivel freático fluctuante; raíces y raicillas escasas; límite inferior lineal.

C2 72 - 125 : color 10YR 2/2 en húmedo (pardo muy oscuro), 10YR 5/2 en seco (pardo grisáceo); textura arenosa; estructura de grano simple; no plástico y no adhesivo; suelto y sin agregación en seco; abundancia de moteados de color rojizo, con principios de

formación de fierrillo. Nivel freático a 1,25 m de profundidad.

#### OBSERVACIONES.

Presenta varias fases según sea la profundidad del nivel freático: profunda (más de 1,0 m), de profundidad media (0,7 - 1,0 m) y poco profunda (menos de 0,70 m).

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: nivel freático, que compromete seriamente la estabilidad de los rodales, por acción de los vientos de invierno y primavera.
- Química: bajos contenidos de nitrógeno en todos los horizontes; contenido medio de materia orgánica en el primer horizonte y bajo en los restantes.

SERIE : SANTA TERESA CALICATA MODAL : 289  
 UBICACION : LATITUD 37°08' LONGITUD 72°24' ALTITUD 130 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 13	13 - 30	30 - 72	72 - 125
	A1	Ac	C1	C2

DETERMINACIONES FISICAS

=====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	93.2	95.6	94.2	95.7
LIMO (%)	6.7	4.2	4.1	2.6
ARCILLA (%)	0.1	0.2	1.7	1.7
TEXTURA U.S.D.A.	ARENOSO	ARENOSO	ARENOSO	ARENOSO

ESQUELETO (%)	3.16	4.01	2.02	2.80
---------------	------	------	------	------

CAPACIDAD DE CAMPO(%)	11.30	6.30	3.20	3.40
-----------------------	-------	------	------	------

PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	3.70	3.40	2.10	2.00
-------------------------------	------	------	------	------

DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.34	1.57	1.61	1.42
---------------------------	------	------	------	------

POROSIDAD CAPILAR (%)	11.30	6.30	3.20	3.40
-----------------------	-------	------	------	------

P. NO CAPILAR (%)	38.13	34.45	36.05	43.02
-------------------	-------	-------	-------	-------

AGUA APROV. (m3/ha)	132.39	77.40	74.38	105.36
---------------------	--------	-------	-------	--------

POROSIDAD TOTAL (%)	49.43	40.75	39.25	46.42
---------------------	-------	-------	-------	-------

DETERMINACIONES QUIMICAS

=====

pH	6.59	6.56	6.95	6.88
NITROGENO (%)	0.09	0.02	0.01	0.02
FOSFORO (ppm)	211.00	135.20	105.80	130.20
MATERIA ORGANICA (%)	2.28	0.76	0.13	0.01
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.16	0.09	0.09	0.09
CALCIO (meq/100 gr suelo)	0.98	0.73	0.94	1.36

### 3.2.6. SERIE COLLIPULLI

Clasificación	: Orden Alfisol. Sub orden Xeralfs.
Geomorfología	: zona de lomajes con pendientes variables.
Topografía	: de lomajes suaves.
Pendiente	: uniforme 12 %.
Material de origen	: cenizas volcánicas antiguas desarrolladas sobre un conglomerado muy descompuesto.
Vegetación natural	: matorral de <u>Acacia caven.</u>
Drenaje	: externo e interno bueno.
Erosión	: de manto intensa.
Capacidad de uso	: VI
Ubicación calicata	: 37° 50' y 72° 23'
Altitud	: 200 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

- Al 0 - 19 cm : color 5YR 3/3 en húmedo (pardo rojizo), 7,5YR 3/2 en seco (pardo oscuro); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares medios y finos, firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas abundantes; límite inferior difuso.
- Bt1 19 - 45 cm : color 5YR 3/4 en húmedo (pardo rojizo oscuro), 7,5YR 5/4 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura prismática y de bloques subangulares medios bien desarrollada; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas comunes; límite inferior difuso.
- Bt2 45 - 90 cm : color 2,5YR 3/4 en húmedo (pardo rojizo oscuro); 2,5YR 4/4 en seco (pardo rojizo); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares grandes y medios, firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas, límite inferior difuso.
- Bt3 90 - 120 cm : color 2,5YR 3/6 en húmedo (rojo oscuro); 2,5YR 4/6 en seco (rojo); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares, grandes; muy plástico y adhesivo en húmedo; duro y compacto en seco.

#### OBSERVACIONES.

Presenta fases planas, de lomajes suaves, ondulado a quebrado, erosión moderada, erosión severa, de poca profundidad, de profundidad media, profunda y moderadamente pedregosa.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión severa de manto y de cárcavas; la compactación del subsuelo. En algunos sectores se observan problemas de profundidad que generan caída de árboles en el invierno y comienzos de primavera.
- Químicas: el bajo porcentaje de nitrógeno en todo el perfil; el medio contenido de fósforo en el primer horizonte y bajo en los restantes; el porcentaje medio de materia orgánica en el primer horizonte y bajo en los restantes.
- Fisiográficas: las exposiciones norte y noreste en suelos erosionados presentan condiciones de extrema aridez en el verano.

SERIE : COLLIPULLI  
 UBICACION : LATITUD 37°50'

CALICATA MODAL : 347  
 LONGITUD 72°23' ALTITUD 200 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 19 A1	19 - 45 Bt1	45 - 90 Bt2	90 - 120 Bt3
------------------	--------------	----------------	----------------	-----------------

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	24.0	11.3	9.5	14.1
LIMO (%)	24.9	24.6	23.7	21.4
ARCILLA (%)	51.1	64.1	66.8	64.5
TEXTURA U.S.D.A.				

ARCILLOSO ARCILLOSO ARCILLOSO ARCILLOSO

ESQUELETO (%)	1.20	0.96	1.02	1.15
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	28.10	28.30	30.50	32.50
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	17.80	20.40	23.50	25.10
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.63	1.61	1.60	1.58
POROSIDAD CAPILAR (%)	28.10	28.30	30.50	32.50
P. NO CAPILAR (%)	10.39	10.95	9.12	7.88
AGUA APROV. (m3/ha)	318.99	330.69	504.00	350.76
POROSIDAD TOTAL (%)	38.49	39.25	39.62	40.38
LIMITE LIQUIDO (%)	36.00	40.80	43.85	45.00
LIMITE PLASTICO (%)	24.66	28.52	30.55	31.47
INDICE DE PLASTICIDAD	11.34	12.28	13.30	13.53

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	5.31	5.51	5.87	5.92
NITROGENO (%)	0.08	0.17	0.07	0.08
FOSFORO (ppm)	8.60	1.80	3.10	3.50
MATERIA ORGANICA (%)	3.40	2.04	1.20	1.04
POTASIO (meq/100 gr suelo)	0.15	0.08	0.05	0.06
CALCIO (meq/100 gr suelo)	3.64	5.53	5.62	5.36

### 3.2.7 SERIE MININCO

Clasificación : Orden Alfisol  
Suborden Xeralfs.  
Geomorfología : plano depositacional no glacial.  
Topografía : ligeramente ondulada.  
Pendiente : 6%  
Material de origen : brecha volcánica andesítica y basáltica.  
Vegetación natural : matorral de Acacia caven.  
Drenaje : externo rápido, interno medio.  
Erosión : erosión severa de manto.  
Capacidad de uso : VI.  
Ubicación calicata : 36° 55' y 72° 17'  
Altitud : 115 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

- A1 0 - 20 cm : color 5YR 3/3 en húmedo (pardo rojizo oscuro), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares medios y gruesos duros y firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; límite inferior difuso.
- Bt1 20 - 55 cm : color 5YR 4/4 en húmedo (pardo rojizo), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura prismática y de bloques subangulares gruesos firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo; muy duro y compacto en seco; presencia de concreciones de diversos tamaños de color 7,5YR 2/0; límite inferior difuso.
- BC 55 - 100 cm : color 5YR 3/4 en húmedo (pardo rojizo oscuro) 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura masiva que rompe en bloques subangulares gruesos duros y firmes; abundancia de concreciones de color negro 7,5YR 2/0 y grava andesítica y basáltica, parcialmente descompuesta.

#### OBSERVACIONES.

Presenta las siguientes fases : de escasa profundidad; de profundidad media; plana a ligeramente ondulada; disectada moderada a fuerte; drenaje imperfecto; susceptible a erosionarse y severamente erosionada.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión laminar intensa que afecta grandes zonas; la profundidad que limita el arraigamiento y crecimiento de las plantaciones; la compactación de los horizontes inferiores.
- Químicas: los bajos contenidos de nitrógeno en todo el perfil; un porcentaje medio de materia orgánica en el primer horizonte y bajo en los restantes; bajos niveles de potasio y calcio en todos los horizontes.

SERIE : MININCO  
 UBICACION : LATITUD 36°55'

CALICATA MODAL : 288  
 LONGITUD 72°17' ALTITUD 115 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 20	20 - 55	55 - 100
	A1	Bt1	BC

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	29.1	26.0	27.7
LIMO (%)	25.8	22.9	23.8
ARCILLA (%)	45.1	51.1	48.5
TEXTURA U.S.D.A.			

ARCILLOSO    ARCILLOSO    ARCILLOSO

ESQUELETO (%)	4.01	4.04	2.16
CAPACIDAD DE CAMPO(%)	26.70	28.10	28.50
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	17.40	21.50	20.70
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.33	1.39	1.30
POROSIDAD CAPILAR (%)	26.70	28.10	28.50
P. NO CAPILAR (%)	23.11	19.45	22.44
AGUA APROV. (m3/ha)	247.38	321.09	456.30
POROSIDAD TOTAL (%)	49.81	47.55	50.94
LIMITE LIQUIDO (%)	36.85	39.00	39.50
LIMITE PLASTICO (%)	24.72	25.47	25.68
INDICE DE PLASTICIDAD	12.13	13.53	13.82

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	6.41	6.96	6.73
NITROGENO (%)	0.05	0.01	0.03
FOSFORO (ppm)	1.00	1.60	1.70
MATERIA ORGANICA (%)	1.12	0.17	0.96
POTASIO (meq/100 gr suelo)	0.05	0.04	0.04
CALCIO (meq/100 gr suelo)	5.86	5.38	6.22

### 3.2.8 SERIE NAHUEL BUTA

Clasificación : Orden Alfisol  
Suborden Xeralfs  
Geomorfología : montaña disectada por quebradas profundas.  
Topografía : montañosa.  
Pendiente : 20%.  
Material de origen : pizarras.  
Vegetación natural : formación de roble.  
Drenaje : externo bueno, interno moderado.  
Erosión : laminar intensa.  
Capacidad de uso : VII.  
Ubicación calicata : 73° 10' y 37° 15'.  
Altitud : 460 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil .

##### 1. Horizontes orgánicos

- L (Ol) 0,5 cm : desechos orgánicos reconocibles a simple vista, sin cambios morfológicos importantes, predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.
- F (Of) 0,6 cm : material orgánico alterado reconocible a simple vista, con bajo contenido de sustancia orgánica fina, difiere en color del subyacente.
- H (Oh) 1,0 cm : horizonte humico de color oscuro con escasos residuos orgánicos reconocibles, con gran predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

- A1 0 - 8 cm : color 10YR 3/4 en húmedo (pardo oscuro amarillento), 7,5YR 4/4 en seco (pardo oscuro); textura franco arcillosa; estructura granular a bloques subangulares débiles; plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; abundancia de materia orgánica y raicillas; límite inferior lineal.
- A2 8 - 29 cm : color 5YR 4/3 en húmedo (pardo rojizo), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura bloques subangulares medios firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas abundantes; límite inferior difuso.

- Bt 29 - 74 cm : color 5YR 4/6 en húmedo (rojo amarillento), el mismo color en seco; textura arcillosa; estructura masiva; muy plástico y adhesivo en húmedo; muy duro y compacto en seco; raíces y raicillas comunes; con presencia de grava cuarzosa; límite inferior gradual lineal.
- BC 74 - 120 cm : color 5YR 4/4 en húmedo (pardo rojizo), 5YR 4/8 en seco (rojo amarillento); textura arcillosa; estructura masiva; muy plástico y adhesivo en húmedo; muy duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas; presencia de crotovinas; descansa sobre un estrato de roca metamórfica (pizarra), con gran abundancia de grava cuarzosa.

#### OBSERVACIONES

Las fases de esta serie son : delgada, de profundidad media y profunda, muy erosionadas y con erosión moderada.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión de manto intensa que afecta a todas las áreas con fuertes pendientes; la profundidad en los sectores cordilleranos altos.
- Químicas: los niveles bajos de nitrógeno, fósforo, calcio en todo el perfil; el bajo porcentaje de materia orgánica a contar del segundo horizonte.
- Fisiográficas: la altitud sobre los 700 m.s.n.m. en todo el sector de la Cordillera de Nahuelbuta, que determina condiciones de clima de altura, adversas al pino radiata; las exposiciones norte y noroeste que están afectadas por muy fuertes vientos en invierno y primavera.

SERIE : NAHUEL BUTA CALICATA MODAL : 264  
 UBICACION : LATITUD 37°15' LONGITUD 73°10' ALTITUD 460 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 8	8 - 29	29 - 74	74 - 120
	A1	A2	Bt	BC

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	40.0	35.0	18.5	22.4
LIMO (%)	30.8	23.4	20.7	18.6
ARCILLA (%)	29.2	41.6	60.8	59.0
TEXTURA U.S.D.A.	FRANCO ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO
ESQUELETO (%)	3.26	4.81	2.50	3.52
CAPACIDAD DE CAMPO(%)	24.70	22.20	27.30	29.20
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	16.20	13.90	20.50	21.30
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.60	1.61	1.58	1.45
POROSIDAD CAPILAR (%)	24.70	22.20	27.30	29.20
P. NO CAPILAR (%)	14.92	17.05	13.08	16.08
AGUA APROV. (m3/ha)	108.80	280.62	483.48	526.93
POROSIDAD TOTAL (%)	39.62	39.25	40.38	45.28
LIMITE LIQUIDO (%)	39.65	35.75	46.60	51.70
LIMITE PLASTICO (%)	28.87	24.54	31.47	34.54
INDICE DE PLASTICIDAD	10.78	11.21	15.13	17.16

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	5.05	5.19	4.63	4.86
NITROGENO (%)	0.19	0.09	0.03	0.02
FOSFORO (ppm)	10.5	8.3	7.0	6.5
MATERIA ORGANICA (%)	6.28	3.12	0.96	0.60
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.38	0.32	0.17	0.10
CALCIO (meq/100 gr suelo)	1.63	1.20	1.20	0.84

### 3.2.9. SERIE CONSTITUCION

Clasificación : Orden Alfisol  
Suborden Xeralfs.  
Geomorfología : formación montañosa de posición alta.  
Topografía : pendientes abruptas.  
Pendiente : 30%  
Material de origen : roca metamórfica, pizarra.  
Vegetación natural : matorral costero a bosque de transición.  
Drenaje : externo rápido, interno lento.  
Erosión : laminar severa.  
Capacidad de uso : VII  
Ubicación calicata : 36° 12' y 72° 41'  
Altitud : 400 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

##### 1. Horizontes orgánicos

- L (Ol) 0,5 cm : constituido por desechos orgánicos sin cambios morfológicos en relación a su aspecto original, en el que predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.
- F (Of) 0,6 cm : material vegetal alterado con bajo contenido de sustancia orgánica fina, reconocible a simple vista, difiere en color del subyacente.
- H (Oh) 1,0 cm : horizonte humico de color oscuro con escasos residuos orgánicos reconocibles, con gran predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

- A1 0 - 10 cm : color 10YR 3/4 en húmedo (pardo oscuro amarillento), 10YR 4/4 en seco (pardo oscuro amarillento); textura franco arcillosa; estructura de bloques subangulares con abundancia de grava; plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; abundancia de raíces, raicillas y micorrizas; límite inferior difuso.
- A2 10 - 23 cm : color 10YR 3/4 en húmedo (pardo oscuro amarillento), 10YR 4/3 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares medios firmes con abundancia de grava; plástico y adhesivo

en húmedo, duro en seco; raíces y raicillas comunes; presencia abundante de micorrizas; límite inferior difuso.

Bt 23 - 55 cm : color 7,5YR 3/2 en húmedo (pardo oscuro); 10YR 4/3 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares medios muy firmes; gran cantidad de grava; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas comunes; gran abundancia de micorrizas; límite inferior difuso.

BC 55 - 79 cm : color 5YR 3/3 en húmedo (pardo rojizo oscuro), 5YR 4/4 en seco (pardo rojizo); textura arcillosa; estructura masiva con alto porcentaje de grava metamórfica; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas comunes.

#### OBSERVACIONES

Las fases definidas en terreno, que concuerdan con las señaladas por el Proyecto Aerofotogramétrico, son las siguientes: moderadamente pedregosa; moderadamente gravosa; erosión severa y moderadamente profunda.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: pedregosidad y especialmente problemas de profundidad, que limitan el arraigamiento y generan problemas de estabilidad en los rodales.
- Químicas: bajo nivel de nitrógeno, fósforo y materia orgánica.
- Fisiográficas: la exposición norte en todas aquellas áreas que tienen fases delgadas y que están afectadas por fuertes vientos en invierno y primavera, que comprometen fuertemente la estabilidad de los rodales

SERIE : CONSTITUCION CALICATA MODAL : 297  
 UBICACION : LATITUD 36°12' LONGITUD 72°41' ALTITUD 400 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 10	10 - 23	23 - 55	55 - 79
	A1	A2	Bt	Bc

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	25.1	22.2	16.8	24.2
LIMO (%)	36.0	36.3	31.3	24.1
ARCILLA (%)	38.9	41.5	51.9	51.7

TEXTURA U.S.D.A.

	FRANCO ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO
--	---------------------	-----------	-----------	-----------

ESQUELETO (%)	40.50	27.29	30.04	42.20
CAPACIDAD DE CAMPO(%)	25.00	25.10	22.00	21.20
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	13.80	13.60	14.20	16.00
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.29	1.32	1.39	1.33
POROSIDAD CAPILAR (%)	25.00	25.10	22.00	21.20
P. NO CAPILAR (%)	26.32	25.09	25.55	28.61
AGUA APROV. (m3/ha)	144.48	197.34	346.94	165.98
POROSIDAD TOTAL (%)	51.32	50.19	47.55	49.81
LIMITE LIQUIDO (%)	34.00	35.00	33.85	38.35
LIMITE PLASTICO (%)	23.89	24.09	24.42	27.60
INDICE DE PLASTICIDAD	10.11	10.91	9.43	10.75

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	6.26	6.01	5.67	5.71
NITROGENO (%)	0.12	0.11	0.04	0.03
FOSFORO (ppm)	15.70	12.40	5.90	2.00
MATERIA ORGANICA (%)	5.80	3.88	1.00	0.33
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.27	0.07	0.07	0.06
CALCIO (meq/100 gr suelo)	6.28	2.00	1.78	2.43

### 3.2.10 SERIE CURANIPE

Clasificación	: Orden Alfisol Sub orden Xeralfs.
Geomorfología	: plataformas litorales o terrazas marinas.
Topografía	: lomajes suaves.
Pendiente	: 6% uniforme.
Material de origen	: sedimentos marinos
Vegetación natural	: matorral costero a bosque de transición.
Drenaje	: externo rápido, interno, bueno.
Erosión	: de manto intensa en sectores con pendientes fuertes.
Capacidad de uso	: VI
Ubicación calicata	: 37° 34' y 73° 24'
Altitud	: 160 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

##### 1. Horizontes orgánicos

- L (Ol) 1,0 cm : constituido por desechos orgánicos reconocibles a simple vista, sin cambios morfológicos importantes, predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.
- F (Of) 0,8 cm : material orgánico alterado reconocible a simple vista, con bajo contenido de sustancia orgánica fina, difiere en color del subyacente.
- H (Oh) 1,5 cm : horizonte humico de color oscuro con escasos residuos orgánicos reconocibles, con gran predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

- A1 0 - 16 cm : color 10YR 3/4 en húmedo y seco (pardo amarillento oscuro), textura franco arcillosa; estructura de bloques subangulares finos a medios; ligeramente plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco. Abundancia de raíces y raicillas, fácilmente penetrable por las raíces. Límite inferior bien definido.
- A2 16 - 51 cm : color 7,5 YR 3/2 en húmedo (pardo oscuro); 5YR 4/4 en seco (pardo rojizo); textura arcillosa; estructura bloques subangulares medios a

gruesos firmes, plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; fácilmente penetrable por las raíces; abundancia de raíces, raicillas y micorrizas; límite inferior difuso.

Bt1 51 - 75 cm : color 5YR 4/3 en húmedo (pardo rojizo); 5YR 4/4 en seco (pardo rojizo); textura arcillosa; estructura bloques subangulares fuertes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas comunes con presencia de micorrizas; límite inferior difuso.

Bt2 75 - 130 cm : color 5YR 4/4 en húmedo (pardo rojizo); 5YR 4/6 en húmedo (rojo amarillento); estructura bloques subangulares medios; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas.

#### OBSERVACIONES

Presenta una fase de erosión fuerte y otra muy erosionada; por profundidad, una fase poco profunda y otra profunda.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son :

- Físicas: la erosión laminar intensa que afecta grandes superficies; la compactación en los horizontes inferiores; la escasa profundidad en algunos sectores.
- Químicas: los niveles medios de nitrógeno, fósforo y materia orgánica en el primer horizonte y bajos en los restantes; los bajos contenidos de calcio en todo el perfil.
- Fisiográficas: la exposición oeste en la zona litoral, que somete a las plantaciones a fuertes vientos durante casi todo el año.

SERIE : CURANIPE CALICATA MODAL : 279  
 UBICACION : LATITUD 37°34' LONGITUD 73°24' ALTITUD 160 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 16	16 - 51	51 - 75	75 - 130
	A1	A2	Bt1	Bt2

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	27.1	23.9	23.4	26.3
LIMO (%)	27.6	15.8	13.8	12.8
ARCILLA (%)	45.3	60.3	62.8	60.9
TEXTURA U.S.D.A.	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO

ESQUELETO (%)	4.96	2.19	2.32	3.05
CAPACIDAD DE CAMPO(%)	33.90	30.80	30.80	30.00
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	25.80	22.00	22.10	21.90
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.49	1.33	1.34	1.60
POROSIDAD CAPILAR (%)	33.90	30.80	30.80	30.00
P. NO CAPILAR (%)	9.87	19.01	18.63	9.62
AGUA APROV. (m3/ha)	193.10	409.64	279.79	712.80
POROSIDAD TOTAL (%)	43.77	49.81	49.43	39.62
LIMITE LIQUIDO (%)	46.60	47.50	47.00	49.00
LIMITE PLASTICO (%)	35.04	28.63	33.56	34.20
INDICE DE PLASTICIDAD	11.56	18.87	13.44	14.80

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	5.45	5.39	5.25	5.10
NITROGENO (%)	0.24	0.05	0.06	0.03
FOSFORO (ppm)	7.70	17.20	10.90	11.10
MATERIA ORGANICA (%)	7.83	2.04	1.00	1.08
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.16	0.04	0.03	0.04
CALCIO (meq/100 gr suelo)	3.18	0.64	0.48	0.53

3.2.11 SERIE CURANILAHUE

Clasificación : Orden Alfisol  
Sub orden Xeralfs.  
Geomorfología : plano depositacional, disectado por  
quebradas profundas.  
Topografía : ondulada a quebrada.  
Pendientes : 6 % uniforme  
Material de origen : rocas sedimentarias de origen marino.  
Vegetación natural : bosque de transición a selva  
Valdiviana de la costa.  
Drenaje : externo e interno bueno.  
Erosión : laminar intensa.  
Capacidad de uso : VI.  
Ubicación calicata : 37° 24' y 73° 22'  
Altitud : 145 m.s.n.m.

Descripción del perfil modal:

1. Horizontes orgánicos

L (O1) 0,5 cm : lo constituyen residuos orgánicos reconocibles a simple vista, sin cambios morfológicos importantes, predominan las acículas de pino radiata.

2. Horizontes minerales

Al 0 - 15 cm : color 10YR 3/4 en húmedo (pardo oscuro amarillento), 7,5YR 4/4 en seco (pardo oscuro); textura franco arcilloso; estructura bloques subangulares medios firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; con abundancia de materia orgánica, raíces y raicillas; límite inferior difuso.

Bt1 15 - 43 cm : color 7,5YR 3/2 en húmedo (pardo oscuro), 7,5YR 4/4 en seco (pardo oscuro); textura arcillosa; estructura prismática que rompe en bloques subangulares firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; abundancia de raíces, raicillas y micorrizas; límite inferior difuso.

Bt2 43 - 84 cm : color 7,5 YR 4/2 en húmedo (pardo oscuro), 7,5YR 4/4 en seco (pardo oscuro); textura arcillosa; estructura bloques subangulares bien desarrollados firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas

escasas; con presencia de grava cuarzosa; límite inferior difuso.

B3 84 - 135 cm : color 7,5 YR 4/4 en húmedo (pardo oscuro), 7,5YR 5/4 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura bloques subangulares grandes y firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; con presencia de grava cuarzosa.

#### OBSERVACIONES:

Presenta fases de erosión fuerte y muy severa; por pendiente fases moderada y escarpada.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión laminar intensa y en algunas áreas de cárcavas; la compactación del subsuelo y la fuerte pendiente en áreas montañosas.
- Químicas: los bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio en todo el perfil; los bajos porcentajes de materia orgánica en los horizontes inferiores.

SERIE : CURANILAHUE CALICATA MODAL : 281  
 UBICACION : LATITUD 37°24' LONGITUD 73°22' ALTITUD 145 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)            0 - 15        15 - 43        43 - 84        84 - 135  
                                     A1                      Bt1                      Bt2                      B3

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA    U.S.D.A

ARENA (%)	33.5	26.8	30.2	34.4
LIMO (%)	27.6	21.3	14.5	14.5
ARCILLA (%)	38.9	51.9	55.3	51.1
TEXTURA U.S.D.A.	FRANCO	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO

ESQUELETO (%)	2.56	3.20	3.16	4.25
---------------	------	------	------	------

CAPACIDAD DE CAMPO(%)	37.10	32.00	28.30	27.50
-----------------------	-------	-------	-------	-------

PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	26.80	23.80	20.00	19.40
-------------------------------	-------	-------	-------	-------

DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.33	1.32	1.35	1.36
---------------------------	------	------	------	------

POROSIDAD CAPILAR (%)	37.10	32.00	28.30	27.50
-----------------------	-------	-------	-------	-------

P. NO CAPILAR (%)	12.71	18.19	20.76	21.18
-------------------	-------	-------	-------	-------

AGUA APROV. (m3/ha)	205.49	303.07	459.41	561.82
---------------------	--------	--------	--------	--------

POROSIDAD TOTAL (%)	49.81	50.19	49.06	48.68
---------------------	-------	-------	-------	-------

LIMITE LIQUIDO (%)	52.00	46.40	43.62	40.50
--------------------	-------	-------	-------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	42.26	27.61	32.94	30.59
---------------------	-------	-------	-------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	9.74	18.79	10.68	9.91
-----------------------	------	-------	-------	------

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	5.11	4.83	4.65	4.94
NITROGENO (%)	0.25	0.12	0.07	0.01
FOSFORO (ppm)	6.20	0.50	0.50	1.60
MATERIA ORGANICA (%)	8.31	3.88	1.84	0.84
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.27	0.08	0.04	0.04
CALCIO (meq/100 gr suelo)	0.25	0.11	0.13	0.15

### 3.2.12 SERIE COBQUECURA

Clasificación : Orden Alfisol  
                  sub orden Xeralfs.  
Geomorfología : terraza marina, disectada por  
                  quebradas  
Topografía : uniforme.  
Pendiente : 10%.  
Material de origen : sedimentos marinos micáceos.  
vegetación natural : bosque de transición.  
Drenaje : externo bueno, interno moderado.  
Erosión : laminar intensa.  
Capacidad de uso : VI.  
Ubicación calicata : 36° 01' y 72° 45'  
Altitud : 460 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

- A1 0 - 15 cm : color 10YR 2/2 en húmedo (pardo muy oscuro), 10YR 3/2 en seco (pardo grisáceo muy oscuro); textura franco arcillo limosa; estructura de bloques subangulares medios firmes y duros; plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; raíces y raicillas abundantes; límite inferior difuso.
- Bt1 15 - 50 cm : color 10YR 2/2 en húmedo (pardo muy oscuro), 10YR 4/3 en seco (pardo); textura franco arcillo limoso; estructura prismática que rompe a bloques subangulares gruesos y medios; plástico y adhesivo en húmedo; duro en seco; raíces y raicillas abundantes; límite inferior lineal.
- B1 50 - 89 cm : 10YR 3/4 en húmedo (pardo amarillento oscuro), 10YR 4/3 en seco (pardo); textura franco limosa; estructura de bloques subangulares medios duros; presencia errática de sedimentos marinos parcialmente descompuestos; plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; presencia de raíces y raicillas comunes; límite inferior lineal.
- B2 89 - 125 cm : color 7,5YR 4/4 en húmedo (pardo), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura franco arcillosa; estructura bloques subangulares grandes duros y frágiles; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas.
- BC 125 - 160 cm : color 7,5YR 4/4 en húmedo (pardo); 7,5YR 5/4 en seco (pardo); textura franco arcillosa, estructura de bloques subangulares gruesos y firmes;

muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco.

#### OBSERVACIONES

Presenta las siguientes fases: susceptible a erosión, severamente erosionada, profunda y delgada.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión laminar; la profundidad en algunos sectores.
- Químicas: los bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y materia orgánica en todo el perfil.
- Fisiográficas: las exposiciones norte y noroeste que son afectadas por fuertes vientos en gran parte del año.

SERIE : COBQUECURA CALICATA MODAL : 298  
 UBICACION : LATITUD 36°01' LONGITUD 72°45' ALTITUD 140 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 15	15 - 50	50 - 89	89 - 125	125 - 160
	A1	Bt	B1	B2	BC

DETERMINACIONES FISICAS

=====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	16.2	10.7	12.3	13.3	22.3
LIMO (%)	52.8	53.1	62.3	57.3	40.7
ARCILLA (%)	31.0	36.2	25.4	29.4	37.0
TEXTURA U.S.D.A.	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO
	ARCILLO	ARCILLO	LIMOSO	ARCILLO	ARCILLOSO
	LIMOSO	LIMOSO		LIMOSO	
ESQUELETO (%)	5.96	4.30	1.20	1.02	1.36
CAPACIDAD DE CAMPO(%)	32.60	30.60	29.60	31.70	36.60
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	16.60	19.00	14.90	19.80	27.30
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.23	1.24	0.91	1.29	1.31
POROSIDAD CAPILAR (%)	32.60	30.60	29.60	31.70	36.60
P. NO CAPILAR (%)	20.98	22.61	36.06	19.62	13.97
AGUA APROV. (m3/ha)	295.20	503.44	521.70	552.64	426.41
POROSIDAD TOTAL (%)	53.58	53.21	65.66	51.32	50.57
LIMITE LIQUIDO (%)	43.82	41.25	30.85	32.50	38.80
LIMITE PLASTICO (%)	33.56	30.72	22.03	24.24	28.54
INDICE DE PLASTICIDAD	10.26	10.53	8.82	8.26	10.26

DETERMINACIONES QUIMICAS

=====

pH	6.06	6.52	5.94	7.10	7.39
NITROGENO (%)	0.35	0.19	0.01	0.00	0.00
FOSFORO (ppm)	6.50	5.40	1.80	1.00	1.00
MATERIA ORGANICA (%)	8.47	5.80	1.40	0.72	0.45
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.36	0.08	0.03	0.03	0.02
CALCIO (meq/100 gr suelo)	8.70	8.85	9.11	8.71	7.76

### 3.2.13 SERIE COLICO

Clasificación : Orden Alfisol  
Sub orden Xeralfs  
Geomorfología : terrazas marinas, planos  
depositacionales o remanentes  
Topografía : lomajes suaves disectados por  
quebradas  
Pendiente : 10 - 12%  
Material de origen : sedimentos marinos meteorizados.  
Vegetación natural : bosque de transición a selva  
Valdiviana costera.  
Drenaje : externo e interno bueno.  
Erosión : laminar intensa.  
Capacidad de uso : VI.  
Ubicación calicata : 37° 21' y 73° 13'  
Altitud : 420 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil modal:

- Al 0 - 21 cm : color 5YR 3/4 en húmedo (pardo rojizo oscuro), 7,5YR 4/4 en seco (pardo oscuro); textura arcillosa; estructura bloques subangulares medios muy firmes; plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas abundantes; presencia de concreciones; límite inferior lineal.
- Bt1 21 - 45 cm : color 5YR 4/4 en húmedo (pardo rojizo), 7,5YR 4/4 en seco (pardo oscuro); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares grandes y firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces, raicillas y micorrizas abundantes; límite inferior gradual.
- Bt2 45 - 94 cm : color 5YR 4/6 en húmedo (rojo amarillento), 5YR 5/6 en seco (rojo amarillento); textura arcillosa; estructura prismática y de bloques subangulares gruesos muy firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, muy duro y compacto en seco; límite inferior gradual.
- B3 94 - 131 cm: color 5YR 4/8 en húmedo (rojo amarillento), 5YR 5/6 en seco (rojo amarillento); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares medios muy firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas; límite inferior lineal.

C 131 - 160 cm : sedimento marino meteorizado con abundancia de mica y de cuarzo lechoso intemperizado; color 5YR 5/6 en húmedo (rojo amarillento); muy plástico y adhesivo en húmedo; denso y compacto en seco.

**OBSERVACIONES:**

Presenta fases de erosión severa y moderada; por profundidad, fases delgada y profunda.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión laminar que afecta a los suelos con mayor pendiente; la profundidad en las fases delgadas.
- Químicas: los bajos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en todo el perfil; el contenido medio de materia orgánica en los dos primeros horizontes y bajo en los siguientes.

SERIE : COLICO CALICATA MODAL : 263  
 UBICACION : LATITUD 37°21' LONGITUD 73°13' ALTITUD 420 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 21	21 - 45	45 - 94	94 - 131	131 - 160
	A1	Bt1	Bt2	B3	C

DETERMINACIONES FISICAS

=====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	18.3	14.2	12.1	16.8	14.7
LIMO (%)	17.7	13.5	14.6	20.7	20.7
ARCILLA (%)	64.0	72.3	73.3	62.5	64.6
TEXTURA U.S.D.A.	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO	ARCILLOSO

ESQUELETO (%)	9.72	2.95	4.70	6.76	3.86
---------------	------	------	------	------	------

CAPACIDAD DE CAMPO(%)	27.80	27.50	28.00	27.40	32.90
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	21.30	20.70	20.00	20.30	25.10
-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.55	1.50	1.40	1.50	1.40
---------------------------	------	------	------	------	------

POROSIDAD CAPILAR (%)	27.80	27.50	28.00	27.40	32.90
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

P. NO CAPILAR (%)	72.20	15.90	19.17	16.00	14.27
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------

AGUA APROV. (m3/ha)	211.58	244.80	548.80	394.05	316.68
---------------------	--------	--------	--------	--------	--------

POROSIDAD TOTAL (%)	100.00	43.40	47.17	43.40	47.17
---------------------	--------	-------	-------	-------	-------

LIMITE LIQUIDO (%)	47.98	46.75	49.65	58.25	65.05
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------

LIMITE PLASTICO (%)	35.47	33.77	34.14	38.40	43.58
---------------------	-------	-------	-------	-------	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	12.51	12.98	15.51	19.85	21.47
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

DETERMINACIONES QUIMICAS

=====

pH	5.17	5.05	5.03	4.79	4.90
NITROGENO (%)	0.15	0.07	0.03	0.02	0.02
FOSFORO (ppm)	10.00	8.70	10.90	7.40	7.00
MATERIA ORGANICA (%)	5.20	1.72	0.76	0.52	0.60
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.10	0.05	0.03	0.05	0.03
CALCIO(meq/100 gr suelo)	0.66	0.68	0.38	0.34	0.26

### 3.2.14 SERIE CAUQUENES

Clasificación : Orden Alfisol  
Suborden Xeralfs.  
Geomorfología : zona de lomajes con topografía compleja.  
Topografía : lomajes ondulados a abruptos.  
Pendiente : uniforme del 12%.  
Material de origen : granito.  
Vegetación natural : estepa de Acacia caven.  
Drenaje : externo e interno bueno.  
Erosión : severa de cárcavas.  
Capacidad de uso : VII.  
Ubicación calicata : 36° 59' y 72° 38'  
Altitud : 215 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

- A1 0 - 11 cm: color 7,5YR 3/2 en húmedo (pardo oscuro), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura franco arenoso; con gran cantidad de grava cuarzosa; estructura de bloques subangulares medios muy duros y firmes; ligeramente plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas; límite inferior difuso.
- B2 11 - 32 cm : color 5YR 3/3 en húmedo (pardo rojizo oscuro), 5YR 4/3 en seco (pardo rojizo); textura franco arcillo arenosa, con alto contenido de grava cuarzosa; estructura de bloques subangulares medios firmes y duros; plástico y adhesivo en húmedo, muy duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas; límite inferior difuso.
- Bt2 32 - 93 cm : color 7,5YR 4/4 en húmedo (pardo), 7,5YR 5/4 en seco (pardo); textura franco arcillo arenosa, con alto contenido de grava cuarzosa; estructura de bloques subangulares medios duros y firmes; muy plástico y adhesivo en húmedo, muy duro y compacto en seco; límite inferior difuso.
- B3 93 - 150 cm : color 7,5YR 4/4 en húmedo (pardo), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura franco arcillo arenosa, con alto contenido de grava cuarzosa; estructura de bloques subangulares medios firmes duros; muy plástico y adhesivo en húmedo, muy duro y compacto en seco.

## OBSERVACIONES

Las principales fases de esta serie son: susceptible a la erosión, muy erosionada y severamente compactada .

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión severa de manto y cárcavas que ha llegado incluso a generar extensas zonas con perfiles decapitados; la compactación de horizontes subsuperficiales con alto contenido de grava cuarzosa, que afectan negativamente el establecimiento y crecimiento inicial de las plantaciones; la aridez extrema, motivada por la erosión y el clima, con hasta 5 meses secos.
- Químicas: bajo porcentaje de nitrógeno en todo el perfil; contenido medio de fósforo en el primer horizonte y bajos en los restantes; bajos porcentajes de materia orgánica en todos los horizontes.
- Fisiográficos: las exposiciones norte y nor-oeste en todas las áreas erosionadas, en las que los suelos presentan extrema aridez en el período estival.

SERIE : CAUQUENES CALICATA MODAL : 293  
 UBICACION : LATITUD 36°59' LONGITUD 72°38' ALTITUD 215 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 11	11 - 32	32 - 93	93 - 150
	A1	B2	Bt2	B3

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	57.3	63.4	51.0	56.9
LIMO (%)	23.8	14.6	19.8	18.5
ARCILLA (%)	18.9	22.0	29.2	24.6
TEXTURA U.S.D.A.	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO
ESQUELETO (%)	3.32	4.20	7.02	13.40
CAPACIDAD DE CAMPO(%)	14.00	13.30	15.10	16.40
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	7.90	10.00	10.80	11.20
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.47	1.47	1.54	1.47
POROSIDAD CAPILAR (%)	14.00	13.30	15.10	16.40
P. NO CAPILAR (%)	30.53	31.23	26.79	28.13
AGUA APROV. (m3/ha)	98.64	101.87	403.94	435.71
POROSIDAD TOTAL (%)	44.53	44.53	41.89	44.53

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	6.77	6.99	7.00	7.26
NITROGENO (%)	0.05	0.02	0.02	0.01
FOSFORO (ppm)	4.60	1.00	1.00	1.00
MATERIA ORGANICA (%)	1.00	0.21	0.17	0.13
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.25	0.10	0.07	0.07
CALCIO (meq/100 gr suelo)	4.16	2.43	4.20	4.74

### 3.2.15 SERIE SAN ESTEBAN

Clasificación : Orden Alfisol  
                  Sub orden Xeralfs.  
Geomorfología : zona montañosa disectada por quebradas.  
Topografía : pendiente compleja.  
Pendiente : 28%.  
Material de origen : rocas graníticas.  
Vegetación natural : bosque de transición.  
Erosión : laminar intensa  
Capacidad de uso : V11  
Ubicación calicata : 37° 22' y 73° 6'  
Altitud : 700 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

##### 1. Horizontes orgánicos

- L (Ol) 1,0 cm : desechos orgánicos sin cambios morfológicos en relación a su aspecto original, en el que predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.
- F (Of) 0,6 cm : material vegetal alterado con bajo contenido de sustancia orgánica fina, reconocible a simple vista, difiere en color del subyacente.
- H (Oh) 1,2 cm : horizonte humico de color oscuro con escasos residuos orgánicos reconocibles, con alto predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

- A1 0 - 18 cm : color 7,5YR 3/2 en húmedo (pardo oscuro), 10YR 4/4 en seco (pardo oscuro amarillento); textura franco arcillosa; estructura granular bien desarrollada firme; plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; gran cantidad de materia orgánica, raíces y raicillas; límite inferior gradual lineal.
- B1 18 - 36 cm : color 10YR 3/4 en húmedo (pardo oscuro amarillento); textura franco arcillosa; estructura de bloques subangulares medios firmes; abundancia de grava cuarzosa; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; abundancia de raíces y raicillas; límite inferior lineal.

- Bt2 36 - 71 cm : color 5YR 3/3 en húmedo (pardo rojizo oscuro), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura arcillosa; estructura de bloques subangulares medios que se rompen en bloques subangulares finos; abundancia de grava cuarzosa; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco; raíces y raicillas escasas; límite inferior difuso.
- B21 71 - 101 cm : color 7,5 YR 4/4 en húmedo (pardo), 7,5YR 5/4 en seco (pardo); textura franco arcillosa; estructura de bloques subangulares medios y firmes; con presencia de grava cuarzosa; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro y compacto en seco; raíces y raicillas escasas; límite inferior difuso.
- B22 101 - 135 : color 10YR 5/6 en húmedo (pardo amarillento), 10YR 6/6 en seco (amarillo parduzco); textura franco arcillosa; estructura de bloques subangulares medios que rompen a bloques subangulares finos; abundancia de grava cuarzosa; muy plástico y adhesivo en húmedo, duro en seco.

#### OBSERVACIONES.

Esta serie presenta las siguientes fases : moderada a altamente susceptible a la erosión y muy erosionadas; profunda, moderadamente profunda y de escasa profundidad.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas: la erosión severa de manto y de cárcavas que afecta extensas superficies, dando origen a perfiles decapitados y de escasa profundidad; la compactación de los horizontes subsuperficiales.
- Químicas: escaso contenido de nitrógeno en todo el perfil; bajo porcentaje de materia orgánica en horizonte superior y muy bajo en los restantes; bajos niveles de calcio.
- Fisiográficas: la altitud, que incluso supera los 1000 m.s.n.m. , en los que impera un clima frío de altura, no apto para el pino radiata; la exposición este de la Cordillera de la Costa que presenta una extrema aridez estival, asociada a problemas de erosión.

SERIE : SAN ESTEBAN CALICATA MODAL : 262  
 UBICACION : LATITUD 37°22' LONGITUD 73°06' ALTITUD 700 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 18	18 - 36	36 - 71	71- 101	101- 135
	A1	B1	Bt2	B21	B22

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	38.7	38.7	32.0	39.8	42.2
LIMO (%)	33.6	27.3	27.0	24.7	22.6
ARCILLA (%)	27.7	34.0	41.0	35.5	35.2
TEXTURA U.S.D.A.	FRANCO	FRANCO	ARCILLOSO	FRANCO	FRANCO
	ARCILLOSO	ARCILLOSO		ARCILLOSO	ARCILLOSO
ESQUELETO (%)	12.12	15.72	8.80	14.12	10.15
CAPACIDAD DE CAMPO(%)	37.10	32.80	27.80	24.80	23.20
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	23.00	23.60	20.20	16.50	16.30
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	1.49	1.58	1.31	1.30	1.37
POROSIDAD CAPILAR (%)	37.10	32.80	27.80	24.80	23.20
P. NO CAPILAR (%)	6.67	7.58	22.77	26.14	25.10
AGUA APROV. (m3/ha)	378.16	261.65	348.46	323.70	321.40
POROSIDAD TOTAL (%)	43.77	40.38	50.57	50.94	48.30
LIMITE LIQUIDO (%)	52.75	51.90	47.35	43.00	42.40
LIMITE PLASTICO (%)	41.13	40.00	36.29	32.07	27.40
INDICE DE PLASTICIDAD	11.62	11.90	11.06	10.93	15.00

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	5.37	5.36	5.32	5.08	5.04
NITROGENO (%)	0.30	0.22	0.10	0.05	0.03
FOSFORO (ppm)	21.90	11.80	5.20	6.10	5.20
MATERIA ORGANICA (%)	8.19	5.88	3.64	1.24	0.76
POTASIO(meq/100 gr suelo)	0.31	0.25	0.19	0.08	0.04
CALCIO(meq/100 gr suelo)	0.39	0.32	0.30	0.34	0.28

### 3.2.16 SERIE SANTA BARBARA

Clasificación : Orden Inceptisol  
Sub orden : Andepts.  
Geomorfología : formación montañosa disectada por  
quebradas profundas.  
Topografía : lomajes abruptos y cerros.  
Pendiente : 35%.  
Material de origen : cenizas volcánicas modernas.  
Vegetación natural : renovales del género Nothofagus.  
Drenaje : bueno.  
Erosión : laminar intensa.  
Capacidad de uso : VII.  
Ubicación calicata : 36° 36' y 71° 36'  
Altitud : 830 m.s.n.m.

#### Descripción del perfil:

##### 1. Horizontes orgánicos

L (Ol) 1,2 cm : desechos orgánicos reconocibles a simple vista, sin cambios morfológicos importantes, predominan: acículas, corteza, ramas, ramillas y conos de pino radiata.

F (Of) 1,0 cm : material orgánico alterado reconocible a simple vista, con bajo contenido de sustancia orgánica fina.

H (Oh) 1,8 cm : horizonte humico de color oscuro con escasos residuos orgánicos reconocibles, con alto predominio de sustancia orgánica fina respecto a la mineral del suelo.

##### 2. Horizontes minerales

Al 0 - 21 cm : color 10YR 3/4 en húmedo (pardo oscuro amarillento), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura franco limosa; estructura granular débil; ligeramente plástico y adhesivo en húmedo; suelto y pulverulento en seco; abundancia de raíces y raicillas; límite inferior lineal.

Bt1 21 - 64 cm : color 7,5YR 3/2 en húmedo (pardo oscuro), 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura franco limosa; estructura de bloques subangulares medios, débiles; ligeramente plástico y adhesivo en húmedo; friable en húmedo, pulverulento en seco; raíces y raicillas abundantes; límite inferior gradual, lineal.

Bt2 64 - 100 cm : color 5YR 3/4 en húmedo (pardo rojizo oscuro); 7,5YR 4/4 en seco (pardo); textura franco limosa; estructura de bloques subangulares medios y finos, débiles; plástico y adhesivo en húmedo; raíces y raicillas comunes.

#### OBSERVACIONES

Esta serie presenta diversas fases por pendiente: suaves hasta un 15%, abruptas entre 15 - 45% y escarpada, cuando supera el 45%; por erosión : ligera a intensa de manto; por profundidad : profunda , mediana y delgada.

Las limitantes para el cultivo del pino radiata son:

- Físicas; la escasa profundidad del perfil en sectores altos de la Cordillera Andina.
- Fisiográficas: la altitud, que se asocia a problemas de clima y suelo; la exposición norte en sectores altos y expuestos a fuertes vientos invernales y de primavera, que afectan la estabilidad de los rodales; ubicación de las plantaciones en las laderas de valles expuestos a la acción del viento puelche, que afecta la sobrevivencia inicial en plantaciones.

SERIE : SANTA BARBARA  
 UBICACION : LATITUD 36°36'

CALICATA MODAL : 302  
 LONGITUD 71°36' ALTITUD 830 m.s.n.m.

H O R I Z O N T E S

PROFUNDIDAD (cm)	0 - 21 A1	21 - 64 Bt1	64 - 100 Bt2
------------------	--------------	----------------	-----------------

DETERMINACIONES FISICAS  
 =====

SISTEMA U.S.D.A

ARENA (%)	28.0	17.0	23.7
LIMO (%)	51.3	58.6	54.2
ARCILLA (%)	20.7	24.4	22.1
TEXTURA U.S.D.A.	FRANCO LIMOSO	FRANCO LIMOSO	FRANCO LIMOSO
ESQUELETO (%)	2.28	4.12	2.48
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	61.50	65.50	72.40
PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%)	33.60	55.20	61.10
DENSIDAD APARENTE (gr/cc)	0.67	0.55	0.55
POROSIDAD CAPILAR (%)	61.50	65.50	72.40
P. NO CAPILAR (%)	13.22	13.75	6.85
AGUA APROV. (m3/ha)	392.55	243.60	223.74
POROSIDAD TOTAL (%)	74.72	79.25	79.25

DETERMINACIONES QUIMICAS  
 =====

pH	6.29	6.22	6.16
NITROGENO (%)	0.35	0.18	0.04
FOSFORO (ppm)	6.70	1.00	1.00
MATERIA ORGANICA (%)	7.67	3.08	1.16
POTASIO (meq/100 gr suelo)	0.32	0.10	0.09
CALCIO (meq/100 gr suelo)	4.05	3.22	1.80

### 3.3 Crecimiento y productividad de las plantaciones de pino radiata

La calidad de sitio es un concepto fundamentalmente ecológico y de gran importancia práctica para determinar la capacidad de producción de una especie en un lugar determinado.

Se puede afirmar que el crecimiento y la producción de una especie van a estar determinados, entre otros factores, por las características genéticas, por la capacidad productiva del medio y los tratamientos culturales. Si bien existe una estrecha relación entre estos y otros factores, hay modificaciones, como las alteraciones extremas de densidad y esquemas de cortas intermedias, que pueden afectar el crecimiento y productividad de la especie en análisis.

Desde muy antiguo, la silvicultura ha empleado un concepto que representa la potencialidad productiva de un lugar. Así, se entiende como "calidad de sitio" la producción potencial de madera de un sitio para una especie o tipo forestal.

El empeño de los investigadores se ha centrado en desarrollar métodos que puedan cuantificar la calidad de sitio. Entre otros, ha empleado métodos florísticos identificando plantas indicadoras de un cierto potencial productivo, métodos dasométricos que miden variables de estado de rodal y, en el último tiempo, variables ambientales, especialmente edáficas y climáticas.

También, los métodos para estimar la calidad de sitio pueden clasificarse entre directos e indirectos. Los directos estiman la producción recurriendo a información histórica o actual, a partir de mediciones efectuadas en el rodal existente. Los métodos indirectos estiman la producción a partir de relaciones entre especies del dosel superior o por la situación de la cobertura herbacea o también por la evaluación de variables edáficas, climáticas, topográficas, etc.

Si bien los métodos directos proporcionan mejores estimaciones que los indirectos, exigen disponer de datos históricos o actuales sobre la especie en cuestión y, como consecuencia, no pueden aplicarse en situaciones donde la especie no exista.

En el caso de este estudio, se ha buscado establecer relaciones entre la altura media del estrato dominante del rodal (método directo) y algunas variables del medio

TABLA N° 5: Valores mínimo, máximo, promedio y su desviación estandar de los índices de sitio de pino radiata, clasificados por serie de suelo.

	AR	CO	DU	PE	TR
# DE MUESTRAS	12	12	3	3	4
MINIMO	19.50	16.60	22.90	3.50	23.10
MAXIMO	30.60	27.60	31.00	11.10	33.10
PROMEDIO	25.75	22.81	27.90	6.67	27.30
DESV. ESTANDAR	3.59	3.21	4.37	3.95	4.36

  

	CL	MI	NA	KT	CQ	ET
# DE MUESTRAS	4	1	24	5	9	28
MINIMO	24.20	26.50	19.80	25.20	18.30	17.80
MAXIMO	27.50	26.50	30.30	30.60	33.10	34.10
PROMEDIO	25.80	26.50	26.19	27.84	27.90	27.80
DESV. ESTANDAR	1.40	0.00	3.17	2.19	4.91	4.95

  

	CPE	CHE	KQ	CLO	BA
# DE MUESTRAS	20	6	1	7	5
MINIMO	17.90	24.30	28.90	23.80	28.80
MAXIMO	34.70	29.80	28.90	33.00	33.70
PROMEDIO	27.48	27.50	28.90	28.63	31.68
DESV. ESTANDAR	3.78	2.21	0.00	3.16	1.82

FIGURA N° 1: AMPLITUD DE LOS INDICES DE SITIO POR SERIE DE SUELO

SERIE 3- 5- 7- 9- 11- 13- 15- 17- 19- 21- 23- 25- 27- 29- 31- 33- 35  
 INDICE DE SITIO (metros)

PEDREGALES (PE)	x-----o-----x
COREO (CO)	x-----o-----x
ARENALES (AR)	x-----o-----x
COLLIPULLI (CL)	x-----o-----x
NAHUEL BUTA (NA)	x-----o-----x
MININCO (MI)	o
STA. TERESA (TR)	x-----o-----x
CURANIPE (CPE)	x-----o-----x
CURANILAHUE (CHE)	x-----o-----x
SAN ESTEBAN (ET)	x-----o-----x
CONSTITUCION (KT)	x-----o-----x
CAUQUENES (CQ)	x-----o-----x
DUNAS (DU)	x-----o-----x
COLICO (CLO)	x-----o-----x
COBQUECURA (KQ)	o
STA. BARBARA (BA)	x-----o-----x

O : valor promedio del indice de sitio ; x : valores mínimo y máximo de indice de sitio

(método indirecto). De esta forma se intenta explicar la calidad del sitio por las características edafo-climáticas del lugar y estar así en condiciones de predecir la producción potencial de un área aún no plantada.

El empleo de la altura media dominante se fundamenta en que, en áreas de buena calidad de sitio, el crecimiento en altura del estrato dominante presenta una tasa alta; en que el crecimiento en altura está debilmente correlacionado con la densidad del rodal y, finalmente, en que la producción potencial de madera y el crecimiento en altura está bien correlacionados.

El uso de la altura del estrato dominante implica relacionar la altura con la edad y fijar una edad base para definir lo que se conoce como "Índice de Sitio". Este representa la altura media del estrato dominante que un rodal alcanza a una edad base. Para este estudio, se emplea una edad base de 20 años, usual en Chile para el pino radiata.

Los resultados de 144 análisis de tallo en árboles dominantes de pino radiata creciendo en la VIII Región, incluidos en TABLA N° 5, indican que, para los Índices de Sitio promedios, los mejores valores los presentan, en el mismo orden, las Series Santa Bárbara (BA), Cobquecura (KQ) y Colico (CLO), resultando la Serie Santa Bárbara con ventaja de 2,8 m sobre la segunda y de 3,1 m sobre la tercera.

En los mismos valores promedios, si se observa la Figura N° 1 llama la atención la homogeneidad que se observa en los Índices de Sitio ubicados entre 26 y 28 metros, pues en tal rango se encuentran 9 series, quedando sólo 3 con valores superiores (Series Colico (CLO), Cobquecura (KQ) y Santa Bárbara (BA) y 4 con valores inferiores (Series Pedregal (PE), Coreo (CO), Arenales (AR) y Collipulli (CL).

La Serie con menor Índice de Sitio, tanto promedio, como máximo y mínimo, es la Serie Pedregal (PE).

Los Índices de Sitio varían entre un máximo de 34,7 m (Serie Curanipe (CPE)) y un mínimo de 3,5 m (Serie Pedregal (PE)). Ello no hace más que reflejar la gran diversidad de suelos y condiciones climáticas existentes en la Región, la que también puede apreciarse cuando se observa la amplia variación, expresada como desviación estandar del Índice de Sitio promedio en las diversas Series, fluctuante hasta un máximo de 4,9 m en las Series San Esteban (ET) y Cauquenes (CQ).

Este hecho, extensible a casi todas las series, y presentado graficamente en la Figura N° 1, que presenta, además de los promedios, los valores máximos y mínimos de los Indices de Sitio determinados, confirma la presencia en cada una de ellas de variadas fases de muy dispar productividad.

A modo de ejemplo de esta situación, valgan los Indices de Sitio máximo (34,7 m) y mínimo (17,9 m) que se determinaron para la Serie Curanipe (CPE), resultados que la ubican como la de mejor Indice individual y como la cuarta de peor Indice. Algo similar ocurre con la Serie San Esteban (ET), pues se ubica como la segunda de mejor Indice individual y como la tercera de peor Indice.

Por el contrario, resulta digno de mencionar que el Indice de Sitio de la Serie Santa Bárbara (BA) resulta más estable, pues se ubica como el tercer mejor máximo y como segundo mejor mínimo.

Al analizar los resultados por Grupo de Suelos, los menores valores promedios los presentan las series Pedregal (PE) con 11,1 m, Coreo (CO) con 22,8 m y Arenales (AR) con 25,7 m, pertenecientes al Grupo de los arenosos. Las Series Santa Teresa (TR) y Dunas (DU) alcanzan valores promedios de 27,3 y 27,9 m, respectivamente. A este respecto, es interesante analizar lo que ocurre con estas dos últimas series; ambas resultan con promedios elevados por el efecto de algunos puntos de muestreo ubicados en fases de dunas con nivel freático a 70 cm o en fases, para el caso de la Serie Santa Teresa, en las que el nivel se ubica a similar profundidad en el período de verano, sin gran oscilación durante el invierno. Si se excluyen los resultados de estos puntos de muestreo, los valores promedios del Indice de Sitio se reducen fuertemente en el caso de la Serie Dunas y moderadamente en el caso de la Serie Santa Teresa. Esto estaría demostrando que estas series tienen un alto potencial de producción, dependiente del régimen hídrico que tienen.

En el Grupo de los suelos rojo arcillosos, integrado por las Series Collipulli (CL) y Mininco (MI), existe una relativa homogeneidad en los Indices de Sitio. Estos oscilan entre 27,5 y 24,2 m, con una amplitud de 3,3 m. Estos resultados, confirmados por la presencia de una baja desviación estandar (1,4 m), determinan la presencia de sitios de regular productividad, y que, al contrario de otros Grupos, no se encontraron fases de muy alta ni muy baja calidad.

En el Grupo de los suelos metamórficos, constituido por las Series Nahuelbuta (NA) y Constitución (KT), ambas tienen un Indice de Sitio máximo similar, 30,3 m para

Nahuelbuta y 30,6 m para Constitución, lo que determina un alto potencial de crecimiento en algunas fases de ambas Series. Sin embargo, en los promedios y mínimos la Serie Constitución alcanza mejores valores (27,8 y 25,2 m, respectivamente) que la Serie Nahuelbuta (26,2 y 19,8m). Estos resultados determinan que la desviación estandar del promedio sea de 2,2 m para Constitución y 3,2 m para Nahuelbuta. De esta manera, se confirma la existencia de variadas fases en ambas Series, siendo especialmente importante la gran diversidad presente en la Serie Nahuelbuta, que también cubre una superficie muchísimo más extensa que la otra Serie.

En el Grupo de los suelos sedimentarios de origen marino, conformado por las Series Curanipe (CPE), Curanilahue (CHE), Cobquecura (KQ) y Colico (CLO), se confirma la presencia de fases de gran productividad, especialmente en las Series Curanipe (CPE) con un máximo de 34,7 m, el más alto Índice determinado en el estudio, y Colico (CLO) con un máximo de 33,0 m. Las Series Curanilahue (CHE) y Cobquecura (KQ) se ubican muy por debajo de las anteriores en sus valores máximos, 29,8 m y 28,9 m, respectivamente. Sin embargo, la Serie Curanilahue es más homogénea, pues entre los Índices máximos y mínimos sólo hay una amplitud de 5,5 m, mientras en la Serie Colico ésta asciende a 9,2 m y en la Serie Curanipe a 16,8 m. Esto se refleja también en la desviación estandar del promedio. Todos estos resultados indican nuevamente la presencia de diversas fases en las Series, siendo ello de menor magnitud en la Serie Curanilahue (CHE), mediano en la Colico (CLO) y máximo en la Curanipe (CPE).

En el Grupo de los suelos graníticos, integrados por las Series San Esteban (ET) y Cauquenes (CQ), llama de inmediato la atención la extrema homogeneidad del comportamiento del Índice de Sitio en ambas Series. Mientras en la Serie San Esteban los valores mínimo, máximo y promedio son de 17,8 - 34,1 y 27,8 m, respectivamente, en la Serie Cauquenes son 18,3 (0,5 m mayor) - 33,1 (1 m menor) y 27,9 (0,1 m mayor). Sin embargo, la gran diferencia entre los valores máximos y mínimos de los Índices de Sitio determinados (16,3 m para San Esteban y 14,8 m para Cauquenes) expresan la extrema variación que existe dentro de las Series, confirmando la presencia de numerosas fases, algunas de ellas severamente erosionadas. La desviación estandar de los promedios (4,9 m para ambas Series) no hacen más que ratificar la apreciación anterior.

Por último, merece especial mención la Serie Santa Bárbara, perteneciente al Grupo de los Trumaos.

Los resultados de la determinación del Índice de Sitio confirman que se trata de una Serie de alta productividad, bastante homogénea. Presenta el mejor Índice mínimo (28,8 m), el tercer más alto máximo (33,7 m) y el mejor promedio (31,7 m). En homogeneidad interna, medida por la desviación estandar, sólo la Serie Collipulli la supera. Aquí debe dejarse constancia que esta afirmación sobre homogeneidad debería variar con una más extensa plantación; ya los autores pudieron detectar en las plantaciones jóvenes situaciones que demuestran que la altitud limita fuertemente el crecimiento y desarrollo del pino radiata.

En lo que respecta al desarrollo inicial de las plantaciones de pino radiata, en los 5 primeros años no hay diferencias claras en cuanto al incremento promedio anual de altura en los distintos grupos de suelos (Tabla N° 6). Sin embargo, puede señalarse que el menor incremento corresponde a rodales ubicados en suelos arenosos (0,50 m/año), y dentro de estos en los de la serie Coreo (CO) con 0,33 m/año. En todos los demás grupos de suelo las plantaciones presentan valores similares, oscilantes entre 0,65 y 0,77 m/año.

TABLA N° 6: Valores del Incremento Medio Anual en Altura de plantaciones jóvenes de pino radiata, clasificados por serie de suelo.

SERIE	CLAVE	INCREMENTO MEDIO ANUAL (m)
ARENALES	AR	0.58
COREO	CO	0.33
DUNAS	DU	0.66
SANTA TERESA	TR	0.46
NAHUELBUTA	NA	0.77
CONSTITUCION	KT	0.71
CURANIPE	CPE	0.66
CURANILAHUE	CHE	0.73
COBQUECURA	KQ	0.35
COLICO	CLO	0.83
CAUQUENES	CQ	0.72
SAN ESTEBAN	ET	0.66

### 3.4 Análisis de los factores edáficos, fisiográficos y nutricionales que influyen en la calidad del sitio

#### 3.4.1 Factores edáficos y fisiográficos influyentes en la calidad del sitio.

En la literatura forestal hay innumerables trabajos que intentan explicar el comportamiento de la calidad del sitio en función de variables del suelo, clima o fisiográficas. Coile (1948, 1952), Carmean (1954, 1956), Della Bianca y Olson (1961), Zahner, R. (1962), Butcher et al. (1976), Steinbrenner (1968, 1979), todos basados en experiencias realizadas en Estados Unidos, demostraron la relación existente entre variables edáficas y la calidad del sitio para alguna especie forestal determinada.

En Chile, los esfuerzos en el mismo sentido han sido más escasos y pueden mencionarse los trabajos de García, J. (1982); Schlatter, J. et al. (1978, 1982), Contreras, C. y Peters, R. (1982), Vera, A. (1987), Francke, S. et al. (1988 a,b), que de una u otra manera intentan explicar el comportamiento del Índice de Sitio para pino radiata o pino oregón a través de variables edáficas, climáticas o fisiográficas.

Una de las mayores dificultades en este intento estriba, para el caso de Chile, en la falta de información climática detallada, por lo que su demostrada influencia no puede ser incorporada en la búsqueda de una explicación. Schlatter (1982) incluyó en un estudio, que abarcó desde las Regiones V a X, la precipitación total anual de la localidad, llegando a concluir que existe una relación curvilínea muy significativa con el Índice de Sitio, con una tendencia creciente y positiva hasta la VIII Región, para estabilizarse hacia el sur. En el caso del presente estudio, que abarca exclusivamente la VIII Región, las características climáticas, especialmente régimen térmico y de precipitación, presentan variaciones locales muy pronunciadas, generando microclimas diversos. La carencia de información climática detallada ha imposibilitado incorporarla en el análisis estadístico de las variables que influyen en la calidad del sitio.

A los autores no les cabe duda que urge disponer de una red agroclimática, que cubra también las áreas de aptitud forestal, que obtenga antecedentes que ayuden a explicar el efecto del clima en el crecimiento y desarrollo del pino radiata.

Se midió el grado de asociación lineal, logarítmica o inversa entre el Índice de Sitio y cada uno de los factores

edáficos o fisiográficos en estudio, así como el grado de asociación lineal entre ellos, esto con el objeto de acumular antecedentes necesarios para luego determinar ecuaciones predictoras de Índice de Sitio.

Los resultados promedios de los análisis físicos y químicos de suelo se presentan en el ANEXO N° 2. Las matrices de correlación entre el Índice de Sitio y los factores edáficos y fisiográficos se incluyen como ANEXO N° 3.

Las propiedades físicas de los suelos son las que determinan las características de su manejo. El flujo y almacenamiento del agua aprovechable, el movimiento del aire y su capacidad de suministro de nutrientes a las plantas son ejemplos de que estas propiedades están determinadas por el tamaño y disposición de las partículas sólidas.

Ciertas propiedades físicas de los suelos forestales son susceptibles de ser alteradas en forma drástica, por algunas prácticas silvícolas, como ocurre con la porosidad y la estructura, cuando se emplea madereo mecanizado no apropiado. En cambio, otras propiedades, entre ellas la textura, no puede ser alterada por métodos razonablemente económicos.

La proporción de arena, limo y arcilla, conocida como textura, es considerada, en consecuencia, una propiedad básica del suelo.

Los suelos de texturas gruesas (arenosos) tienen una baja capacidad de retención de humedad, y debido al gran espacio entre sus partículas el paso del agua y del aire es rápido. Por tanto, ello facilita el drenaje y el buen movimiento del aire, es decir, le confiere buen drenaje y aireación, pero lo hace propenso a la sequía.

En suelos limosos y arcillosos la característica más afectada por el pequeño tamaño y la fina división del limo y, especialmente de las arcillas, es el área superficial. Arcillas coloidales finas poseen alrededor de 10 mil veces más área superficial de partículas que el mismo peso de una arena. Esto es de vital importancia debido a que la adsorción de agua, nutrientes, gases, y la atracción de partículas unas a otras, son todos fenómenos de superficie, por lo que la significancia de una muy alta superficie específica para las arcillas es obvia. En general, a mayor superficie específica de un suelo, mayor es su poder de adsorción.

En resumen, las texturas extremas constituyen generalmente sitios de baja calidad, como ocurre con las arenosas, en las

que predominan infiltraciones excesivas y baja capacidad de retención de humedad y con las arcillosas densas que presentan una muy baja infiltración, baja aireación y elevada compactación natural.

Al efectuar una correlación entre el Índice de Sitio y la textura del suelo, se comprueba que ésta es alta (TABLA N° 7), significativa al 1%. Esta correlación, válida para todos los suelos forestales plantados con pino radiata en la VIII Región, confirma la importancia de esta propiedad física para el cultivo forestal. Es así como el Índice de sitio decrece con aumento del porcentaje de la fracción arena, y aumenta hasta el límite en que la textura se torna arcillosa densa.

En el caso particular de los suelos arenosos, el porcentaje de esqueleto (fracción superior a 2 mm de diámetro) se relaciona significativamente con el Índice de Sitio, de manera inversa, lo que implica que a mayor porcentaje de esqueleto menor Índice.

Estos resultados confirman, para la VIII Región, lo encontrado por Schlater et al (1982) al estudiar la situación entre la V y X Regiones.

Otra propiedad interesante es la porosidad, que se define como el porcentaje total del volumen de un suelo que no está ocupado por las partículas sólidas. Su proporción y distribución, están fuertemente influenciados por la agregación y la textura, mientras que la infiltración y movimiento del agua están determinados por la estructura.

El agua y el aire que existen en los poros varían en forma recíproca; al margen de lo señalado, la cantidad y composición del aire del suelo tienen una importancia directa e indirecta en el crecimiento de las plantas. Por las razones mencionadas, la porosidad capilar y no capilar, que conforman la porosidad total, son determinantes en la retención y movimiento del agua en el suelo.

La porosidad capilar es de gran importancia en la retención del agua aprovechable para las plantas, mientras que la no capilar, constituida por poros de gran diámetro, determina las características del drenaje de un suelo.

Suelos de texturas finas, especialmente aquellos sin una estructura granular permiten un movimiento relativamente bajo de gases y agua, aún cuando presenten un gran volumen de espacio poroso total. En esta situación, los microporos dominantes con frecuencia permanecen llenos de agua. La aireación, especialmente en el subsuelo, es frecuentemente

inadecuada para un desarrollo radicular satisfactorio y una actividad microbiana deseable. Por ésto, es importante que en el volumen de poros sean considerados en forma individual los macro y microporos y no en forma combinada.

Al estudiar la correlación entre el Índice de Sitio y la porosidad, se encontró que la porosidad capilar y la porosidad no capilar son significativas al 1% para todos los suelos forestales de la Región y que la porosidad total lo es para los suelos pertenecientes al grupo de los sedimentarios marinos (Serie Curanipe, Curanilahue, y Cobquecura).

La densidad aparente, está significativamente correlacionada al 1% para los mismos suelos sedimentarios marinos, lo que se explica por su alto contenido de arcilla, superior al 50% en el primer estrato y superior al 60% a partir de los 30 cm.

Como ya fue expresado, modificar la textura de los suelos es práctica y económicamente imposible, por lo que es una variable no manejable. Sin embargo, la porosidad sí que lo es, por lo que representa una característica que debe ser cuidadosamente considerada en las prácticas de manejo, y representa una posibilidad cierta de mejorar los Índices de Sitio. En sentido contrario, toda práctica que afecte la porosidad debe erradicarse, pues incide negativamente en el Índice de Sitio.

El régimen hídrico de los suelos, determinado por la capacidad de retención de humedad aprovechable del suelo y por las características de la cantidad y distribución de las lluvias, son determinantes en la productividad de los cultivos forestales. Se ha demostrado que existe una estrecha relación entre el contenido de humedad del suelo y el desarrollo de los vegetales, situación que se manifiesta notoriamente en las regiones áridas y semiáridas, donde la humedad aprovechable para las plantas es el factor determinante en el establecimiento y crecimiento de las cubiertas vegetales; en cambio, en los climas húmedos, si no hay otros factores desfavorables, el exceso de humedad puede constituir un factor limitante serio para el cultivo.

En suelos saturados o con alto contenido de humedad el crecimiento de las raíces y la absorción de agua se verán dificultados por falta de aireación. A medida que disminuye el contenido de agua, aumenta la aireación y se van mejorando las condiciones para el desarrollo de la planta hasta llegar al contenido de humedad correspondiente a la capacidad de campo (C.C.) que es considerado el valor más cercano a la humedad óptima. Esto es porque el suelo cuenta

con el agua capilar de los microporos y el aire, que ha reemplazado el agua en los macroporos, creando una situación de balance entre ambos que favorece el desarrollo de la vegetación. La disminución del contenido de humedad a partir de este punto hace que el agua sea retenida cada vez con mayor fuerza por las partículas del suelo hasta llegar a un punto, denominado Punto de Marchitez Permanente (P.M.P.), en el cual la planta no es capaz de absorber agua y se marchita.

Se ha definido como agua aprovechable, la cantidad que retiene el suelo entre la C.C. y el P.M.P. Así, mientras mayor sea el rango entre C.C. y P.M.P. más agua disponible habrá para el buen desarrollo de los árboles.

Factores que influyen en la capacidad de campo son la textura, la estructura y el contenido de Materia Orgánica. La C.C. es baja en suelos de texturas gruesas y en suelos con mala agregación. Si se incorpora materia orgánica a un suelo se aumenta su C.C., lo que es particularmente notorio en aquellos de textura gruesa (DONOSO, 1981).

Del análisis de los resultados de este estudio (TABLA N° 7) se observa que las propiedades hídricas (Capacidad de Campo, Punto de Marchitez permanente y Humedad Aprovechable) se relacionan significativamente con el Índice de Sitio en los tres estratos estudiados, lo que concuerda con lo afirmado por Schlater et al (1982).

La única manera práctica de influir sobre la humedad del suelo es actuando sobre su estructura, lo que se logra con la incorporación de materia orgánica. Mientras mejor sea la estructura, mejor será la porosidad y, por ende, la aireación del mismo. Al alcanzarse un equilibrio entre Humedad del suelo y aireación, mejor será el Índice de Sitio.

La afirmación anterior, encuentra su mejor demostración al analizar, en la TABLA N° 7, la correlación entre el Índice de Sitio y el contenido de materia orgánica en los suelos arenosos. En estos suelos, que poseen una estructura de grano simple y una textura arenosa, la materia orgánica influye favorablemente en el mejoramiento de la estructura y en la retención de humedad. La mantención de la productividad de los suelos arenosos depende del porcentaje de materia orgánica. En consecuencia, todas las prácticas de manejo que reduzcan la materia orgánica (quemadas, extracción de desechos) están deteriorando la calidad del sitio.

TABLA N° 7 : Correlación entre Índice de Sitio y variables edáficas para los distintos grupos de suelos de la VIII Región

VARIABLES EDAFICAS	ARENOSOS			ROJO ARCILLOSO			SEDIMENTARIOS			METAMORFICOS			GRANITICOS			TRUMADOS			GENERAL		
	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er
NITROGENO	*	**		*					*							*			**	*	
FOSFORO				*									*						**	**	**
POTASIO													*						**		
CALCIO																			*		**
pH	**			*									*						*	**	*
MATERIA ORGANICA	**	**	*	*			*	*	*											*	
% ARENA																			**	**	**
% LIMO								*				*							**	**	**
% ARCILLA																			**		
% ESQUELETO	**		*				*												*		
C. de C.																			**	**	**
P.M.P.							*	*				*		**	*	*	**	*	**	*	**
POROSIDAD CAPILAR																			**	**	**
POROSIDAD NO CAPILAR								*											**	**	*
POROSIDAD TOTAL							**	*											*		**
DENSIDAD APARENTE							**	*													**
HUMEDAD APROVECHABLE																			**	**	**

\*\* Altamente significativa (0.01)

\* Significativa (0.05)

La materia orgánica presenta también una correlación significativa al 5% (TABLA N° 7) con el Índice de Sitio en suelos arcillosos, como los sedimentarios marinos, que se caracterizan por una porosidad total alta, pero con una gran proporción de microporos, que permanecen llenos de agua, dificultando el drenaje y la aireación. En este caso, la materia orgánica actúa mejorando la estructura, favoreciendo un mejor equilibrio en las proporciones de macro- y microporos, lo que se traduce en un mejoramiento del drenaje y la aireación.

No debe olvidarse que el efecto de la materia orgánica es múltiple ya que además de las propiedades físicas, ya analizadas, afecta las propiedades biológicas y químicas. Dentro de las propiedades biológicas, la materia orgánica es la principal fuente de energía para los organismos del suelo, tanto plantas como animales. Sin ella, la actividad bioquímica sería muy pobre.

Dentro de las propiedades químicas, actúa incrementando la solubilidad de los minerales, ayudando en la formación de compuestos químicos inorgánicos, haciéndolos disponibles para las plantas, modificando la acidez e interviniendo sobre el fenómeno buffer o tampón del suelo.

La importancia del pH, definido como "el valor logarítmico recíproco de la concentración de iones hidrógeno", radica en que cuando las plantas no crecen bien, sin que existan limitantes físicas, la primera pregunta que debe hacerse es cual es el pH del suelo?. ¿Es ácido, neutro o alcalino?. La razón de esta interrogante radica en el hecho que el pH influye notablemente en los desórdenes de las características químicas de un suelo que, a su vez, están íntimamente relacionadas con la nutrición de las plantas (U.S.D.A., 1957). También la microfauna del suelo va a estar influida por las características del pH.

En este estudio, se demostró la existencia de una correlación significativa del pH con el Índice de Sitio de todos los suelos estudiados, en los estratos 0-30 y 60-90 cm y altamente significativa en el estrato 30-60 cm. Esta relación está influenciada fundamentalmente por la correlación altamente significativa del pH con el Índice de Sitio en los suelos arenosos. Esta correlación, que es negativa, indicaría que el pino radiata disminuye su productividad al tornarse más básicos los suelos, pues son los arenosos los que presentan los pH mayores a 6 y más cercanos a 7. Los resultados indican que el pH no parece constituir una limitante para el cultivo del pino radiata, excepto en aquellos suelos donde alcance valores superiores a 6.

Del estudio de correlación entre Índice de Sitio y elementos del suelo fluye que los más importantes en esta relación son Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio. Lo tres primeros son altamente significativos en el estrato 0-30 cm (TABLA N° 7), mientras que el Calcio lo es en el 60-90 cm. Especial mención merece la correlación altamente significativa del Fósforo en los primeros 90 cm del perfil. Estos resultados muestran la importancia de los primeros 30 cm, pues es en la superficie del suelo donde ocurre la mayor actividad física, química y biológica.

La disponibilidad de Nitrógeno en el suelo, medido como nitrógeno total en el estrato 0-30 cm, es una variable que se correlaciona de manera altamente significativa con el Índice de Sitio. El mismo Nitrógeno se correlaciona de manera significativa con el Índice de Sitio en el estrato 30-60 cm. La explicación de este hecho está en la importancia del elemento en la generación de biomasa (ver punto 3.4.2.1).

La consecuencia práctica de esta constatación es que se debe procurar, mediante las prácticas de manejo, que este elemento se mantenga disponible en la más alta proporción posible. Cualquier incremento en su disponibilidad redundará en un aumento de la productividad del sitio.

Por lo anterior, la afirmación cobra mucha importancia en el Grupo de suelos arenosos, especialmente pobres en el elemento (contenidos de 0.03 a 0,1%), si se les compara con los otros Grupos (contenidos entre 0,1 y 0,34%).

El fósforo en el suelo es otro elemento esencial en el metabolismo de las plantas. Esto se ve corroborado por la correlación altamente significativa del elemento con el Índice de Sitio, en los tres estratos estudiados en los suelos regionales (Tabla N° 7). El elemento se torna disponible para las plantas mediante la acción de las micorrizas y un régimen hídrico adecuado. Si bien los resultados parecen concluyentes, los autores estiman que ellos deben considerarse con cautela, porque no se han calibrado aún los métodos de laboratorio que se utilizan usualmente en su determinación. Un ejemplo clásico lo constituyen los valores obtenidos para los suelos arenosos, en donde el método Bray y Kurz N° 2 tiene una solución extractante muy eficiente, por lo que entrega valores muy altos (178 a 317 ppm), si se compara con las otras series de suelos (6,1 a 25,5 ppm). Este mismo hecho explica el que la correlación sea de signo negativo (-0,351).

El potasio es un elemento que ha sido informado como correlacionado con el Índice de Sitio de pino radiata (SCHLATER et al, 1982; GARCIA et al, 1982). Los resultados

de este estudio confirman esa apreciación pues hay una correlación altamente significativa entre el Índice de Sitio y el Contenido de potasio en el estrato 0-30 cm, para los suelos forestales de la Región. La importancia de este elemento se describe en el punto 3.4.2.3 .

El calcio es un elemento lixiviable, que se reincorpora al suelo a través de las hojas y que se encuentra en proporción variable en la profundidad del perfil (LUTZ y CHANDLER, 1951). En este estudio el contenido de calcio del tercer estrato del suelo se correlacionó de manera altamente significativa con el Índice de Sitio. Esta correlación solo fue significativa en el primer estrato.

### 3.4.2 Estado nutricional de las plantaciones y calidad de sitio

Para el análisis del tema, se presenta, en primer lugar, una descripción de los resultados de las 9 determinaciones (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Zinc, Manganeso y Boro) efectuadas a las muestras foliares provenientes de los 318 puntos de muestreo. Luego, se describe la correlación encontrada entre el Índice de Sitio y los niveles foliares.

#### 3.4.2.1 Nitrógeno

Uno de los roles mas importantes del Nitrógeno en las plantas es su participación en la molécula proteica. Además, el nitrógeno se encuentra en moléculas componentes del ARN y ADN, esenciales en las síntesis de las proteínas, en moléculas de importantes compuestos metabólicos, como las clorofilas y en enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración.

La materia orgánica aporta la totalidad del nitrógeno disponible para las plantas en el suelo. El suelo continuamente pierde sus compuestos nitrogenados por acción de lavado provocado por lluvias, por eliminación de la cubierta por el fuego, por la erosión y por otras causas. Se puede decir, entonces que el nitrógeno es un elemento esencial para la vida, crecimiento y desarrollo de los vegetales (Gonzalez, G. et al. 1983).

En este estudio los resultados promedios indican que aplicando la pauta de Will (1978), en todas las series se presentan contenidos marginales (1,2 a 1,5%), o muy cercanos a ellos; quedan apenas por debajo las series Pedregal (PE) con 1,196% y Cobquecura (KQ) con 1,16%.; apenas superan la

barrera del 1,5% las Series Santa Teresa (TR) con 1,52, Nahuelbuta (NA) con 1,53%, Curanipe (CPE) con 1,51%, Colico (CLO) con 1,52% y San Esteban (ET) con 1,56%. Destaca nítidamente por escapar a la situación modal, el alto porcentaje que alcanza el Nitrógeno en la serie Santa Bárbara (2,038), nivel más que satisfactorio según Will. Si se considera que la serie Santa Bárbara es la de mayor potencial productivo se parece confirmar la apreciación de Gonzalez, G. et al. (1983) en orden a que niveles superiores a 2% indicarían sitios de excelente crecimiento.

Pese a lo mencionado anteriormente, en el análisis estadístico de los resultados no se encontró una alta correlación entre el Índice de Sitio y el nivel de Nitrógeno foliar. La explicación podría estar en interacciones de diversos elementos que afectan el crecimiento y desarrollo del pino radiata.

Hay también una extrema variación en los niveles, fluctuantes entre 3,28% en una muestra ubicada en suelo Santa Bárbara y 0,59% en una San Esteban. La misma comparación de los niveles máximo y mínimo por Serie confirma la gran variación existente al interior de cada una de ellas, superando incluso la variación entre Series.

En sentido amplio, los suelos arenosos pertenecientes a las series Coreo (CO) y Pedregal (PE), junto a la serie Cobquecura (KQ) son las que presentan los más bajos niveles de Nitrógeno. En ambas series la explicación estaría en la escasa materia orgánica existente en los suelos.

Como la totalidad del nitrógeno disponible para las plantas se obtiene a partir de compuestos que están en el suelo y éste continuamente los pierde por desnitrificación, por lixiviación provocada por lluvias, la volatilización por el fuego o la extracción de desechos de cortas silvícolas no hace más que incrementar la pérdida de este elemento, vital para las plantas.

#### 3.4.2.2 Fósforo

El fósforo es también un elemento esencial en las plantas, pues proporciona fosfato, que sirve como grupo de enlace o sitio de unión. Se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de las coenzimas NAD y NADP y, lo más importante, es parte integrante del ATP.

En las zonas meristemáticas, lugar de activo crecimiento, se encuentran fuertes concentraciones de fósforo, cuya función es intervenir en la síntesis de nucleoproteínas.

La fotosíntesis, glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos son procesos metabólicos que dependen de la acción de las enzimas NAD y NADP, constituidas con la participación del fósforo.

La mayor parte de los suelos naturales tienen un bajo contenido de fosfato asimilable y las cantidades que se encuentran en los bosques son más bajas; tiende a concentrarse en el horizonte 0, de modo que todas las prácticas de explotación que tienden a eliminar desechos con alguna remoción del suelo no hacen más que agravar el problema.

Según Borie (1981), el ritmo de absorción de los iones fosfatos por la planta es superior al desplazamiento de dichos iones desde el suelo no rizosférico hacia la raíz. Esta zona de agotamiento justifica que el ion fosfato sea el factor limitante del crecimiento de las plantas en gran número de suelos.

Según Will (1978) los niveles de fósforo foliar son bajos cuando su valor es menor de 0,12%, marginal entre 0,12 y 0,14% y satisfactorio sobre 0,14%.

Los contenidos promedios más bajos de fósforo foliar se presentan en los suelos sedimentarios marinos (0,08 a 0,11%) y los más altos en los suelos del grupo de los arenosos (0,12 a 0,15%).

En general, existe cierta homogeneidad en los contenidos foliares promedios del elemento, pues, si se exceptúan los sedimentarios todos los demás grupos y series oscilan entre 0,10 y 0,15%, presentando una desviación estandar del promedio que varía entre 0,2 y 0,5%. Según la pauta Will, la mayor parte de las plantaciones presenta niveles marginales y bajo en el elemento.

Se puede concluir que, como la mayor parte de los suelos tienen un bajo contenido de fosfato asimilable y las cantidades que se encuentran en los bosques son más bajas, tendiendo a concentrarse en el horizonte 0, todas las prácticas de explotación que eliminan desechos con alguna remoción del suelo no hacen mas que agravar el problema.

### 3.4.2.3 Potasio

Aunque una deficiencia de potasio puede afectar procesos tan diversos como la respiración, fotosíntesis, formación de clorofila y contenido en agua de las hojas, el papel específico del elemento en las plantas es desconocido hasta ahora. Las concentraciones más elevadas de potasio se encuentran en las zonas meristemáticas de las plantas. Este y otros hallazgos permiten identificar a este elemento como esencial en la activación de enzimas que intervienen en la síntesis de ciertas uniones peptídicas (González, G. et al. 1983).

El potasio es absorbido en cantidad superior a la necesaria para un desarrollo normal y posee cierta movilidad dentro de la planta, siendo arrastrado con facilidad por la lluvia que cae sobre las hojas. (Daniel, P.W. et al., 1982).

Según Will (1978), el nivel foliar de potasio es bajo cuando es menor a 0,30%, marginal entre 0,30 y 0,50% y satisfactorio cuando supera el 0,50%.

Los resultados del estudio demuestran que los contenidos foliares promedios de potasio se ubican en el rango satisfactorio, pues varían entre 0,58 y 0,92%, con una desviación estandar oscilante entre 0,10 y 0,28%.

En todas las series, excepto en las más productivas, como las Santa Teresa (TR), Cobquecura (KQ) y Santa Bárbara (BA), hay rodales de pino radiata que presentan niveles marginales (0,30 a 0,50%) y las dos series del grupo de los rojo arcillosos, (Collipulli) y Mininco (MI), y la serie Colico (CLO) presentan rodales ubicados en el rango bajo.

### 3.4.2.4 Calcio

Existe acuerdo en que el Calcio es importante en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas. También se ha sugerido que el Calcio interviene en la mitosis normal, determinando que deficiencias generarían anomalías cromosómicas.

Este elemento es relativamente inmóvil en la planta, debido a que está ligado fuertemente a la pared celular o se encuentra en forma de precipitado, como el oxalato de calcio, que se acumula progresivamente en el árbol (Devlin, 1976 y Daniel, 1979).

Para Will (1978), el nivel foliar de calcio es bajo cuando es menor a 0,10% y no indica niveles marginal ni satisfactorio.

De los análisis foliares efectuados, surge que los contenidos promedios por serie varían entre 0,13 % y 0,30%, con una desviación estandar oscilante entre 0,04 y 0,13%.

Si se recurre a los valores mínimos detectados, se concluye que sólo 6 series, Pedregal (PE), Collipulli (CL), Mininco (MI), Constitución (KT) y Cobquecura (KQ), poseen rodales de pino radiata que muestran contenidos sobre el límite bajo; todas las restantes presentan rodales ubicados en el rango bajo.

#### 3.4.2.5 Magnesio

El magnesio desempeña un rol relevante en los procesos de la fotosíntesis y del metabolismo glucídico. Forma parte de la molécula de clorofila, sin la cual la fotosíntesis no podría realizarse y muchos de las enzimas que intervienen en el metabolismo glucídico necesitan magnesio como activador. Lo anterior explica que el síntoma más conocido de deficiencia sea la clorosis, la que se extiende desde la base hacia el extremo de las hojas o acículas.

El magnesio, al igual que el nitrógeno y el fósforo, goza de buena movilidad en la planta (Devlin, 1976)

Según Will (1978), el nivel foliar de magnesio es bajo cuando es menor a 0,07%, marginal entre 0,07 y 0,10% y satisfactorio cuando supera el 0,10%.

De los resultados del estudio surge que no hay rodales que se ubiquen en el nivel bajo, y sólo algunos rodales establecidos en las series Nahuelbuta (NA), Curanilahue (CHE), Colico (CLO) y San Esteban (ET) presentan niveles oscilantes entre 0,05 y 0,07%. Sin embargo, la aparición de síntomas de clorosis, descritos en la literatura como signo de carencia, en algunos rodales de la series Collipulli (CL), Coreo (CO), Dunas (DU) y Arenales (AR), lo que podría significar que el síntoma está mal descrito y/o que la pauta Will no es apropiada para calificar el estatus nutricional de nuestras plantaciones.

#### 3.4.2.6. Cobre

El cobre provee a las plantas de un metal que en su forma reducida reacciona fácilmente y reduce el O<sub>2</sub>.

El cobre tiene una participación relevante en la estructuración del aparato fotosintético de la hoja.

También se conoce la participación del cobre en la regulación del activo metabolismo de los fenoles tánicos, tan abundantes en las hojas de coníferas. (González, G. et al. 1983).

Según Will (1978), el nivel foliar de cobre es bajo cuando es menor a 2 ppm, marginal entre 2 y 4 ppm y satisfactorio cuando supera las 4 ppm.

Si consideramos los resultados de este estudio no existe en la VIII Región problemas de deficiencia en los rodales de pino radiata. Incluso en la Serie Santa Bárbara (BA), para la cual Fuentes (1983) describió carencias, presenta niveles satisfactorios.

#### 3.4.2.7 Cinc

El Cinc interviene en la biosíntesis de la auxina llamada ácido indolil-3-acético (IAA), por lo que una deficiencia tendría efecto sobre el crecimiento de la planta.

También se ha señalado que el cinc desempeña un rol importante en la síntesis de las proteínas.

Puede esperarse entonces que una deficiencia en el elemento produzca una disminución del crecimiento, afecte la forma y tamaño de las hojas e incluso la producción de semillas (Devlin, 1976).

Según Will (1978), el nivel foliar de cinc es bajo cuando es menor a 10 ppm, marginal entre 10 y 20 ppm y satisfactorio cuando supera las 20 ppm.

De acuerdo con los resultados de este estudio no existen deficiencias de cinc en los rodales analizados.

#### 3.4.2.8 Manganeso

El manganeso es un factor esencial para la respiración y el metabolismo del nitrógeno, pues en ambos procesos actúa como activador enzimático. Distintos estudios indican que es el ion metálico predominante en las reacciones del ciclo de Krebs, desempeñando un papel importante en la reducción de los nitratos (Devlin, 1976).

Según Will (1978), el nivel foliar de manganeso es bajo cuando es menor a 10 ppm y estima que el nivel marginal oscilaría entre 10 y 20 ppm. Para el nivel satisfactorio presenta, con dudas, la cifra de 20 ppm.

Respecto de los contenidos foliares de este elemento, surgen variadas interrogantes. Los resultados indican que los valores promedios oscilan entre 95,72 ppm y 468,39 ppm para los rodales examinados y ubicados sobre 16 series de suelo distintas. Ello los ubica muy por encima de las 20 ppm, señalado por Will como límite satisfactorio.

Pero genera interrogantes aún mayores la búsqueda de una explicación a los valores máximos detectados, que se ubican en el rango 152,8 y 1524 ppm. En este caso, son los suelos pertenecientes al grupo de los arenosos los que presentan los menores valores máximos (152,8 ppm a 276 ppm), seguidos por los trumaos (338 ppm), mientras que los suelos arcillosos, grupos rojo arcillosos, metamórficos, sedimentarios marinos y graníticos, muestran los más altos máximos (578 ppm a 1524 ppm). El alto contenido de manganeso en los suelos arcillosos puede explicarse por la génesis de éstos y por el régimen hídrico que presentan.

En la literatura no hay antecedentes sobre el efecto de niveles altos de manganeso en plantaciones forestales, pero resulta interesante señalar que en la VIII Región la "marea negra" de la lenteja y el "bronceado" del frejol tienen una estrecha relación con los altos niveles foliares del elemento. La interrogante es: ¿a partir de que nivel el manganeso es tóxico para el pino radiata y como influye en su productividad?.

#### 3.4.2.9 Boro

La función más importante que se le atribuye al boro y que se correlaciona con la falta de crecimiento y muerte de zonas meristemáticas, es la de intervenir en el metabolismo del RNA, según Lackson y Chapman, cit. por Nicholas et al. (1975).

Se ha postulado también que en plantas deficientes en boro la disminución de giberelina GA<sub>3</sub>, una fitohormona responsable del crecimiento meristemático sería una consecuencia de la alteración en la síntesis del RNA causada por la deficiencia (Creswell y Nelson, 1973).

El boro es absorbido y se traslada rápidamente a las zonas meristemáticas donde se acumula (Gonzalez, G. et al. 1983).

Según Will (1978), el nivel foliar de boro es bajo cuando es menor a 8 ppm, el nivel marginal oscila entre 8 y 12 ppm y el nivel satisfactorio se presenta sobre 20 ppm. Sin embargo, Gonzalez, G. et al (1983), determinaron que en árboles creciendo sobre 2 metros/año en altura en la zona central de Chile, incluso con 9 ppm no había problemas de crecimiento ni aparición de síntomas visuales.

Si se observa los resultados promedios por serie de los rodales analizados, se comprueba que el boro presenta niveles deficitarios en rodales ubicados en series Pedregal (PE), Collipulli (CL) y Mininco (MI), pero que, en todas las series, hay algunos rodales con niveles bajos. En consecuencia, la deficiencia de boro es un problema generalizado en las plantaciones y transforman a la fertilización boratada en una práctica necesaria y usual.

Afortunadamente, los síntomas de "flecha múltiple" y "muerte de ápices, brotes y yemas", descritos por González (1983), muestran una buena correlación con niveles deficitarios y permiten un oportuno diagnóstico.

#### 3.4.2.10 Correlación entre el Índice de Sitio y niveles foliares.

Para estimar el grado de asociación lineal entre el Índice de Sitio y cada uno de los niveles foliares, así como el grado de asociación entre ellos se recurrió a una matriz de correlación (Pearson).

Los resultados, que se presentan en la TABLA N° 8, indican que el Índice de Sitio se correlaciona de manera altamente significativa con los niveles de Potasio y Magnesio y significativa con el nivel de manganeso. A su vez, el Potasio es una variable que no presenta correlación con Magnesio ni Manganeso, por lo que es un buen predictor. Por el contrario las variables Magnesio y Manganeso presentan una correlación altamente significativa entre sí, por lo que no debieran utilizarse conjuntamente.

Este es un análisis netamente descriptivo, que no incorpora las interacciones entre nutrientes, materia que sí se considera en el punto 3.4.3.2 al determinar la mejor ecuación predictiva en base a niveles foliares.

TABLA N° 8 : Matriz de correlación de Índice de Sitio (IS) y niveles foliares de nutrientes

	IS	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn
NITROGENO (N)	0.139								
FOSFORO (P)	-0.039	-0.027							
POTASIO (K)	0.215 **	-0.031	0.244 **						
CALCIO (Ca)	-0.002	-0.165 *	-0.022	-0.303 **					
MAGNESIO (Mg)	-0.327 **	-0.188 *	0.481 **	-0.152	0.463 **				
COBRE (Cu)	0.014	0.131	0.209 *	0.051	-0.172 **	-0.061			
ZINC (Zn)	0.112	0.012	0.136	0.218 **	-0.013	0.11	-0.073		
MANGANESO (Mn)	0.165 *	0.056	-0.329 **	-0.146	0.243 **	-0.26 **	-0.175 **	-0.084	
BORO (B)	0.081	0.135	-0.124	0.181 *	-0.039	-0.126	0.15	-0.032	0.085

\*\* Altamente significativa (0,01%)

\* Significativa (0,05%)

### 3.4.3 Predicción del Índice de Sitio a partir de factores edáficos, fisiográficos y niveles foliares

Como el análisis de correlación efectuado en el punto anterior permite determinar los factores edáficos que mejor se relacionan con el Índice de Sitio, fue conveniente analizar la relación existente de los factores entre sí, de modo de elegir los que, a la par de presentar una alta asociación con el Índice de Sitio, presentan independencia entre ellos.

De esta manera se pretendía seleccionar el menor número de factores que mejor predigan el Índice de Sitio, a través de el método de selección de variables (Step wise). Ello con el objeto de tornar la predicción más práctica, fácil y económica.

El análisis se efectuó relacionando el Índice de Sitio con todas las variables edáficas y fisiográficas para obtener una ecuación de tipo general. Luego se efectuó similar acción con los resultados de los análisis foliares. Por último, se analizaron en conjunto las variables seleccionadas en ambos casos para generar una ecuación de tipo global.

#### 3.4.3.1 Predicción del Índice de Sitio empleando factores edáficos y fisiográficos

Para todos los grupos de suelos, y en base a 112 unidades muestrales, se logra una explicación del Índice de Sitio de 25,5% ( $R^2 = 0,255$ ), con un error estandar de estimación de 3,58 m, mediante una ecuación de regresión (ver Tabla N° 9) que incluye las variables contenido de nitrógeno, introducido en forma logarítmica, fósforo, porcentaje de materia orgánica y arena del primer estrato (0-30 cm) y el agua aprovechable del estrato 30-60 cm. Esto significa que un 25,5% de la variación del Índice de Sitio queda explicada por la variables nombradas y que en la estimación se puede errar hasta por 3,58 m, sobre o subestimando.

El porcentaje de explicación en la variable Índice de Sitio aumenta, si la ecuación se calcula por grupo de suelos, elevándose a 42,2% para los metamórficos, a 47,2% para los sedimentarios, a 47,3% para los arenosos, a 49,7% para los graníticos, a 71,5 % para los rojo arcillosos y 87,2% para los trumaos. Las bondades de las regresiones para los dos últimos grupos deben apreciarse con cautela, debido al bajo número de unidades muestrales, lo que también determina que la última sea sólo significativa al 5%, mientras la de los rojo arcillosos no alcanza, por poco, a

TABLA N° 9 : Ecuaciones de Regresión Índice de Sitio / Variables Edáficas y Fisiográficas para los grupos de suelo forestal de la VIII Región.

GRUPO	E C U A C I O N D E R E G R E S I O N	n	R <sup>2</sup>	E.E.E (m)	
General	IS = 24,725 + 1,103 (Ln N1) + 12,552 (1/P1) - 0,299 MO1 + 0,029 ARE1 + 0,015 AGUA APROV.2	112	0,255	3,58	**
Arenosos	IS = 30,115 + 0,95 (Ln N1) - 0,207 ESQ1	30	0,473	2,90	**
Rojo Arcillosos	IS = 18,087 + 3,030 ALTITUD + 0,704 MO1	5	0,715	0,77	
Metamórficos	IS = 29,104 + 0,156 P1 - 0,011 ALTITUD	29	0,422	2,41	**
Sedimentarios	IS = 27523,775 - 10371,133 D.ap.1 - 275,1 POROSIDAD TOTAL1 + 217,088 (1/ALTITUD) + 0,162 LIM03	33	0,472	2,55	**
Graníticos	IS = 76,701 - 0,011 ALTITUD -7,876 pH1 + 0,015 AGUA APROV.1 + 7,902 (Ln K2)	35	0,497	3,58	**
Trumaos	IS = 40,518 - 0,253 Pto. Marchitez F <sub>perm.1</sub>	5	0,872	0,76	*

\*\* significativo con nivel de confianza de 1%.

\* significativo con nivel de confianza de 5%.

- IS : Índice de Sitio (m)  
 Ln N1 : Logaritmo natural del porcentaje de Nitrógeno correspondiente al primer estrato (0-30 cm)  
 1/P1 : Inverso de Fosforo (ppm) del primer estrato (0-30 cm)  
 MO1 : Porcentaje de Materia orgánica del primer estrato (0-30 cm)  
 ARE1 : Porcentaje de Arena presente en el primer estrato (0-30 cm)  
 ESQ1 : Porcentaje de Esqueleto del primer estrato (0-30 cm)  
 LIM03 : Porcentaje de Limo presente en el tercer estrato (60-90 cm)  
 pH1 : Valor que alcanza el pH en el primer estrato (0-30 cm)  
 Ln K2 : Logaritmo natural de Potasio (meq/100 gr suelo) determinado en el segundo estrato (30-60 cm)  
 ALTITUD: Altura a la cual se ubica la calicata en relación al nivel del mar (m.s.n.m.)  
 Agua aprov.2 : Volumen de agua aprovechable correspondiente al segundo estrato (30-60 cm)  
 POROSIDAD TOTAL1 : Porosidad total (%) del primer estrato (0-30 cm)  
 Pto. Marchitez F<sub>perm.1</sub> : Pto. Marchitez permanente (%) correspondiente al primer estrato (0-30 cm)

ese nivel de significancia. En este caso, se justifica para ambos grupos una intensificación del muestreo, lo que resulta difícil por no existir ya rodales adultos.

En el grupo de los suelos arenosos, el Índice de Sitio se explica en un 47,3%, con un error estandar de 2,9 m, mediante los niveles de nitrógeno, incorporado en forma logarítmica, y el porcentaje de esqueleto del primer estrato (0-30 cm). Esto significa que es posible predecir un 47,3% de la variación del Índice de Sitio recurriendo a la medición del contenido de nitrógeno y el porcentaje de esqueleto (fracción superior a 2 mm) en el estrato 0-30 cm. El error de la estimación podrá alcanzar hasta 2,9 m en el Índice de Sitio.

En la página siguiente se presenta un ejemplo de la utilización de esta ecuación predictora, empleando valores de terreno. El ejemplo a), usando los porcentajes de nitrógeno y esqueleto del primer estrato, predice un Índice de Sitio de 27,9 metros, subestimando en sólo 0,9 metros el Índice de Sitio calculado a partir del análisis fustal, que era de 28,8 metros. En el ejemplo b) la predicción sobreestima en 0,5 metros al valor real y en el ejemplo c) lo subestima en 0,4 metros. En el ejemplo a) el error porcentual equivale a 3,1%, en el b) a 1,9% y en el c) a 1,6%.

Si se analizan en conjunto los grupos de suelos rojos arcillosos, metamórficos, sedimentarios marinos y graníticos, la altitud juega un rol preponderante en el Índice de Sitio.

En el caso de los rojo arcillosos, basta con agregar la variable materia orgánica del estrato 0-30 cm para alcanzar una explicación del 71,5%, con un error estandar de estimación de 0,77 m.

Si se incluye adicionalmente el nivel de fósforo del primer estrato, la ecuación calculada para los suelos metamórficos alcanza una explicación del 42,2%, con un error estandar de estimación de 2,41 m para el Índice de Sitio.

En el caso de los graníticos, al adicionar el pH y agua aprovechable del primer estrato y el nivel de potasio del estrato 30-60 cm, la explicación llega al 49,7%, con un error estandar de estimación de 3,58 m.

En el grupo de suelos sedimentarios marinos, la variable Índice de Sitio resulta explicada en un 47,2%, con un error estandar de estimación de 2,55 m, si a la altitud,

Ejemplo de predicción de Índice de Sitio en suelos arenosos usando la ecuación que emplea variables edáficas.

La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$IS = 30,115 + 0,95 (\ln N1) - 0,207 ESQ1$$

donde IS = Índice de Sitio (m)  
 Ln N1 = logaritmo natural de Nitrógeno del primer estrato  
 ESQ1 = esqueleto del primer estrato (0-30 cm).

Los valores obtenidos del muestreo en terreno son:

EJEMPLOS

VARIABLES	(a)	(b)	(c)
N1 (%)	0,24	0,10	0,07
ESQ1 (%)	4,17	2,32	17,75
Índice de Sitio (real)	28,8	26,9	24,3
Índice de Sitio (estimado)	27,9	27,4	23,9
Error (%)	3,1	1,9	1,6

expresada como  $1/\text{altitud}$ , se agregan las variables densidad aparente y porosidad total del primer estrato y el porcentaje de limo del estrato 60-90 cm.

Por último, en el grupo de los trumaos, representado por la serie Santa Bárbara, el Índice de Sitio se explica en un 87,2%, con un error estandar de estimación de 0,76 m, por el punto de marchitez permanente del primer estrato (0-30 cm).

De los antecedentes presentados, surge la conclusión de que la ecuación de regresión general no es apropiada para explicar el Índice de Sitio y debe preferirse la ecuación construida para cada grupo de suelos.

En el grupo de los suelos arenosos, las variables más predictivas son el nitrógeno, que es el elemento más escaso en estos suelos debido a que su formación es reciente, con texturas arenosas y con un porcentaje de esqueleto diverso, que es justamente la otra variable influyente en la predicción del Índice de Sitio. Esto confirma las apreciaciones vertidas en el punto 3.4.1 .

En el grupo de los suelos rojo arcillosos, las variables más predictivas son la altitud, que tiene una influencia decisiva en las condiciones climáticas, y la materia orgánica del estrato 0-30 que desempeña un papel fundamental en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

En el grupo de los suelos metamórficos, las variables que mejor predicen el Índice de Sitio son la altitud, por la razón ya señalada, y el nivel de fósforo del estrato 0-30 cm. Este elemento es determinante en los procesos de crecimiento radicular y aéreo de las plantas, y justamente en las series Nahuelbuta (NA) y Constitución (KT) presenta bajos niveles en todo el perfil.

En el grupo de los suelos sedimentarios marinos, el Índice de Sitio es predicho por la densidad aparente y porosidad total del primer estrato, el limo del tercer estrato (60-90 cm) y la altitud. Las tres variables físicas inciden directamente en el régimen hídrico y de aireación de los suelos, lo que resulta especialmente importante en los que se han derivado de sedimentos marinos, que presentan un alto porcentaje de arcilla y que han experimentado un proceso de compactación natural derivado de sus factores de formación.

En el grupo de los suelos graníticos, predice el Índice de Sitio la altitud, que influye en forma negativa porque a

medida en que ésta se incrementa los suelos se tornan más delgados y el clima es más adverso. También, explican el Índice el pH del primer estrato, que se encuentra en un rango moderadamente ácido, rigiendo el grado de asimilación de nutrientes; el agua aprovechable del primer estrato, que actúa en la descomposición de la materia orgánica del suelo, influye en el movimiento de elementos solubles en el perfil, permitiendo su acumulación, asimilación por las raíces o pérdidas por percolación. La última variable seleccionada es el nivel de potasio en el segundo estrato (30-60 cm), en donde debe concentrarse la mayor masa radicular de absorción del pino radiata.

En los suelos derivados de cenizas volcánicas o trumaos, la variable predictiva seleccionada es el punto de marchitez permanente del estrato 0-30 cm. Obviamente ésta está relacionada con el régimen hídrico del suelo, constituyendo dentro de los grupos analizados el valor más alto de todos ellos.

#### 3.4.3.2 Predicción del Índice de Sitio empleando niveles foliares.

El análisis estadístico de los resultados de los nueve elementos estudiados en muestras foliares, sin considerar la época de muestreo recomendada por los investigadores Schlatter 1989, González y otros 1988, indica que no se logra a nivel general, con 144 unidades muestrales, una buena explicación del comportamiento del Índice de Sitio a partir de los porcentajes o ppm medidos en los distintos elementos. Con algunas variables seleccionadas se logra una explicación del 21,6% ( $R^2 = 0,216$ ) con un error estandar de estimación para el Índice de sitio de 4,455 m, mediante la regresión general que se presenta en la TABLA N° 10.

Al efectuar el mismo análisis por Grupo de Suelos, en el caso de los arenosos, la explicación con cuatro variables se eleva a 53,1% ( $R^2 = 0,531$ ), con un error estandar de 4,7 metros para el Índice de Sitio.

Sin embargo, al realizar el análisis reduciendo la época de muestreo desde el 15 de Febrero al 15 de Abril, período en el cual las plantas están sometidas al máximo stress en casi todos los sitios (SCHLATER, 1989), se logra una explicación del 38,4% con un error estandar de estimación de 4,5 metros. Estos resultados, obtenidos a partir de 79 muestras, determinan que la predicción usando niveles foliares es muy sensible a la época de muestreo, lo que restringe fuertemente el empleo de este método.

TABLA N° 10: Ecuaciones de Regresión Índice de Sitio / Contenidos foliares de Plantaciones de Pinus radiata D. Don creciendo en los grupos de suelos forestal de la VIII Región.

GRUPO	E C U A C I O N D E R E G R E S I O N	n	R <sup>2</sup>	E.E.E (n)	
General	IS = 25,303 + 24,668 P + 3,333 K + 13,388 Ca - 52,997 Mg + 0,037 Zn	144	0,21	4,46	**
General (15/02 a 15/04)	IS = 17,283 - 65,949 Mg + 35,789 Ca + 8,641 K + 0,529 Cu + 0,044 Zn	79	0,38	4,59	**
Arenosos	IS = 19,331 + 6,345 N + 11,328 K - 0,112 Zn - 0,075 Mn	34	0,53	4,78	**
Rojo Arcillosos	IS = 21,196 + 41,618 P	5	0,75	0,72	
Metamórficos	IS = 25,644 + 12,524 Ca - 0,086 B	29	0,18	2,87	*
Sedimentarios	IS = 20,001 + 19,654 Ca + 2,924 K + 0,059 Zn	34	0,22	3,09	**
Graníticos	IS = 35,410 - 48,202 Mg + 3,777 K - 0,537 Cu	37	0,30	4,24	**
Trumaos	IS = 34,202 - 0,121 B - 0,707 N + 4,545 Ca	5	1,00	0,07	**

\*\* significativo con nivel de confianza de 1%.  
\* significativo con nivel de confianza de 5%.

Esto indica que al utilizar el análisis foliar como método de predicción, es indispensable considerar la época de muestreo apropiada, debido principalmente a los distintos periodos de estabilización de los nutrientes en las plantas (GONZALEZ, C, 1988). Otra restricción adicional la constituye el hecho de que es indispensable que exista pino radiata creciendo en el área, para generar la información analítica necesaria para la predicción.

Si bien la ecuación generada a partir de las 79 muestras (TABLA N° 10) presenta un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) mayor que la ecuación general con 144 muestras y que la ecuación basada en factores edáficos (TABLA N° 9), presenta un error estandar de estimación (EEE) mayor que ellas, por lo que en definitiva predice con menor exactitud.

Para un mismo punto de muestreo, la ecuación general en base a factores edáficos y fisiográficos presentó una diferencia de 4,6 m respecto del Índice de Sitio determinado por análisis de tallo. La ecuación en base a niveles foliares presentó una diferencia de 4,9 metros.

#### 3.4.3.3 Predicción del Índice de Sitio empleando factores edáficos, fisiográficos y niveles foliares.

Por último, al analizar en conjunto las variables seleccionadas en los puntos anteriores para generar una ecuación de tipo global, se comprobó que al agregar a las variables edáficas las 9 variables foliares consideradas en el estudio, sólo el contenido de Magnesio efectúa un aporte en la predicción del Índice de Sitio. Sin embargo, su aporte adicional mejora el coeficiente de determinación en 0,02 (2% de predicción adicional) y disminuye el error estandar de estimación (EEE) en 0,1 metros.

Este aporte del contenido foliar de Magnesio es insuficiente para recomendar su inclusión, pues supone una restricción en el período de muestreo, la existencia de plantaciones anteriores y un costo de recolección, transporte de muestras y análisis que, en conjunto, no justifican su incorporación.

En conclusión, los autores recomiendan usar las ecuaciones de predicción que emplean solamente variables edáficas y fisiográficas.

### 3.5 Situación actual de los suelos de las comunas de Quillón y Yumbel

Las comunas de Quillón y Yumbel se encuentran en la parte central de la VIII Región, entre los 36° 44' y 37° 15' de latitud Sur y 72° 27' y 72° 46' de longitud Oeste. Sus características más importantes se describen a continuación :

En la Comuna de Quillón, que cubre una superficie aproximada de 54.500 hectáreas, se distinguen dos formaciones geomorfológicas bien definidas, las que originan paisajes muy diferentes. La primera la conforman lomajes y cerros con pendientes variables generadas por la evolución de rocas graníticas; está disectada por numerosas quebradas que originan un drenaje del tipo dendrítico, siendo sus elevaciones más importantes los cerros Cayumanque y Queime, con 764 y 685 metros sobre el nivel del mar, respectivamente. Las series de suelos que aquí se presentan son las Cauquenes (CQ) y San Esteban (ET).

La segunda formación geomorfológica de interés, la constituye una llanura aluvial con algunos campos de dunas continentales (serie Dunas (DU)), disectada por el río Itata que corre de Norte a Sur, con presencia de meandros abandonados como las lagunas Los Litres y Avendaño, evidencias del rejuvenecimiento que ha experimentado en períodos geológicos pasados este curso de agua.

La Comuna de Yumbel, que cubre una superficie aproximada de 78.500 hectáreas, presenta una formación granítica en el sector oriental constituida por lomajes y cerros con pendientes variables, disectado por quebradas que fluyen hacia los cursos de agua más importantes. Las alturas de los accidentes geográficos son menores a las que se observan en la comuna de Quillón, pues no superan los 300 metros sobre el nivel del mar.

En el sector sur-oriente de la comuna existe una formación aluvial arenosa de menor altitud, disectada por el río Claro, afluente del Laja, en la que se observan formaciones de dunas continentales, arenales secos y con niveles freáticos altos (serie Santa Teresa).

El clima de ambas comunas es Mediterráneo (templado cálido), que en el caso de la Depresión Central se califica como "clima de abrigo" con una fuerte amplitud térmica y más de 5 meses secos. La pluviometría promedio se estima en unos 1.200 mm anuales y en los sectores cordilleranos más altos puede llegar a los 1.500 mm. Para la comuna de Quillón, se estima que la aridez es más

acentuada, pues su altura es menor y tiene una llanura arenosa más extensa. Lo señalado se comprueba al visitar las localidades de Yumbel y Rere en verano, extremadamente calurosas.

En la comuna de Quillón, las formaciones vegetacionales nativas estaban constituidas por una estepa arbustiva en la que predominaban los espinales en los suelos de la Depresión Central, de menor altitud respecto al mar. En cambio, en los sectores más altos, se encontraba un matorral arbustivo y arbóreo en transición con bosque Maulino. Esta vegetación ha sido totalmente alterada y sustituida en alta proporción por plantaciones de pino radiata. Las causas que motivaron este cambio, tienen su origen en la habilitación de suelos para agricultura y ganadería, aun cuando, gran parte de ellos sólo tenían aptitudes ganaderas y forestales.

La vegetación nativa de la Comuna de Yumbel la componen la estepa de Acacia caven y matorral esclerófilo, ambos muy alterados por la acción antrópica.

La erosión de sus suelos constituye el problema más importante de estas comunas, ya que todos presentan una degradación muy acentuada. Los sectores de lomajes y cerros de origen granítico, que conforman la mayor parte de su superficie, presentan un avanzado proceso erosivo laminar y de cárcavas que han originado extensas zonas con suelos decapitados (los horizontes superiores originales han sido eliminados).

Las áreas de suelos arenosos, presentan formaciones de dunas continentales en la parte sureste de la comuna de Quillón. En la comuna de Yumbel, existen dunas, arenales y suelo Santa Teresa.

La superficie que cubren los suelos graníticos y arenosos en ambas comunas se presenta en la TABLA N° 11.

TABLA N° 11 : Superficie de las principales series de suelos de la Comunas de Quillón y Yumbel

Serie de suelos	Superficie (ha)	
	Quillón	Yumbel
Cauquenes	30.650	25.400
San Esteban	3.504	25.000
Dunas, Arenaless (Human)	20.346	25.200
Santa Teresa	-	2.900
T o t a l	54.500	78.500

Las características físicas y químicas más relevantes de los suelos de las comunas no difieren fundamentalmente de las descritas para las series en los puntos 3.1 y 3.2 de este informe. Esto se comprueba al observar los valores promedios de pH, Nitrógeno (N), Fósforo (P), porcentajes de arena (AR), limo (LIM) y arcilla (ARC) y densidad aparente (DAP) para el estrato 0-30 cm, obtenidos de calicatas en suelos Cauquenes, San Esteban, Dunas y Arenales ubicadas en las comunas estudiadas, que se presentan a continuación:

SERIE	CLAVE	pH	M.ORG. (%)	NITROGENO (%)	FOSFORO (ppm)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	DENS.AFAR. (gf/cc)
CAUQUENES	CO	6,2	1,2	0,06	7,9	36,6	23,5	39,9	1,4
SAN ESTEBAN	ET	6,4	5,0	0,21	61,8	18,7	59,8	21,5	1,2
DUNAS	DU	6,7	0,8	0,03	192,1	89,8	8,8	1,4	1,5
ARENALES	AR	6,6	1,8	0,01	174,2	51,2	41,5	7,3	1,5

El principal problema que presentan los suelos graníticos es el intenso proceso erosivo que los afecta. Este fenómeno, unido a las restricciones de clima, que se caracteriza por una alta caída pluviométrica en invierno y un largo período de meses secos, son determinantes en el crecimiento de las plantaciones y, por ende, en la calidad de los sitios. En las áreas más erosionadas, las plantaciones de pino radiata presentan Índice de Sitios variables entre 18 y 22 metros, lo que las ubica en el rango de baja productividad.

Esto se explica por la pérdida de los horizontes superiores (perfiles decapitados), y porque el superficial presenta una compactación muy severa que restringe notablemente el crecimiento radicular y la infiltración del agua. La característica de los suelos y el régimen hídrico determinan una deficiencia generalizada de boro en toda el área.

Para lograr índices de sobrevivencia superiores al 75% y un crecimiento aceptable, es necesario considerar a las plantaciones de pino radiata como un cultivo, ya que es indispensable subsolar para incrementar la infiltración y porosidad, controlar las malezas con herbicidas y

fertilizar. A pesar de lo anterior, los rendimientos de las plantaciones de pino radiata serán de regulares a malos, se sugiere estudiar a la brevedad su sustitución por otra especie, como podrían ser algunas variedades de eucalyptus o acacias, pensando más en la protección del suelo y en la producción de leña, estacas o postes, que en la de celulosa o madera aserrada, como ocurre en la actualidad.

Si bien la situación y potencialidad de las series Cauquenes y San Estabén son similares, en el caso de esta última debe considerarse además su topografía que es más difícil, debido a que es de cerros. Estas áreas han experimentado alteraciones de tal magnitud, que sólo quedan algunos relictos, como ocurre con parte del cerro Cayumanque, en el que se pudo constatar que el perfil había perdido hasta un metro de profundidad. Por lo tanto, los forestadores de los sectores de cerros están plantando el subsuelo y, en algunos casos, el horizonte C.

En los suelos de las series dunas (DU) y arenales (AR), los principales factores limitantes son la acentuada aridez estival motivada por las condiciones climáticas descritas anteriormente, la baja capacidad de retención de humedad aprovechable y las altas temperaturas superficiales que alcanza la arena, la que suele llegar hasta los 72° C, en los días más calurosos.

Por tratarse de suelos jóvenes, poco evolucionados, formados a partir de materiales andesíticos y basálticos, el suelo que han originado desde el punto de vista de la fertilidad es muy bajo, característica que se refleja en los rodales establecidos. El Índice de Sitio promedio no supera los 18 metros.

Por ser la materia orgánica una de las variables que tiene gran ingerencia en la estructura, fertilidad, retención de la humedad aprovechable, reguladora de las variaciones de la temperatura y protección contra la erosión eólica del suelo, las prácticas de manejo que se hagan deben considerar como aspecto fundamental incrementar sus niveles, ya que, no existe otra alternativa en este sentido. Por las consideraciones expuestas, el problema de las quemadas debe ser considerado cuidadosamente.

Los suelos de la serie Santa Teresa, presentes en el sector sureste de la comuna de Yumbel, ubicados en la ribera norte del río Laja, son los que presentan la más alta potencialidad para el cultivo del pino radiata, logrando Índices de Sitio de 28 metros.

El único problema es la presencia de un nivel freático alto que limita el arraigamiento de las plantaciones, motivando la caída de árboles en el invierno.

La casi totalidad de los suelos de ambas comunas presenta una aptitud de uso forestal, restringida por limitantes de suelo y clima, que determinan una baja productividad con pino radiata. Por ello, sería aconsejable restringir la plantación con esta especie a los mejores suelos y estudiar la incorporación de especies alternativas para los sitios marginales.

#### 4. RECOMENDACIONES DE MANEJO POR SERIE DE SUELO

##### 4.1 Series del Grupo de los suelos arenosos

El problema fundamental y común a las series ARENALES (AR), COREO (CO), SANTA TERESA (TR) y DUNAS (DU) es el bajo contenido de nitrógeno y materia orgánica, en todo el perfil. Por lo tanto, las prácticas que contemplan extracción de residuos, quema de desechos, uso del fuego o eliminación de la vegetación acompañante de árboles adultos, deben modificarse.

Es conveniente, asimismo, favorecer el establecimiento de plantas fijadoras de nitrógeno (lupino arbóreo, retamo y algunos tréboles ya adaptados a esas condiciones), para mejorar el crecimiento de los bosques.

Es recomendable el empleo de prácticas que mejoren el régimen hídrico del suelo (mantener cobertura, incorporar materia orgánica) y, en la fase de establecimiento de plantaciones de pino radiata, reducir la competencia por agua, controlando malezas, aparte de emplear técnicas de plantación más apropiadas para estas condiciones de extrema aridez (plantas en maceta), de manera de evitar sucesivos replantes.

##### 4.1.1 Serie Arenales (AR)

Aparte de las prácticas anteriores, debe considerarse la fertilización boratada y el control de malezas como prácticas usuales, con el objeto de evitar trastornos en el crecimiento apical y aprovechar al máximo la escasa agua aprovechable.

##### 4.1.2 Serie Coreo (CO)

Para evaluar la calidad del sitio en estos suelos, resulta práctico determinar el porcentaje de esqueleto del perfil, ya que a mayor contenido de éste, menor es su calidad.

Al igual que en la Serie Arenales, la fertilización boratada y el control de malezas deben ser prácticas habituales.

#### 4.1.3 Serie Santa Teresa (TR)

Es aconsejable regular los niveles freáticos altos en los suelos de esta Serie, por ser el factor que limita su alta potencialidad natural.

En esta Serie la fertilización boratada debe aplicarse sólo si se detectan síntomas de deficiencia.

#### 4.1.4 Serie Dunas (DU)

En algunos sectores de esta Serie se presentan oscilaciones en los niveles freáticos, característica que hace variar mucho los Índices de Sitio, en relación a las partes altas y más áridas, constituyendo una "catena" de suelos.

En todo caso, el factor limitante para el crecimiento del pino radiata es la materia orgánica, pues presenta el contenido promedio más bajo de las Series de uso forestal.

En consecuencia, debieran adoptarse prácticas que eleven ese contenido, como evitar eliminación de desechos, favorecer el desarrollo de vegetación secundaria, especialmente leguminosas y controlar malezas en el período de establecimiento de la plantación para reducir la competencia por agua.

### 4.2 Series del Grupo de los suelos rojo arcillosos

#### 4.2.1 Series Mininco (MI) y Collipulli (CL)

Los problemas más serios de estos suelos para el cultivo del pino radiata son: la severa erosión de manto y cárcava que presentan la casi totalidad de los suelos plantados, la compactación elevada debido a la decapitación del suelo, la deficiencia generalizada de nitrógeno y boro en todas las plantaciones.

Se recomienda no plantar con pino radiata suelos severamente erosionados o suelos con fases poco profundas.

Se sugiere como práctica usual para el establecimiento de plantaciones el subsolado en curvas de nivel, control químico de malezas y fertilización boratada. Para mejorar los niveles de nitrógeno se puede manejar los residuos y evitar las quemaduras que, adicionalmente, aumentan la compactación superficial.

### 4.3 Series del Grupo de los suelos metamórficos

Se recomienda para todas las series de este Grupo (Constitución y Nahuelbuta) lo siguiente:

- Considerar con prioridad las características fisiográficas, especialmente la altitud, pendiente y exposición, cuando se desea establecer o manejar rodales de pino radiata en la Cordillera de la Costa.
- Evitar la plantación de suelos cordilleranos de posición alta, de escasa profundidad y fuertes pendientes, ubicados mayoritariamente en la Cordillera de Nahuelbuta, desde Ramadillas hacia el sur.
- Manejar los rodales ubicados en posiciones altas, expuestos a los vientos, de acuerdo con las características microclimáticas locales.
- Sectorizar los suelos por rango de pendiente, para definir los métodos de cosecha que minimicen el deterioro del suelo por erosión o compactación.

#### 4.3.1 Serie Constitución (KT)

En esta Serie, en la que priman suelos de profundidad mediana a poco profunda, los problemas de compactación deterioran notablemente la calidad del sitio, al afectar la porosidad del suelo. Por lo anterior, debe evitarse la extracción mecanizada con suelos saturados.

Se recomienda aplicar fertilización boratada en fases erosionadas.

#### 4.3.2 Serie Nahuelbuta (NA)

En esta Serie existe una variedad de factores que influyen en la calidad del sitio, entre los cuales pueden mencionarse los fisiográficos (altitud sobre el nivel del mar, generando climas fríos de altura, incluso con presencia de araucaria), exposición y pendientes, factores climáticos (fuertes vientos en posiciones altas y expuestas al nor-oeste, alcanzando velocidades superiores a 100 km/hora), caída de nieve desde Ramadillas hacia el sur, abundancia de neblinas durante todo el período invernal y un gran número de días de heladas y, por último, factores de suelo relacionados principalmente con la escasa profundidad del perfil en todos los sectores altos.

La situación antes descrita genera en los sectores altos (sobre los 600 metros) ambientes no aptos para el cultivo del pino radiata, por lo que debiera tratarse de introducir otras especies, más adecuadas a estas condiciones. Mientras no exista una especie alternativa, debiera evitarse la destrucción de la escasa vegetación natural allí aún presente.

En contraste con lo señalado, hay fases en esta serie que presentan buenas condiciones para el desarrollo del pino radiata, ubicadas principalmente en los sectores bajos de la Cordillera de Nahuelbuta.

La diversidad de la calidad de los sitios en esta Cordillera demuestra la necesidad de realizar un mapeo de suelos, para delimitar con precisión las distintas fases allí presentes, y diseñar esquemas de manejo acordes con estas particulares condiciones.

#### 4.4 Series del Grupo de los suelos sedimentarios marinos

##### 4.4.1 Series Curanilahue (CHE) y Colico (CLO)

Estas series presentan una topografía más accidentada que las de las series Curanipe y Cobquecura, que se localizan en las planicies y terrazas marinas. Debido a la topografía y característica de los suelos, se observan problemas de deslizamiento y soliflujión en los sectores más montañosos, especialmente donde el talud natural de la pendiente ha sido alterado por la construcción de caminos forestales. Este fenómeno no ha sido estudiado, y no hay normas para un diseño adecuado de vías de extracción, que descansen en el conocimiento técnico de la mecánica de suelos.

Al margen de lo señalado estos suelos presentan problemas de erosión laminar y de cárcavas en los sectores con mayores pendientes. Esto hace recomendable sectorizar por pendiente, para emplear los métodos de extracción más apropiados.

##### 4.4.2 Serie Curanipe (CPE) y Cobquecura (KQ)

El principal problema que presentan las plantaciones establecidas en estos suelos, es la acción del viento que afecta su estabilidad, especialmente al establecimiento, tanto en la zona costera como en el interior. Se recomienda, entonces, establecer fajas cortavientos.

Debido a la textura arcillosa de los suelos debe minimizarse el uso de equipos mecanizados de cosecha, cuando el suelo

está húmedo, porque genera una severa compactación y caída de la calidad del sitio.

Se sugiere también disminuir el empleo de las quemas, por generar "enladrillamiento" superficial de los suelos, afectando su estructura.

#### 4.5 Series del Grupo de los suelos graníticos

##### 4.5.1 Series San Esteban (ET) y Cauquenes (CQ)

Un factor fisiográfico importante en la Serie San Esteban (ET) es la altitud, que influye negativamente en la calidad del sitio, en todas las áreas de la Cordillera de Nahuelbuta, de posición alta. Se sugiere establecer aquí especies distintas al pino radiata.

Afecta a las dos series de este grupo severos problemas de erosión de manto y de cárcavas, que han decapitado extensas áreas. Se recomienda no establecer plantaciones de pino radiata en ellas.

En la vertiente oriental de la cordillera de la costa, comunas de Ninhue, Quillón, Yumbel, Nacimiento, el establecimiento debe consultar subsolado en curvas de nivel, en suelos con pendientes hasta 15%, control químico de malezas y fertilización boratada.

En estos suelos el uso del fuego debe restringirse al máximo por la incidencia negativa que tiene en la compactación y en la eliminación de la materia orgánica.

#### 4.6 Series del Grupo de los derivados de cenizas volcánicas

##### 4.6.1 Serie Santa Bárbara (BA)

En el manejo de estos suelos deben evitarse prácticas que desencadenan procesos erosivos, para lo cual es apropiada la técnica de sectorización por pendiente para definir áreas de protección y sistemas de cosecha.

Antes de establecer una plantación, debe estudiarse la profundidad efectiva del suelo, que presenta fuertes variaciones en las partes altas.

En los sectores cordilleranos altos, sobre los 650 metros, hay limitantes de clima y suelo para el cultivo del pino radiata, por lo que deberían estudiarse especies alternativas que se adapten a estas condiciones.

## 5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del estudio son las siguientes:

a) En la VIII Región se identificaron 6 Grupos de suelos y 16 series de importancia forestal. Cada Grupo está conformado por las series que a continuación se señala:

- Grupo de suelos arenosos: Series Arenales (AR), Coreo (CO), Dunas (DU), Pedregales (PE) y Santa Teresa (TR).
- Grupo de los suelos rojo arcillosos: Series Collipulli (CL) y Mininco (MI).
- Grupo de los suelos metamórficos: Series Nahuelbuta (NA) y Constitución (KT).
- Grupo de los suelos sedimentarios marinos: Series Curanipe (CPE), Curanilahue (CHE), Cobquecura (KQ) y Colico (CLO).
- Grupo de los suelos graníticos: Series Cauquenes (CQ) y San Esteban (ET).
- Grupo de los suelos derivados de cenizas volcánicas: Serie Santa Bárbara (BA).

b) Basado en antecedentes del Proyecto Aerofotogramétrico (1962), se determinó que las superficies de las series de aptitud preferentemente forestal de la VIII Región son las siguientes:

SERIE	CLAVE	SUPERFICIE (ha)
ARENALES	AR	54.600
COREO	CO	74.700
DUNAS	DU	87.800
PEDREGALES	PE	8.200
SANTA TERESA	TR	44.250
COLLIPULLI	CL	134.500
MININCO	MI	18.000
NAHUELBUTA	NA	222.900
CONSTITUCION	KT	52.500
CURANIPE	CPE	209.600
CURANILAHUE	CHE	21.250
COBQUECURA	KQ	8.250
COLICO	CLO	17.500
CAUQUENES	CQ	212.400
SAN ESTEBAN	ET	417.800
SANTA BARBARA	BA	500.700
<b>TOTAL</b>		<b>2.084.950</b>

- c) El mapeo de los suelos de la Región efectuado por el Proyecto Aerofotogramétrico en 1962, desde un punto de vista cartográfico tiene una buena concordancia con lo observado en terreno, a nivel de serie pero no de fase. Desafortunadamente, la concordancia disminuye fuertemente en los sectores altos de la Cordillera de la Costa y no existe información para las áreas medias y altas de la Cordillera Andina. Estos son sectores que están concentrando extensas plantaciones de pino radiata y eucaliptus, formaciones importantes de renovales manejables y desempeñan un rol vital en la provisión de recursos hídricos.
- d) Las plantaciones de pino radiata establecidas en la VIII Región presentan Indices de Sitio, edad clave = 20 años, extremadamente variables. El rango se extiende desde 3,5 metros para un rodal establecido en serie Pedregal (PE) a 34,7 metros para un rodal plantado en la serie Curanipe (CPE).

La mayor parte de los Indices de Sitio promedios por serie de suelo se ubica en el rango 26 - 28 metros. Bajo éste, se ubican los de las series Pedregal (PE), Coreo (CO), Arenales (AR) y Collipulli (CL), y sobre 28 metros los de las series Colico (CLO), Cobquecura (KQ) y Santa Bárbara (BA).

- e) Aún cuando hay series de muy buena calidad, todas presentan una gran variabilidad en los valores de los Indices de Sitio. Esta característica se debe a que las series presentan numerosas fases, la mayoría de ellas de gran incidencia en el crecimiento de las plantaciones y hasta ahora escasamente descritas y no cuantificadas. Esta misma variabilidad en la calidad de las plantaciones actuales demuestra que se han plantado suelos con capacidades de uso extremas, desde la Clase IV hasta la Clase VIII.
- f) Los factores físicos de los suelos, especialmente los de textura, porosidad y régimen hídrico, correlacionan muy bien con el Índice de Sitio y si se acompañaran de datos climáticos, sería posible predecir con gran exactitud la productividad potencial de las plantaciones.
- g) Para que las variables químicas de los suelos se correlacionen mejor con el Índice de Sitio es necesario calibrar los métodos analíticos.

- h) Los niveles nutricionales foliares encontrados muestran que no existen problemas generalizados de deficiencia y que los de Boro y Cobre se restringen a áreas muy degradadas y con regímenes hídricos muy desfavorables, pero que una vez controlados no afectan el desarrollo de los rodales.
- i) Las ecuaciones de regresión Índice de Sitio/ variables edáficas y fisiográficas, presentan una predicción aceptable, cuando se calculan por Grupo de suelos. Una ecuación general para todos los grupos de suelo, tiene un porcentaje de predicción de 25,5%, mientras que las de los grupos individuales varían entre 42,2% (metamórficos) y 49,7% (graníticos).
- j) Las ecuaciones de regresión Índice de Sitio/ contenidos foliares, alcanzan porcentajes de explicación más bajos que los anteriores. La ecuación general explica un 21,6% del Índice de Sitio y las ecuaciones por serie entre un 18,3% para los metamórficos y 53% para los arenosos.
- k) La falta de antecedentes climáticos detallados para la VIII Región constituye una limitante severa para explicar el comportamiento del crecimiento del pino radiata y representará un serio obstáculo para los estudios de introducción de nuevas especies alternativas.
- l) Los esquemas de manejo de los bosques deben adecuarse a las características edáficas y climáticas del sitio, con el objeto de a lo menos mantener y en lo posible incrementar su productividad.
- m) En el caso de los análisis foliares es indispensable establecer los patrones nutricionales para las plantaciones nacionales de pino radiata, superando las limitaciones de la pauta neocelandesa de Will.

n) La casi totalidad de los suelos de las comunas de Quillón y Yumbel presentan una aptitud de uso forestal, limitada por condiciones edafoclimáticas, que determinan una baja productividad del pino radiata. Por ello, sería aconsejable restringir la plantación con esta especie a los mejores suelos y estudiar el establecimiento de especies alternativas para los sitios marginales.

## 6. COMENTARIO FINAL

Este estudio, significando un gran avance, representa sólo el inicio de la búsqueda de información técnica cuantitativa sobre los suelos, ya que el muestreo realizado equivale a una calicata cada 1.530 hectáreas de superficie plantada, por lo que es apenas una prospección general.

Especial falta de información subsiste para las zonas Cordillera de la Costa y, especialmente, Cordillera Andina, en la cual existe una gran área con suelos no reconocidos. Se sugiere iniciar estudios que entreguen información más detallada para ambas zonas.

El alto potencial que muestran los suelos arenosos, especialmente las series Santa Teresa y Arenales, con humedad en el subsuelo, justifica un estudio detallado sobre su régimen hídrico, por su gran incidencia en la productividad de los rodales. La excelente infraestructura caminera, favorables condiciones topográficas y de acceso durante todo el año, cercanía a plantas industriales y puertos, ameritan un esfuerzo en tal sentido.

Los resultados de los análisis foliares indican que la pauta neozelandesa de Will no puede aplicarse sin una adecuación a las características de los rodales chilenos. Se sugiere, en primer lugar, llegar a una estandarización del muestreo y métodos analíticos; luego, generar un banco de datos que acumule toda la información obtenida por empresas, particulares y universidades, para llegar, finalmente, a formular una pauta para Chile.

Si también se creara un banco de datos georeferenciado que acumulara toda la información sobre suelos y clima, sería factible definir zonas edafo-climáticas homogéneas, basadas en datos cuantitativos, que orienten la toma de decisiones para el cultivo con pino radiata u otras especies alternativas.

En el largo plazo, es necesario iniciar un mapeo de los suelos forestales, a nivel de serie y fases mas importantes.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BUTCHER, T.B., HAVEL, J.J. 1976 Influence of moisture relationships on thinning practice N.Z. J. For. Sci., 4(2):158-170.
- CARMEAN, W.H. 1954. Site quality for Douglas-fir in southwestern Washington and its relationships to precipitation, elevation and physical soil properties. Soil Sci.Amer. Proc., 18: 330-334.
- CARMEAN, W.H. 1956. Suggested modification of the standard Douglas-fir site curves for certain soils in southeastern Washington. For. Sci., 2: 242-250.
- COILE, Th. S.. 1948. Relation of soil characteristic to site index of loblolly pine and shortleaf pines in the lower Piedmont Region of North Carolina. Duke Sch. For. Bull. 13.
- COILE, TH. S. 1952. Soil and the growth of forests. Advances in Agron., 4.: 329-398
- CONTRERAS, C. PETERS, R. 1982. Indices de sitio para pino oregón en la provincia de Valdivia y sus relaciones con sitios para pino insigne. IN: Actas Reunión de Trabajo Evaluación de la Productividad de Sitios Forestales. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 1982.
- CRESSWELL, C.F. Y NELSON, H. 1973. The influence of boron on the RNA level, alpha-amylase activity, a level of sugar in germination. Themeda triandra Sorsk Seed. Ann. Bot: 37, 427-428.
- DANIEL, P.W. et al. 1982. Principios de silvicultura. Traducido de la 2a. Ed. inglesa por Ramón Elizondo Mata. México, Mc Graw Hill. 492 p.
- DELLA BIANCA, L., OLSON, F. 1961. Soil-site studies in Piedmont hardwood and pine-hardwood upland forests. For.Sci. Volume 7: 320-329
- DEVLIN, R.M. 1976. Fisiología vegetal. 3a. Ed. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.

- DONOSO, C. 1981. Ecología forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.
- ETCHEVERS, J., FARIAS, A. 1979. Características químicas de los principales suelos cultivados de Ñuble. Agricultura Técnica. 39 (2): 29-34. Santiago.
- FRANCKE S., VERGARA, N., BENNEWITZ, R. 1988 a. Evaluación preliminar de las principales series y fases de suelo en relación al Índice de sitio de plantaciones de Pinus radiata D. Don de la X Región. Ciencia e Investigación Forestal. , Volumen 2, Número 4. Santiago.
- FRANCKE, S. 1988. Influencia de algunos factores edáficos en el Índice de Sitio de plantaciones de Pinus radiata para la V Región. Ciencia e Investigación Forestal. Volumen 2, N° 3. Santiago.
- FUENTES, V. 1983. Deficiencia de cobre en suelos andeptos. Tesis. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán.
- GARCIA , J. 1982. Calidad de sitio para plantaciones de Pinus radiata D. Don en la Cordillera de la Costa de la Región del Maule. IN: Actas Reunión de Trabajo Evaluación de la Productividad de Sitios Forestales. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 1982.
- GONZALEZ, G., GONZALEZ, C., MILLAN, J., ESCOBAR, R. 1983. Estudio de fertilización en plantaciones de Pinus radiata. Primeros resultados. Investigación y Desarrollo Forestal, CONAF/PNUD/FAO, FO: DP/CHI/76/003, Documento de Trabajo N° 51. Santiago.
- GONZALEZ, C., ESCOBAR, R. y LACHICA, M. 1988. Evolución estacional de elementos nutritivos minerales en pino radiata. Agrochimica, Vol. XXXII (1) 63-72.
- INIA, 1985. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Santiago.
- INSTITUTO FORESTAL 1987. Estadísticas Forestales 1986. Boletín Estadístico N° 1. Santiago de Chile.
- NICHOLAS, D.J.D., ADRIAN, R. Y EGAN, N. 1975. Trace elements in soil-plant-animal systems. Academic Press Inc. 193 p.

- PERALTA, M. 1976. Uso, clasificación y Conservación de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura. Santiago.
- PROYECTO AEROFOTOGRAMETRICO. 1964. Suelos, descripciones. Proyecto Aerofotogramétrico. Instituto de Investigación de Recursos Naturales, Corporación de Fomento de la Producción, Publicación N° 2. Santiago
- SAG-ODEPA. 1986. Potencialidad de los suelos de Chile. Ministerio de Agricultura. Citado por : PERALTA, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura. Santiago.
- SCHLATTER, J., GREZ, R.. 1978. Diagnóstico de los factores causantes del crecimiento restringido en plantaciones de Pinus radiata D. Don., provincias de Malleco y Bío-Bío. In: II Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo. Santiago. p: 36-63.
- SCHLATTER, J., GERDING, V., BONNEFOY, M. 1982. Factores del sitio de mayor incidencia en la productividad de Pinus radiata D. Don. IN: Actas Reunión de Trabajo Evaluación de la Productividad de Sitios Forestales. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 1982.
- SERPLAC, 1976. Atlas Regional, VIII Region. Intendencia VIII Región, Secretaría Regional de Planificación y Coordinación. 2a. ed. Concepción.
- STEINBRENNER, E.C. 1968. The influence of individual soil and Physiographic Factors on Site Index of Douglas-fir in Western Washington. Forest Soil Relationships in North America. Oregon State Univ., Press. 20: 261-277.
- STEINBRENNER, E.C. 1979. Forest soil productivity relationships. In: Forest Soils of the Douglas-fir Region. Washington State University, Washington, p: 199-229
- U.S.D.A. 1957. Soil. The United States Government Printing Office.
- VERA, A. 1987. Relación entre los factores de sitio y el Índice de Sitio de Pinus radiata D. Don para la zona de Valdivia. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- VIDAL, I., DEL CANTO, P. 1983. Propiedades físicas de los suelos de Ñuble, VIII Región. Agricultura Técnica. 43 (3): 195- 202. Santiago.

WILL, G. 1978. Nutrient deficiencies in *Pinus radiata* in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science. 8(1):4-14.

ZAHNER, R. 1962. Loblolly pine site curves by soil groups. For. Sci. 8: 104-110.

## 8. RESUMEN

Se realizó un estudio muestral en las 531.166 ha plantadas, hasta Diciembre de 1986, con pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.) en la VIII Región y, adicionalmente, en las superficies no plantadas de las Comunas de Quillón y Yumbel, con los siguientes objetivos:

1. Caracterizar física y químicamente las series de suelos forestales más comunes en la VIII Región, que estaban plantadas con pino radiata en Diciembre de 1986 y las no plantadas de las Comunas de Quillón y Yumbel.
2. Determinar los factores físicos y fisiográficos más importantes que inciden en el crecimiento y desarrollo de la especie.
3. Recomendar prácticas que permiten mejorar el establecimiento de plantaciones.

En 270 rodales, la mitad de ellos de menos de 5 años de edad y la otra de más de 15 años, se realizó un estudio de suelos que incluyó la descripción del perfil y el análisis físico y químico de los estratos 0-30, 30-60 y 60-90 cm. En los rodales adultos se seleccionó un árbol dominante para determinar, mediante análisis de tallo, la altura que alcanzó o alcanzaría a los 20 años de edad. Esta altura se conoce como Índice de Sitio (IS).

Mediante un análisis de correlación se determinó el grado de asociación de la variable dependiente (IS) y las variables independientes (características edáficas, fisiográficas y contenidos foliares).

A través de regresiones lineales múltiples se determinó la relación funcional del IS con las variables independientes.

Por último, mediante una regresión paso a paso (step-wise) se seleccionaron las variables de mayor incidencia en el IS y con menor correlación entre sí.

Este análisis se aplicó a tres agregaciones: todas las unidades muestrales, las unidades muestrales pertenecientes a un grupo de suelos y las pertenecientes a una serie particular de suelo.

Los principales resultados del estudio son los siguientes:

1) En la VIII Región se identificaron 6 grupos de suelos y 16 series de importancia forestal:

- Suelos arenosos: Arenales (AR), Coreo (CO), Dunas (DU), Pedregales (PE) y Santa Teresa (TR).
- Suelos rojo arcillosos: Collipulli (CL) y Mininco (MI).
- Suelos metamórficos: Nahuelbuta (NA) y Constitución (KT).
- Suelos sedimentarios marinos: Curanipe (CPE), Curanilahue (CHE), Cobquecura (KQ) y Colico (CLO).
- Suelos graníticos: Cauquenes (CQ) y San Esteban (ET).
- Suelos derivados de cenizas volcánicas: Santa Bárbara (BA).

2) Las plantaciones de pino radiata establecidas en la VIII Región presentan Índices de Sitio, edad clave = 20 años, extremadamente variables. El rango se extiende desde 3,5 metros para un rodal establecido en serie Pedregal (PE) a 34,7 metros para un rodal plantado en la serie Curanipe (CPE).

La mayor parte de los Índices de Sitio promedios por serie de suelo se ubica en el rango 26 - 28 metros. Bajo éste, se ubican los de las series Pedregal (PE), Coreo (CO), Arenales (AR) y Collipulli (CL), y sobre 28 metros los de las series Colico (CLO), Cobquecura (KQ) y Santa Bárbara (BA).

Aún cuando hay series de muy buena calidad, todas presentan una gran variabilidad en los valores del Índice de Sitio. Esto se debe a que las series tienen numerosas fases, la mayoría de ellas de gran incidencia en el crecimiento de las plantaciones y hasta ahora escasamente descritas y no cuantificadas.

3) Se calculó una serie de ecuaciones de regresión Índice de Sitio/variables edáficas y fisiográficas, con una aceptable explicación, cuando se realizaron por grupo de suelos.

Una ecuación general para todos los grupos de suelos, tiene un porcentaje de explicación de 25,5%, mientras que las de los grupos individuales varían de 42,2 % (metamórficos) a 49,7% (graníticos).

- 4) Se calculó una serie de ecuaciones de regresión Índice de Sitio/contenidos foliares, que alcanzan porcentajes de explicación más bajos que los anteriores.  
La ecuación general explica un 21,6% del Índice de Sitio y las ecuaciones por serie entre un 18,3% para los metamórficos y 53% para los arenosos.
- 5) La falta de antecedentes climáticos detallados para la VIII Región constituye una limitante severa para explicar el comportamiento del pino radiata y representa un serio obstáculo para los estudios de introducción de nuevas especies alternativas.
- 6) El gran número de análisis físicos, químicos y foliares realizados en este estudio demostró que es urgente proceder a la calibración de los análisis para el cultivo del pino radiata.
- 7) Los suelos graníticos no plantados de las comunas de Quillón y Yumbel presentan una acentuada degradación producto de la erosión laminar y de cárcavas que los afecta, limitante que restringe, junto a la aridez estival, el establecimiento y desarrollo de las plantaciones de pino radiata, por lo que se recomienda el estudio de especies alternativas. En el caso de los suelos arenosos las principales limitantes son la aridez y la baja fertilidad natural. La única excepción la constituye la Serie Santa Teresa, que presenta los mejores Índices de Sitio.
- 8) El estudio presenta, por último, recomendaciones para mejorar el manejo de los 6 grupos de suelos existentes en la VIII Región, para elevar la productividad de las plantaciones de pino radiata.

A N E X O S

ANEXO Nº 1 : Listado de unidades muestrales

FUNDO	NUMERO ICALICATAI	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	UBICACION GEOGRAFICA		
					LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
ITAPIHUE	1	TR	FORESTAL MININCO S.A.	87	37°07	72°24	130
ICOLICHEU	2	TR	FORESTAL MININCO S.A.	84	37°00	72°19	150
ICOLICHEU	3	CO	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°00	72°19	150
ICOLICHEU	4	CO	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°00	72°19	150
ITAPIHUE	5	TR	FORESTAL MININCO S.A.	62	37°07	72°24	130
ITAPIHUE	6	DU	FORESTAL MININCO S.A.	66	37°08	72°26	130
ITAPIHUE	7	DU	FORESTAL MININCO S.A.	66	37°08	72°26	130
ICOLICHEU	8	AR	FORESTAL MININCO S.A.	67	37°00	72°19	150
ICOLICHEU	9	AR	FORESTAL MININCO S.A.	68	37°00	72°20	130
ICOLICHEU	10	TR	FORESTAL MININCO S.A.	63	37°00	72°15	130
ICOLICHEU	11	CO	FORESTAL MININCO S.A.	68	37°03	72°11	150
ICOLICHEU	12	TR	FORESTAL MININCO S.A.	66	37°01	72°13	140
ILA AGUADA	13	TR	FORESTAL MININCO S.A.	85	37°12	72°24	115
ILA AGUADA	14	TR	FORESTAL MININCO S.A.	85	37°12	72°24	113
ILA AGUADA	15	CO	FORESTAL MININCO S.A.	64	37°12	72°24	110
ILA REFORMA	16	TR	FORESTAL MININCO S.A.	64	37°10	72°21	140
ILA REFORMA	17	TR	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°10	72°21	137
ILA REFORMA	18	CO	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°10	72°21	147
ILA REFORMA	19	CO	FORESTAL MININCO S.A.	65	37°11	72°19	145
IPRIMAVERA	20	CO	FORESTAL MININCO S.A.	87	37°08	72°15	175
IPRIMAVERA	21	CO	FORESTAL MININCO S.A.	87	37°08	72°15	175
IPRIMAVERA	22	TR	FORESTAL MININCO S.A.	95	37°08	72°15	180
ICERRO VERDE	23	DU	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°04	72°28	103
ICERRO VERDE	24	DU	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°04	72°28	103
ICERRO VERDE	25	AR	FORESTAL MININCO S.A.	82	37°04	72°26	103
IDON HECTOR	26	ET	FORESTAL MININCO S.A.	62	37°09	72°39	250
IDON HECTOR	27	ET	FORESTAL MININCO S.A.	62	37°09	72°39	325
IDON HECTOR	28	CO	FORESTAL MININCO S.A.	63	37°08	72°40	250
IDON HECTOR	29	CO	FORESTAL MININCO S.A.	63	37°08	72°40	225
ISANTA ADRIANA	30	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	84	36°36	72°49	150
ISANTA ADRIANA	31	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	58	37°36	72°49	150
LOS TORONJILES	32	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	63	36°53	72°52	225
IFCO, LAS PALMAS	33	CO	FORESTAL BIO-BIO S.A.	83	36°45	72°39	250
LOS HORNILLOS (C)	34	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	83	36°55	72°40	400
LOS HORNILLOS (B)	35	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	83	36°55	72°40	400
ITRECACURA GRANDE	36	CO	FORESTAL BIO-BIO S.A.	83	36°44	72°45	150
ITRECACURA GRANDE	37	CO	FORESTAL BIO-BIO S.A.	63	36°44	72°45	150
IBOTACURA	38	CPE	FORESTAL BIO-BIO S.A.	70	37°12	72°55	180
ISTA, ROSA VILUPRAN	39	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	68	36°14	72°55	350
ISTA, GERTRUDIS	40	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	69	37°24	72°49	100
ITANAHUILLIN	41	CO	FORESTAL BIO-BIO S.A.	69	37°14	72°49	175
ITANAHUILLIN	42	CO	FORESTAL BIO-BIO S.A.	86	37°14	72°49	175
ILOMAS DEL TORO	43	NA	FORESTAL BIO-BIO S.A.	55	37°14	73°05	200
ILOMAS DEL TORO	44	NA	FORESTAL BIO-BIO S.A.	82	37°14	73°05	200
ICAPELLANIA	45	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	69	36°52	72°54	300
ICAPELLANIA	46	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	87	36°52	72°54	300
IEL CORTIJO	47	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	65	36°48	72°51	130
ILA ERMITA	48	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	66	36°48	72°41	250
IEL CORTIJO	49	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	81	36°46	72°47	400
ISAN JOSE PISIS	50	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	64	36°36	72°48	180
ISAN JOSE PISIS	51	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	86	36°36	72°48	250
INACHI	52	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	65	36°39	72°40	290

FUNDO	NUMERO CATEGORIA	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	UBICACION GEOGRAFICA		
					LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)
INACHI	53	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	86	36°39'	72°40'	290
SANTA RITA	54	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	67	36°42'	72°45'	325
DEL CARMEN	55	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	83	36°41'	72°39'	230
MANZANO NITRIHUE	56	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	85	36°22'	72°35'	550
COYANCO	57	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	75	36°46'	71°35'	300
DEL QUILLAY	58	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	82	36°46'	71°32'	500
DEL QUILLAY	59	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	82	36°46'	71°32'	500
DEL QUILLAY	60	CO	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	81	36°46'	71°32'	30
MARIA LAS CRUCES	61	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°13'	73°12'	75
MARIA LAS CRUCES	62	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°13'	73°10'	350
MARIA LAS CRUCES	63	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°12'	73°07'	690
LOS LLANOS CERROS	64	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°11'	73°06'	600
LOS LLANOS CERROS	65	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°11'	73°08'	325
F. LIAS	66	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	82	37°14'	73°02'	175
LOS LAURELES	67	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°15'	73°01'	300
LOS PELLINES	68	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°18'	73°01'	525
LOS PELLINES	69	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	52	37°18'	73°01'	500
LOS CHUPONES 2	70	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°19'	73°02'	625
QUIDICO P-9	71	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°19'	73°35'	100
QUIDICO P-12	72	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°20'	73°36'	75
LYANE	73	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°26'	73°40'	180
LYANE	74	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°19'	73°39'	150
HUAPE	75	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	74	37°19'	73°33'	200
QUIDICO Y FELAHUENCO	76	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°23'	73°33'	150
HUILLINCO	77	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	71	37°21'	73°31'	200
LAS MARIPOSAS	78	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	74	37°23'	73°30'	200
LOS PUENTES	79	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°21'	73°29'	175
LOS PUENTES	80	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°21'	73°29'	175
MUNDO NUEVO	81	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	53	37°24'	73°11'	350
MAIPO	82	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	67	37°26'	73°11'	100
SAN MARTIN	83	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	87	37°27'	73°05'	350
LAS ANIMAS	84	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	80	37°23'	73°05'	375
MUNDO NUEVO	85	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°25'	73°11'	125
TRONGOL H-16	86	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°33'	73°17'	400
TRONGOL H-16	87	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°33'	73°16'	250
DESCABEZADO	88	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	66	37°32'	73°17'	400
DESCABEZADO	89	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°32'	73°17'	400
POTRERILLOS	90	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	58	37°31'	73°14'	400
VERDUN	91	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°24'	73°01'	325
CABRERA F-14	92	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°24'	73°04'	350
CABRERA P-50	93	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°23'	73°07'	250
CABRERA P-45	94	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°24'	73°07'	550
QUILACHANQUIN	95	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°21'	73°16'	75
QUILACHANQUIN	96	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°21'	73°16'	75
QUILACHANQUIN	97	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°22'	73°17'	150
QUILACHANQUIN	98	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°22'	73°17'	150
MAQUEHUA	99	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°14'	73°22'	175
RAQUI RESERVA 4	100	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	73	37°16'	73°29'	125
QUIDICO	101	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°17'	73°34'	280
TROPEN	102	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°16'	73°38'	50
QUINGUEN	103	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	87	37°13'	73°38'	275
LOS RIOS	104	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	69	37°23'	73°23'	200

F U N D O	NUMERO ICALICATAI	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	UBICACION GEOGRAFICA		
					LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
ILOS RIOS	105	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	69	37°24	73°22	150
ILOS RIOS DE CHOE	106	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°28	73°22	200
ILA COLCHA	107	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°26	73°21	160
ILA COLCHA	108	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°26	73°21	160
IHIJUELA ORIENTE	109	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	82	37°26	73°24	175
ITACNA 1	110	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°25	73°24	150
IV. ALEGRE GRANDE	111	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	73	37°26	73°26	175
IEL GUIINDO	112	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°24	73°27	200
IEL GUIINDO	113	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°24	73°27	200
IQUILAWANCO	114	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°28	73°26	130
ILOS HOYOS	115	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	87	37°28	73°09	200
ILAS QUEMAS	116	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°30	73°11	425
ITOTAL GRANDE	117	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°28	73°31	125
ITOTAL GRANDE	118	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°25	73°31	125
IANTILHUE	119	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°30	73°31	150
IRANQUIL BAJO	120	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	71	37°32	73°33	225
ILAS RAICES	121	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°22	73°31	171
IMILLONGUE	122	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°34	73°38	150
IMILLONGUE	123	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°33	73°36	200
IVICTORIA DE LEBU	124	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°34	73°36	180
IVICTORIA DE LEBU	125	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°34	73°36	180
IEL ROSAL 2	126	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°35	73°35	75
ISANTA ROSA	127	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°38	73°38	175
IRANQUILCO LOTE B	128	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	66	37°46	73°33	100
IRANQUILCO LOTE B	129	DU	FORESTAL ARAUCO LTDA.	66	37°46	73°33	100
IHUALLEREHUE	130	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°36	73°26	100
IPILPILCO ABAJO	131	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	58	37°34	73°23	170
IPILPILCO ABAJO	132	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	86	37°34	73°23	170
ICUYINCO ALTO	133	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°38	73°21	300
ILA ARAUCANA	134	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	67	37°39	73°24	160
ILOS MELLIZOS	135	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°42	73°20	325
ICARAMAVIDA	136	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°40	73°18	425
IPINO HUACHO	137	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°41	73°13	675
ICHACAY	138	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	76	37°48	73°07	650
ICHACAY	139	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	55	37°48	73°08	700
IREPUTO 1	140	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	87	37°51	73°18	250
ICARMEN BUTAMALAL	141	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°49	73°15	175
IBUTAMALAL BAJO	142	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	73	37°50	73°15	500
ICHAN CHAN ALTO	143	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	37°54	73°16	200
ITRANAQUEPE	144	DU	FORESTAL ARAUCO LTDA.	76	37°12	73°27	20
ILLEU-LLEU P-40	145	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	38°05	73°19	250
ILLEU-LLEU P-35	146	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	38°04	73°19	350
IANTIQUINA	147	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	72	38°03	73°16	425
IMALAL Y LOS MORROS	148	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	69	37°14	73°06	600
IMALAL Y LOS MORROS	149	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA.	69	37°12	73°05	200
IPALPAL 2	150	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	65	37°17	73°06	700
ICORDILLERA	151	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°19	73°08	625
IPEUMO SUR	152	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	70	37°20	73°18	100
IPEUMO SUR	153	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	83	37°20	73°18	100
ISAN JOSE COLICO	154	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°22	73°19	125
ISAN JOSE COLICO	155	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	69	37°21	73°21	150
ISAN PABLO	156	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	85	37°30	73°17	350

F U N D O	NUMERO ICALICATAI	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	UBICACION GEOGRAFICA		
					LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
IHERRERA	157	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	73	37°28	73°19	225
IHERRERA	158	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	84	37°27	73°19	200
IBUENA ESPERANZA	159	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	69	37°24	73°18	225
IBUENA ESPERANZA	160	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	93	37°24	73°15	300
ICHOQUE	161	NA	FORESTAL CRECEX S.A.	68	38°12	73°21	160
ICHOQUE	162	NA	FORESTAL CRECEX S.A.	70	38°15	73°17	240
ILANALHUE	163	NA	FORESTAL CRECEX S.A.	84	37°54	73°28	180
ILANALHUE	164	NA	FORESTAL CRECEX S.A.	84	37°54	73°28	180
IPOCO A POCO I	165	NA	FORESTAL MININCO S.A.	80	38°00	73°11	225
IH 3,4,5 CAYUCUPIL	166	ET	FORESTAL MININCO S.A.	82	37°44	73°10	880
IH 3,4,5 CAYUCUPIL	167	ET	FORESTAL MININCO S.A.	82	37°44	73°10	720
IEL TESORO	168	CLO	FORESTAL BIO-BIO S.A.	56	37°26	73°17	290
IEL TESORO	169	CLO	FORESTAL BIO-BIO S.A.	56	37°27	73°16	275
IEL RUBI	170	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	71	37°11	73°03	425
ICOLCURA SUR PONIENTE	171	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°11	73°04	575
ICOLCURA SUR PONIENTE	172	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°11	73°05	560
IEL RUBI	173	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	71	37°09	73°05	560
ICHIVILINGO	174	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°07	73°05	425
ICHIVILINGO	175	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	68	37°09	73°05	575
ICHIVILINGO	176	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	65	37°09	73°08	275
IEL BOLDO	177	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	87	37°03	73°06	300
IQUILTEU	178	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	64	36°27	72°43	90
IQUILTEU	179	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	86	36°27	72°43	90
IBELLAVISTA	180	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	86	36°28	72°43	125
IDENECAN	181	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	85	36°30	72°39	125
IDENECAN	182	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	69	36°30	72°39	125
IMONTE DEL ZORRO	183	KQ	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	84	36°19	72°48	230
IMONTE DEL ZORRO	184	KQ	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	63	36°19	72°48	230
ICOISOS	185	KT	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	76	36°19	72°46	400
ICOISOS	186	KT	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	72	36°20	72°43	400
ISANTA DELFINA	187	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	71	36°22	72°43	275
ISANTA DELFINA	188	ET	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	82	36°22	72°43	275
IPIEDRAS BLANCAS	189	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	85	36°26	72°51	300
IPIEDRAS BLANCAS	190	KT	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	85	36°26	72°51	330
IGRANERO	191	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CONCEP.)	85	36°28	72°54	125
IEL GUANACO	192	KT	FORESTAL ANDINOS S.A.	66	36°12	72°37	360
IEL GUANACO	193	KT	FORESTAL ANDINOS S.A.	68	36°12	72°38	380
IEL GUANACO	194	KT	FORESTAL ANDINOS S.A.	85	36°12	72°38	380
IEL TOLLO	195	KT	FORESTAL ANDINOS S.A.	87	36°13	72°37	460
IEL TOLLO	196	KT	FORESTAL ANDINOS S.A.	69	36°13	72°37	460
ILOS BARROS	197	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	68	37°35	72°53	350
ILOS BARROS	198	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	69	37°35	72°53	370
ILOS BARROS	199	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	67	37°35	72°53	370
ISAN ANTONIO	200	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	86	37°30	72°43	375
ISAN ANTONIO	201	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	65	37°30	72°43	375
IPOCO A POCO	202	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	71	37°24	72°46	150
ILOS LAURELES	203	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	84	37°32	72°53	350
ILA SUERTE	204	NA	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	85	37°32	72°43	155
ILA SUERTE	205	NA	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	71	37°32	72°43	155
IMEAIR	206	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	87	37°33	72°45	125
IMEAIR	207	NA	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	66	37°33	72°45	125
IMEAIR	208	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	66	37°33	72°44	200

F U N D O	NUMERO (CALICATA)	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	USICACION GEOGRAFICA		
					LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
ISAN PEDRO MENIR	209	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	65	37°31	72°47	100
ISANTA ADRIANA	210	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	84	37°33	72°49	180
ISANTA ADRIANA	211	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	84	37°33	72°49	200
IPICHUN	212	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	84	37°33	72°48	120
IPICHUN	213	ET	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	84	37°33	72°48	200
ILA HUERTA	214	CE	FORESTAL MININCO S.A.	84	37°18	72°45	100
ILO PACHECO	215	ET	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°19	72°45	75
IPARCELA CABRERA 15B	216	ET	FORESTAL MININCO S.A.	86	37°21	72°10	800
IPARCELA CABRERA 55	217	ET	FORESTAL MININCO S.A.	86	37°21	72°09	559
IPARCELA ESPIGADO	218	ET	FORESTAL MININCO S.A.	85	37°23	72°02	400
IEL ENCANTO	219	ET	FORESTAL MININCO S.A.	81	37°32	72°06	800
IEL ENCANTO	220	ET	FORESTAL MININCO S.A.	81	37°32	72°06	780
ISANTA EDELMIRA II	221	ET	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°34	72°06	600
ICABALLO DE PALO	222	ET	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°33	72°05	653
ISANTA FILONENA	223	ET	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°27	72°54	400
IYAHUJLO	224	DU	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°10	72°33	125
ISAN GENARO	225	DU	FORESTAL MININCO S.A.	82	37°10	72°32	150
IHIGUERILLAS II	226	AR	FORESTAL MININCO S.A.	84	37°01	72°32	100
INEMBRILLAR	227	AR	FORESTAL MININCO S.A.	63	37°02	72°27	116
INEMBRILLAR	228	AR	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°02	72°27	120
IPEÑUELAS	229	DU	FORESTAL MININCO S.A.	83	36°57	72°21	105
ISAN MIGUEL	230	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	82	36°44	71°37	970
ILAS LUMAS	231	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	85	36°42	71°43	425
IEL PERAL	232	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	82	36°40	71°44	410
IMONTANA BUSTAMANTE	233	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	85	36°36	71°44	350
ISANTA EUGENIA	234	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	86	36°32	71°42	400
ISANTA EUGENIA	235	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	86	36°32	71°42	430
ISANTA EUGENIA	236	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	86	36°32	71°42	500
ICASA DE TABLA	237	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	83	36°34	71°38	600
ICASA DE TABLA	238	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	83	36°34	71°38	650
IEL KAYSER	239	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	69	36°43	71°48	370
ILA SUERTE	240	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	82	36°44	71°41	700
ISAN MANUEL	241	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	85	36°44	71°43	580
ISAN ISIDRO	242	BA	FORESTAL MININCO S.A.	68	36°45	71°43	576
ILO PALACIO	243	BA	FORESTAL ARAUCO LTDA. (CHILLAN)	82	36°50	71°47	1000
ILOS LITRES	244	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	71	37°11	72°02	220
ILOS LITRES	245	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	82	37°11	72°02	220
ILOS LITRES	246	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	87	37°11	72°02	220
ILA ESPONJA	247	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	87	37°08	72°00	280
ILITRE SUR	248	AR	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	69	37°12	72°02	275
ICRUZ DE PIEDRA	249	FE	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	77	37°12	72°01	220
ICRUZ DE PIEDRA	250	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	67	37°12	72°01	220
ILOS CIPRECES P-2	251	MI	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	85	37°07	72°02	225
IRILINCO	252	CL	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	86	37°08	72°04	250
ILAS MERCEDES	253	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	69	37°10	72°04	220
ILAS MERCEDES	254	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	73	37°10	72°05	220
ILAS MERCEDES	255	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	74	37°10	72°05	220
ICRUZ DE PIEDRA	256	AR	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	73	37°09	72°07	210
ILOS PUQUIOS	257	CL	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	87	37°03	72°05	200
ISAN JOSE	258	MI	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	86	36°08	72°08	170
ISAN JOSE	259	AR	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	87	36°08	72°08	170
IOYENTE SAN JOSE	260	MI	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	86	36°08	72°08	170

F U N D O	NUMERO ICALICATAI	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	UBICACION GEOGRAFICA		
					LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
IPARCELA CABRERA	261	NA	FORESTAL MININCO S.A.	* 99	37°22	73°06	700
IPARCELA CABRERA	262	ET	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°22	73°06	700
IQUILACHANQUIN	263	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	99	37°11	73°07	420
IMARIA LAS CRUCES	264	NA	FORESTAL ARAUCO LTDA.	99	37°15	73°10	460
ISELVA NEGRA	265	CL	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°45	72°23	190
ISELVA NEGRA	266	CL	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°45	72°23	190
ISELVA NEGRA	267	CL	FORESTAL MININCO S.A.	84	37°45	72°23	180
ILOS PINOS	268	CL	FORESTAL MININCO S.A.	64	37°45	72°24	175
ILOS PINOS	269	CL	FORESTAL MININCO S.A.	66	37°45	72°24	175
IQUILAMALVEN	270	CL	FORESTAL MININCO S.A.	67	37°45	72°24	175
IQUILAMALVEN	271	CL	FORESTAL MININCO S.A.	85	37°45	72°24	175
IQUILAMALVEN	272	CL	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°45	72°24	175
IEL MEMBRILLO	273	CL	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°48	72°17	250
ISAN ANDRES	274	CL	FORESTAL MININCO S.A.	85	37°48	72°18	260
ISAN LUIS	275	MI	FORESTAL MININCO S.A.	67	37°46	72°17	205
IPICOLTUE	276	CL	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	71	37°39	72°14	150
IPICOLTUE	277	CL	FORESTAL RIO VERGARA S.A.	85	37°39	72°14	150
ILA ARAUCANA	278	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	99	37°39	72°24	130
IPILPILCO ABAJO	279	CPE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	99	37°34	72°24	160
IPILPILCO ABAJO	280	CLO	FORESTAL ARAUCO LTDA.	99	37°34	72°23	240
ILA COLCHA	281	CHE	FORESTAL ARAUCO LTDA.	99	37°24	72°22	145
ILOS CUARTOS	282	BA	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°25	71°47	550
ISTA. EDELMIRA	283	BA	FORESTAL MININCO S.A.	54	37°23	71°44	740
ILAS LUMAS	284	BA	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°26	71°43	1050
IPICHIBURED II	285	BA	FORESTAL MININCO S.A.	85	37°50	71°51	625
IPICHIBURED II	286	BA	FORESTAL MININCO S.A.	54	37°49	71°57	650
ICRUCE CARRETERA-PENUCO	287	MI	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	99	36°59	72°19	125
ICAM. GRAL CRUZ-PENUCO	288	MI	PARTICULAR	99	36°59	72°20	130
ITRILAHUE	289	TR	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°08	72°24	130
ITRILAHUE	290	TR	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°08	72°24	130
ISAN IGNACIO Y OTROS	291	DU	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°10	72°32	150
ICAM. CAMPANARIO	292	AR	PARTICULAR	99	37°09	73°12	170
ITOMECO (CEMENTERIO)	293	CO	PARTICULAR	99	36°59	72°38	215
IEL CORTIJO	294	ET	FORESTAL BIO-BIO S.A.	99	36°48	72°51	120
ILAS VEGAS	295	AR	PARTICULAR	99	36°46	72°24	70
IEL GUANACO	296	KT	FORESTAL ANDINOS S.A.	99	36°12	72°39	400
IEL GUANACO	297	KT	FORESTAL ANDINOS S.A.	99	36°12	72°41	400
ICAM. BUCHUPUREO	298	KE	PARTICULAR	99	36°01	72°45	140
IC. QUIRIHUE-COBQUECURA	299	KE	PARTICULAR	99	36°09	72°45	300
IDADINCO	300	CO	FORESTAL ANDINOS S.A.	85	36°33	72°13	130
ISAN ISIDRO	301	BA	PARTICULAR	71	36°36	71°36	850
ISAN ISIDRO	302	BA	PARTICULAR	99	36°36	71°36	850
ILA ESCALERA	303	BA	PARTICULAR	69	36°36	71°35	650
IFLORES	304	BA	PARTICULAR	70	36°36	71°35	700
ICANTERAS	305	PE	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	56	37°19	71°59	315
ICANTERAS	306	PE	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	56	37°19	71°59	310
ICANTERAS	307	PE	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	99	37°19	71°59	310
ICANTERAS	308	PE	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	44	37°18	72°00	310
ICANTERAS	309	PE	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	82	37°19	71°59	310
ICANTERAS	310	AR	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	63	37°24	72°01	290
ICANTERAS	311	AR	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	99	37°24	72°01	290
ICANTERAS	312	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	71	37°25	72°02	310

F U N D O	NUMERO ICALICATAI	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	UBICACION GEOGRAFICA		
					LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
ICANTERAS	313	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	99	37°25	72°02	310
ICANTERAS	314	AR	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	60	37°25	72°05	280
ICANTERAS	315	AR	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	65	37°25	72°03	300
ICANTERAS	316	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	72	37°24	71°45	370
ICANTERAS	317	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	72	37°25	75°58	340
ILOS LLEUQUES	318	BA	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	85	37°25	71°49	525
ICANTERAS	319	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	72	37°26	72°01	310
ICANTERAS	320	CO	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	99	37°26	72°01	310
IBRASIL	321	AR	FORESTAL MININCO S.A.	69	37°22	72°35	80
IBRASIL	322	DU	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°22	72°32	90
IBRASIL	323	DU	FORESTAL MININCO S.A.	87	37°22	72°32	90
IMARIA DOLORES	324	AR	PARTICULAR	86	37°24	72°25	110
ILA MONA	325	AR	FORESTAL MININCO S.A.	68	37°22	72°23	130
IEL ZARZAL	326	CO	FORESTAL MININCO S.A.	66	37°13	72°26	102
IMARDONAL	327	ET	FORESTAL MININCO S.A.	69	37°10	72°50	100
IMARDONAL	328	ET	FORESTAL MININCO S.A.	86	37°10	72°50	100
IGOMERO	329	CO	FORESTAL MININCO S.A.	67	37°06	72°46	190
IGOMERO	330	CO	FORESTAL MININCO S.A.	67	37°06	72°46	190
ISANTA CRUZ	331	CO	FORESTAL MININCO S.A.	84	37°06	72°52	300
ISANTA TERESA	332	ET	FORESTAL MININCO S.A.	69	37°14	72°42	140
ISANTA TERESA	333	ET	FORESTAL MININCO S.A.	87	37°14	72°42	200
IPALINCO	334	CO	FORESTAL MININCO S.A.	83	37°03	72°42	250
IPARC. MONTE AGUILA	335	AR	FORESTAL MININCO S.A.	69	37°04	72°19	145
IPARC. MONTE AGUILA	336	AR	FORESTAL MININCO S.A.	87	37°04	72°19	145
IDADINCO	337	CO	FORESTAL ANDINOS S.A.	99	36°33	72°13	130
IBOYEN	338	CL	PARTICULAR	83	36°41	72°04	150
ISANTA ANA	339	CL	FORESTAL BIO-BIO S.A.	84	37°42	72°08	130
ISANTA ANA	340	CL	FORESTAL BIO-BIO S.A.	99	37°42	72°08	130
ISANTA ANA	341	CL	FORESTAL BIO-BIO S.A.	71	36°43	72°08	120
IPARC. MONTE AGUILA	342	AR	FORESTAL MININCO S.A.	88	37°04	72°19	145
ITRILAHUE	343	AR	FORESTAL MININCO S.A.	88	37°07	72°23	130
IHIGUERILLAS	344	AR	FORESTAL MININCO S.A.	88	37°20	72°19	150
IHIGUERILLAS	345	AR	FORESTAL MININCO S.A.	70	37°20	72°19	150
IHIGUERILLAS	346	AR	FORESTAL MININCO S.A.	85	37°20	72°19	150
ICUESTA ESPERANZA	347	CL	PARTICULAR	99	37°50	72°23	200
ISAN PEDRO	348	MI	FORESTAL CHOLGUAN S.A.	73	36°56	72°19	126
IPEÑUELAS	349	AR	FORESTAL MININCO S.A.	84	36°59	72°23	100
ICOLICHEU	350	AR	FORESTAL MININCO S.A.	88	37°01	72°15	130
IFLOR DEL LLANO	351	AR	FORESTAL BIO-BIO S.A.	68	36°58	72°29	120
IFLOR DEL LLANO	352	AR	FORESTAL BIO-BIO S.A.	83	36°58	72°29	120
IPRIMAVERA	353	CO	FORESTAL MININCO S.A.	99	37°08	72°15	175
IFLOR DEL LLANO	354	AR	FORESTAL MININCO S.A.	99	36°37	72°30	120
IGRAL. CRUZ-PENUCO	355	MI	FORESTAL MININCO S.A.	99	36°55	72°17	115
IPTE. ITATA	356	CO	PARTICULAR	99	36°59	72°38	215
ICAMINO MUNDO NUEVO	357	NA	PARTICULAR	99	37°28	73°08	200
IARAUCO-SN. JOSE COLICO	358	CHE	PARTICULAR	99	37°25	73°23	200
ICRUCE SN. JOSE COLICO	359	CPE	PARTICULAR	99	37°24	73°23	200
ICAM. PATAGUAL	360	NA	PARTICULAR	99	37°01	73°04	150
ICAM. LOS PINCHEIRA	361	BA	PARTICULAR	99	36°52	71°32	1050
ICAM. TERMAS CHILLAN	362	BA	PARTICULAR	99	36°52	71°34	500
IPORTEZUELO	363	CO	PARTICULAR	99	36°32	72°27	300
CHEHUEN ALTO	364	ET	PARTICULAR	99	36°35	72°28	450

F U N D O	NUMERO	SERIE	PERTENECIENTE A:	RODAL	UBICACION GEOGRAFICA		
					ICALICATA	LATITUD	LONGITUD
					(m.s.n.m)		
ICAM. #IFAS-RAFAEL	365	ET	PARTICULAR	99	36°35	72°44	200
IRAFUEL	366	ET	PARTICULAR	99	36°37	72°47	250

\* = Rodal 99 corresponde a calicatas usadas para descripción modal.

ANEXO N° 2: Valores mínimo, máximo, promedio y su desviación estandar de los análisis físicos y químicos de suelo, clasificadas por serie de suelo.

2.1. Análisis químicos de suelo

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CQ	ET	BA
<b>pH</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	6.24	5.80	5.77	5.93	5.80	5.39	5.49	4.38	5.25	4.90	5.11	5.46	4.99	5.50	4.97	5.88
MAXIMO	6.97	6.98	6.99	6.37	6.40	6.53	6.06	6.02	5.76	5.82	5.60	5.90	5.67	6.57	6.75	6.89
PROMEDIO	6.56	6.38	6.46	6.18	6.22	5.74	5.87	5.23	5.57	5.42	5.39	5.62	5.23	5.98	5.64	6.32
DESV. ESTANDAR	0.18	0.25	0.38	0.18	0.22	0.31	0.23	0.30	0.20	0.19	0.16	0.31	0.19	0.33	0.37	0.23
<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	6.32	6.30	5.85	6.51	6.30	5.52	5.51	4.89	5.17	4.97	5.21	5.66	4.98	5.50	5.06	5.83
MAXIMO	7.05	7.41	6.99	6.51	6.60	6.20	6.36	5.85	5.60	5.84	5.60	6.09	5.67	6.60	7.10	7.23
PROMEDIO	6.68	6.60	6.49	6.51	6.45	5.78	5.93	5.33	5.39	5.45	5.43	5.88	5.29	6.00	5.70	6.32
DESV. ESTANDAR	0.18	0.27	0.35	0.00	0.11	0.25	0.33	0.25	0.30	0.25	0.14	0.30	0.20	0.35	0.43	0.28
<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	6.40	6.00	5.94		6.30	5.43	5.89	5.04	5.51	4.96	5.17	5.72	4.97	5.57	4.99	5.96
MAXIMO	7.25	6.98	6.98		6.70	5.98	6.21	6.37	5.51	6.42	5.93	5.72	5.45	6.72	7.00	7.25
PROMEDIO	6.74	6.55	6.52		6.49	5.83	6.07	5.40	5.51	5.46	5.51	5.72	5.22	6.10	5.70	6.30
DESV. ESTANDAR	0.21	0.23	0.31		0.14	0.22	0.16	0.29	0.00	0.34	0.26	0.00	0.16	0.41	0.46	0.28
<b>NITROGENO</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	0.001	0.006	0.010	0.001	0.030	0.058	0.105	0.010	0.010	0.060	0.050	0.010	0.060	0.010	0.010	0.110
MAXIMO	0.270	0.430	0.110	0.074	0.700	0.189	0.572	0.300	0.320	0.380	0.260	0.150	0.250	0.150	0.470	0.622
PROMEDIO	0.071	0.118	0.038	0.032	0.310	0.128	0.232	0.146	0.149	0.207	0.159	0.080	0.179	0.071	0.107	0.344
DESV. ESTANDAR	0.074	0.142	0.032	0.033	0.179	0.041	0.194	0.063	0.110	0.086	0.067	0.099	0.056	0.035	0.078	0.126
<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	0.001	0.001	0.001	0.007	0.010	0.018	0.001	0.050	0.050	0.040	0.060	0.030	0.040	0.010	0.010	0.020
MAXIMO	0.170	0.100	0.100	0.007	0.250	0.120	0.728	0.270	0.100	0.290	0.130	0.080	0.160	0.120	0.280	0.650
PROMEDIO	0.037	0.035	0.027	0.007	0.073	0.078	0.189	0.096	0.075	0.127	0.093	0.055	0.100	0.056	0.071	0.229
DESV. ESTANDAR	0.040	0.029	0.032	0.000	0.068	0.027	0.303	0.043	0.035	0.058	0.024	0.035	0.031	0.027	0.049	0.117
<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	0.001	0.001	0.001		0.010	0.052	0.057	0.010	0.080	0.010	0.050	0.010	0.040	0.010	0.008	0.010
MAXIMO	0.124	0.080	0.030		0.140	0.112	0.190	0.110	0.080	0.180	0.100	0.010	0.100	0.090	0.220	0.262
PROMEDIO	0.032	0.020	0.016		0.048	0.069	0.076	0.068	0.080	0.084	0.073	0.010	0.064	0.043	0.045	0.146
DESV. ESTANDAR	0.036	0.020	0.009		0.043	0.024	0.022	0.026	0.000	0.046	0.016	0.000	0.017	0.025	0.032	0.073

POTASIO																	
	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CO	ET	BA	
0 - 30 ca																	
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21	
MINIMO	0.05	0.06	0.09	0.06	0.07	0.06	0.03	0.04	0.07	0.05	0.08	0.19	0.06	0.02	0.10	0.13	
MAXIMO	0.82	0.36	0.47	0.14	0.25	0.83	0.71	0.76	0.81	1.30	0.93	0.34	0.37	0.37	0.67	1.82	
PROMEDIO	0.21	0.12	0.21	0.11	0.13	0.21	0.35	0.18	0.30	0.43	0.39	0.27	0.18	0.25	0.27	0.37	
DESV. ESTANDAR	0.19	0.07	0.13	0.03	0.06	0.22	0.28	0.15	0.24	0.32	0.27	0.11	0.11	0.09	0.14	0.42	

30 - 60 ca																	
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21	
MINIMO	0.04	0.05	0.07	0.09	0.08	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.06	0.17	0.03	0.08	0.05	0.06	
MAXIMO	0.80	0.20	0.33	0.09	0.28	0.59	0.27	0.76	0.07	1.33	0.52	0.28	0.18	0.46	0.19	2.28	
PROMEDIO	0.20	0.09	0.17	0.09	0.14	0.12	0.12	0.13	0.06	0.32	0.19	0.23	0.09	0.20	0.27	0.29	
DESV. ESTANDAR	0.22	0.04	0.09	0.00	0.06	0.15	0.09	0.15	0.02	0.28	0.16	0.08	0.05	0.09	0.25	0.49	

60 - 90 ca																	
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21	
MINIMO	0.04	0.04	0.07		0.05	0.03	0.07	0.03	0.04	0.03	0.05	0.15	0.02	0.06	0.05	0.05	
MAXIMO	0.79	0.25	0.28		0.45	0.75	0.18	0.69	0.04	1.91	0.44	0.15	0.10	0.26	1.60	2.54	
PROMEDIO	0.18	0.10	0.14		0.14	0.20	0.11	0.11	0.04	0.25	0.17	0.15	0.06	0.16	0.23	0.35	
DESV. ESTANDAR	0.19	0.05	0.07		0.12	0.31	0.06	0.14	0.00	0.34	0.14	0.00	0.02	0.06	0.24	0.62	

CALCIO																	
	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CO	ET	BA	
0 - 30 ca																	
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21	
MINIMO	0.77	0.64	0.58	0.73	0.76	2.83	1.69	0.09	1.05	1.16	0.62	2.85	0.47	1.07	0.17	0.23	
MAXIMO	7.95	4.21	9.19	1.70	2.40	9.77	6.79	6.50	4.46	7.82	5.51	4.95	5.83	4.69	9.16	11.03	
PROMEDIO	2.63	1.41	2.76	1.39	1.72	5.46	3.97	1.66	2.87	3.68	2.50	3.90	1.56	3.29	2.32	3.94	
DESV. ESTANDAR	1.85	0.80	2.77	0.44	0.60	2.10	1.86	1.46	1.16	2.05	1.67	1.49	1.42	1.07	1.87	2.22	

30 - 60 ca																	
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21	
MINIMO	0.75	0.49	0.60	0.97	0.74	3.13	3.39	0.07	0.58	0.64	0.53	2.61	0.03	0.89	0.16	0.37	
MAXIMO	8.89	2.49	7.49	0.97	2.68	10.72	7.95	4.37	1.01	10.11	5.86	6.22	4.72	10.13	10.90	12.49	
PROMEDIO	2.35	1.11	2.37	0.97	1.32	5.17	4.60	1.19	0.80	3.02	2.14	4.42	1.11	3.65	2.19	3.54	
DESV. ESTANDAR	1.96	0.55	2.22	0.00	0.53	2.18	1.86	1.13	0.30	2.19	1.91	2.56	1.27	1.82	2.14	2.58	

60 - 90 ca																	
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21	
MINIMO	0.81	0.45	0.07		0.86	3.69	3.86	0.11	0.98	0.32	0.54	2.42	0.03	0.88	0.17	0.19	
MAXIMO	10.17	1.89	0.28		9.80	5.34	5.08	4.18	0.98	9.53	6.07	2.42	2.45	5.29	11.00	9.71	
PROMEDIO	2.75	1.06	0.14		2.15	4.43	4.56	1.04	0.98	2.76	2.00	2.42	0.86	3.53	1.80	3.37	
DESV. ESTANDAR	2.22	0.39	0.07		2.81	0.60	0.63	0.94	0.00	2.14	1.97	0.00	0.85	1.32	1.80	2.49	

FOSFORO

0 - 30 cm

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CQ	ET	BA
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	91.70	70.50	118.10	180.80	111.60	2.70	8.10	3.70	3.90	2.80	5.50	5.90	5.50	1.00	1.00	1.00
MAXIMO	453.80	622.80	255.10	303.40	266.10	47.80	73.80	25.70	36.90	45.10	17.10	6.30	14.30	24.60	200.00	22.00
PROMEDIO	202.42	317.79	206.82	227.24	178.98	18.85	25.58	8.71	13.61	11.20	8.80	6.10	9.01	9.91	18.97	10.55
DESV. ESTANDAR	86.81	164.47	39.39	45.54	51.31	13.10	27.21	4.67	10.72	7.34	3.69	0.28	2.79	5.80	26.39	5.30

30 - 60 cm

# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	90.10	79.00	121.80	117.80	146.20	1.00	1.80	3.00	5.50	0.00	3.50	3.50	4.10	1.00	1.00	1.00
MAXIMO	352.60	394.70	238.60	117.80	177.70	11.40	29.80	14.90	7.20	17.80	6.10	4.80	11.40	13.80	197.40	14.90
PROMEDIO	161.00	228.97	197.20	117.80	160.56	7.79	12.88	5.87	6.35	7.42	5.19	4.15	6.04	7.20	17.87	6.88
DESV. ESTANDAR	57.95	95.25	32.39	0.00	11.26	3.88	11.74	2.62	1.20	4.10	0.98	0.92	1.65	4.01	30.89	3.41

60 - 90 cm

# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	44.40	81.30	119.20		93.60	7.00	6.10	3.30	3.70	3.00	3.90	4.80	4.10	1.00	1.00	1.00
MAXIMO	358.00	354.00	264.10		184.70	14.00	38.60	9.90	3.70	20.20	6.80	4.60	5.90	12.50	152.00	21.00
PROMEDIO	156.23	209.04	166.75		154.92	9.68	20.73	4.62	3.70	7.62	5.20	4.90	5.26	6.14	17.90	7.18
DESV. ESTANDAR	68.81	80.95	36.32		26.82	3.20	16.49	1.53	0.00	4.58	1.02	0.00	0.72	3.63	30.93	4.96

MATERIA ORGANICA

0 - 30 cm

# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	0.21	0.26	0.10	2.04	1.03	0.72	1.92	2.09	2.32	1.63	3.20	2.69	2.56	0.29	0.45	2.69
MAXIMO	4.40	2.70	2.35	5.64	3.06	5.52	4.80	13.33	9.35	7.68	8.64	2.75	6.76	4.54	7.81	17.34
PROMEDIO	1.50	1.35	0.71	4.23	2.18	3.15	3.25	5.00	5.21	4.91	4.61	2.72	5.00	1.78	3.05	6.76
DESV. ESTANDAR	1.33	0.80	0.68	1.86	0.63	1.31	1.12	2.01	2.30	1.65	1.46	0.04	1.18	1.08	1.70	3.33

30 - 60 cm

# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	0.01	0.08	0.02	0.13	0.39	0.21	1.00	0.61	0.94	0.80	1.25	0.66	1.71	0.45	0.23	2.15
MAXIMO	2.24	1.12	1.09	0.13	1.36	2.40	2.40	3.68	3.20	9.28	3.40	1.31	3.45	3.49	5.77	17.02
PROMEDIO	0.65	0.47	0.42	0.13	0.90	1.53	1.76	2.21	2.07	2.84	1.96	0.99	2.35	1.20	1.67	5.58
DESV. ESTANDAR	0.63	0.41	0.38	0.00	0.24	0.62	0.62	0.81	1.60	1.85	0.63	0.46	0.56	0.72	1.16	3.07

60 - 90 cm

# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	0.01	0.01	0.01		0.07	0.80	1.04	0.47	2.13	0.53	0.79	1.09	0.48	0.16	0.23	1.60
MAXIMO	2.72	1.02	0.80		1.20	2.00	1.56	4.16	2.13	12.87	2.05	1.09	2.05	2.37	9.60	7.71
PROMEDIO	0.51	0.36	0.28		0.81	1.27	1.27	1.58	2.13	2.32	1.30	1.09	1.37	0.81	1.28	4.01
DESV. ESTANDAR	0.65	0.35	0.28		0.29	0.44	0.27	0.82	0.00	2.31	0.42	0.00	0.57	0.58	1.69	1.54

2.2. Análisis físicos de suelo

	AR	CD	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CQ	ET	BA
<b>ARENA</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	51.20	81.90	70.10	80.70	88.70	9.70	8.30	1.90	10.80	1.50	10.00	8.10	1.50	21.30	16.50	14.90
MAXIMO	96.70	98.90	98.10	93.10	93.90	29.80	24.60	60.60	32.80	55.60	26.60	11.00	33.00	55.50	67.30	45.50
PROMEDIO	86.34	92.11	92.76	86.58	91.41	18.29	18.26	27.84	24.31	18.69	20.18	9.55	17.43	34.87	40.51	33.59
DESV. ESTANDAR	10.89	4.66	8.31	5.74	1.56	6.60	7.00	17.53	7.93	12.91	4.91	2.05	7.01	8.35	10.99	8.22
<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	56.50	94.40	92.30	96.30	93.50	2.80	5.40	0.70	10.70	1.60	5.40	5.20	2.90	24.50	8.30	11.20
MAXIMO	96.70	98.10	98.90	96.30	97.50	32.60	26.80	49.00	31.20	56.60	27.70	6.30	29.50	54.00	65.20	43.30
PROMEDIO	89.02	96.00	95.63	96.30	95.96	15.00	16.40	18.10	20.95	16.15	16.07	5.75	14.35	32.21	38.21	32.72
DESV. ESTANDAR	9.89	0.69	2.25	0.00	1.08	9.27	8.59	15.83	14.50	13.43	6.93	0.78	9.16	6.52	12.14	8.08
<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	67.80	94.20	94.80		74.00	2.20	9.40	0.20	8.60	1.80	7.20	5.90	1.80	19.10	3.50	12.10
MAXIMO	98.10	98.10	98.90		97.00	17.90	27.40	57.90	8.60	63.80	22.00	5.90	28.10	50.30	69.40	43.10
PROMEDIO	89.45	96.21	96.46		93.81	10.16	18.83	14.59	8.60	17.37	15.03	5.90	15.04	25.17	39.77	29.92
DESV. ESTANDAR	8.54	1.01	1.46		7.01	6.87	9.03	17.31	0.00	15.10	5.43	0.00	8.68	6.60	14.77	7.97
<b>LIMO</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	3.2	0.500	0.800	6.100	4.800	25.200	31.800	15.600	27.000	16.300	14.100	33.200	18.100	14.700	11.200	35.400
MAXIMO	41.5	16.300	26.700	15.900	9.200	47.800	48.100	47.300	59.100	34.100	30.000	47.800	33.000	44.900	68.300	63.000
PROMEDIO	10.631	6.576	5.860	11.360	6.970	32.620	40.460	27.963	41.513	25.476	22.658	40.500	23.462	25.048	25.752	52.562
DESV. ESTANDAR	8.724	4.015	7.608	4.670	1.289	6.789	7.239	7.587	11.474	5.591	5.415	10.324	4.650	7.650	8.198	5.942
<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	2.00	1.40	0.30	2.90	2.20	19.60	18.20	10.40	34.30	7.70	12.00	25.90	14.10	14.60	12.20	28.20
MAXIMO	40.80	4.10	6.60	2.90	5.50	39.00	40.00	53.00	35.10	41.50	23.30	41.00	32.90	47.00	69.20	64.20
PROMEDIO	7.93	3.07	3.32	2.90	3.34	27.34	31.80	23.00	34.70	22.22	17.43	33.45	21.93	25.26	24.11	52.26
DESV. ESTANDAR	8.17	0.74	2.18	0.00	0.99	5.72	8.15	9.93	0.57	7.41	3.87	10.68	5.11	7.56	8.03	7.74
<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	1.10	0.80	0.30		1.90	18.60	30.40	9.10	32.30	10.00	9.70	23.80	14.30	19.10	12.80	26.40
MAXIMO	29.00	5.30	4.10		19.50	39.10	42.60	32.30	32.30	39.50	24.60	23.80	38.80	50.30	65.80	67.80
PROMEDIO	7.54	2.80	2.34		7.88	24.90	34.80	17.86	32.30	19.96	16.14	23.80	20.02	25.17	24.49	51.34
DESV. ESTANDAR	7.06	1.06	1.31		5.21	8.15	6.77	6.56	0.00	7.47	4.58	0.00	6.75	6.60	8.34	7.66

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CQ	ET	BA
<b>ARCILLA</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	0.10	0.10	0.10	0.80	1.00	26.00	27.30	15.60	12.10	25.10	43.40	41.20	35.60	21.00	9.20	3.30
MAXIMO	18.40	2.80	3.20	3.40	2.10	64.80	54.40	78.80	50.60	77.80	69.00	58.70	78.80	52.80	63.00	48.70
PROMEDIO	3.18	1.32	1.38	2.06	1.54	49.09	41.28	44.20	34.18	55.92	57.16	49.95	59.11	40.08	33.71	13.45
DESV. ESTANDAR	3.55	0.90	0.88	1.30	0.46	11.54	13.02	17.88	13.34	12.74	7.92	12.37	10.91	9.49	10.57	10.75

<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	0.30	0.20	0.20	0.80	0.20	39.40	38.20	19.70	34.50	20.60	52.10	53.80	37.60	18.20	8.20	3.50
MAXIMO	20.70	2.30	1.70	0.80	1.30	77.60	76.40	88.90	54.20	82.70	78.40	67.80	83.00	55.00	68.10	60.60
PROMEDIO	3.05	0.93	1.05	0.80	0.70	57.66	51.80	58.90	44.35	61.63	66.51	60.80	63.71	42.53	37.68	15.01
DESV. ESTANDAR	3.78	0.51	0.45	0.00	0.41	11.36	15.29	20.47	13.93	15.66	9.33	9.90	11.70	9.46	11.86	13.32

<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	0.50	0.30	0.60		0.20	43.00	37.70	17.70	59.10	17.80	53.40	70.30	33.10	18.30	3.40	2.40
MAXIMO	14.80	2.30	2.80		6.50	79.20	60.20	90.70	59.10	85.50	80.30	70.30	83.90	53.20	68.20	61.50
PROMEDIO	3.01	1.01	1.20		1.31	64.94	46.37	67.55	59.10	62.68	68.83	70.30	64.94	41.98	35.25	18.73
DESV. ESTANDAR	2.73	0.50	0.67		1.85	14.00	12.11	20.70	0.00	18.69	8.57	0.00	13.43	8.95	13.82	12.54

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CQ	ET	BA
<b>ESQUELETO</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	0.20	4.66	0.01	19.20	1.19	0.32	0.25	0.01	7.14	0.01	0.01	4.20	0.01	3.59	0.01	0.42
MAXIMO	26.85	38.38	2.58	26.40	10.63	6.70	2.75	58.12	58.08	12.14	6.08	6.97	18.18	45.26	37.12	4.65
PROMEDIO	6.56	18.05	0.82	23.88	4.25	3.61	1.58	17.76	33.45	2.06	0.88	5.59	5.85	17.14	14.60	1.61
DESV. ESTANDAR	6.66	9.17	9.15	3.33	3.02	1.71	0.98	18.58	19.09	3.37	2.07	1.96	5.45	10.00	9.71	1.14

<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	0.32	0.90	0.01	17.26	0.75	0.20	0.15	0.01	10.20	0.01	0.01	4.57	0.01	1.31	0.01	0.52
MAXIMO	19.47	37.66	2.12	17.26	18.95	6.94	2.95	60.20	52.58	26.91	3.80	8.63	22.32	50.32	55.86	6.51
PROMEDIO	5.78	18.25	0.41	17.26	4.93	3.39	1.71	13.60	31.39	2.16	0.62	6.60	5.34	20.00	16.32	1.65
DESV. ESTANDAR	6.29	9.05	0.63	0.00	5.67	1.72	1.21	18.18	29.97	5.10	1.46	2.97	6.73	13.63	13.11	1.55

<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	0.12	1.53	0.01		0.60	0.18	0.17	0.01	10.00	0.01	0.01	16.55	0.01	4.57	0.01	0.48
MAXIMO	24.92	37.80	1.62		13.82	3.80	0.92	39.05	10.00	11.86	5.29	16.55	20.00	48.10	53.76	14.36
PROMEDIO	6.49	19.54	0.30		5.66	2.48	0.59	5.59	10.00	2.06	0.78	16.55	6.53	21.42	15.73	1.94
DESV. ESTANDAR	6.66	9.14	0.49		4.70	1.66	0.38	9.88	0.00	3.50	1.84	0.00	6.22	12.29	12.51	3.01

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLD	CQ	ET	BA
<b>CAPACIDAD DE CAMPO</b>																
	<b>1/10 ATMOSFERA</b>								<b>1/3 ATMOSFERA</b>							
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	3.50	2.10	2.40	4.40	4.10	23.70	26.30	15.70	23.90	17.00	30.00	28.90	29.30	14.20	13.10	29.80
MAXIMO	29.60	13.10	21.10	12.80	12.80	35.30	39.30	40.90	50.40	56.70	36.10	29.40	45.70	32.40	46.20	74.40
PROMEDIO	9.83	5.54	5.60	8.02	7.32	29.23	32.62	30.56	33.08	35.42	32.63	29.15	34.27	21.67	24.47	62.38
DESV. ESTANDAR	6.98	3.12	5.59	3.51	2.58	3.39	4.95	6.26	10.18	8.18	2.32	0.35	4.97	3.67	6.51	8.91
<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	2.40	2.10	2.00	2.70	2.30	24.20	28.30	19.30	20.10	15.70	29.80	32.20	26.30	16.30	10.10	33.20
MAXIMO	26.50	3.80	7.60	2.70	5.40	35.90	35.50	46.60	28.80	57.70	34.40	33.70	40.00	32.20	43.30	80.40
PROMEDIO	7.95	2.91	3.94	2.70	3.29	30.63	32.96	30.84	24.45	37.87	31.61	32.95	32.35	23.14	23.45	62.16
DESV. ESTANDAR	6.93	0.49	1.77	0.00	0.83	2.93	2.84	6.86	6.15	9.76	1.75	1.06	3.95	3.90	5.53	8.25
<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	2.60	2.10	2.20		1.40	31.70	30.40	17.30	28.10	14.80	30.50	31.90	27.10	18.40	8.00	38.20
MAXIMO	2.30	3.40	5.70		9.50	39.70	35.00	47.30	28.10	57.10	34.70	31.90	41.50	34.80	38.70	81.30
PROMEDIO	8.30	2.91	3.39		2.53	34.52	32.77	33.30	28.10	38.46	32.70	31.90	31.69	23.22	23.31	63.34
DESV. ESTANDAR	6.63	0.35	1.03		2.43	3.39	2.30	7.72	0.00	9.18	1.48	0.00	4.32	3.71	5.09	9.35
<b>PTD. MARCHITEZ PERMANENTE</b>																
	<b>10 ATMOSFERAS</b>								<b>15 ATMOSFERAS</b>							
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	1.60	1.20	1.50	2.40	2.60	14.30	14.90	7.40	11.80	10.50	19.50	16.60	15.80	8.00	6.80	23.30
MAXIMO	16.00	6.80	8.50	6.40	6.30	24.30	27.50	32.00	23.20	43.60	29.10	20.30	31.70	20.00	24.80	53.80
PROMEDIO	4.92	2.98	2.93	3.84	3.63	19.21	21.20	19.57	17.36	25.25	23.77	18.45	23.96	13.12	14.42	36.61
DESV. ESTANDAR	3.33	1.57	2.04	1.60	1.07	2.48	5.34	6.38	3.86	7.49	3.08	2.62	4.62	2.75	4.61	7.95
<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	1.50	1.20	1.00	1.60	1.50	19.90	20.60	9.80	10.80	9.00	19.90	19.20	14.60	8.30	6.30	27.20
MAXIMO	16.40	2.40	4.40	1.60	3.40	26.20	26.50	36.20	17.50	41.80	26.90	21.50	30.20	20.70	26.10	61.00
PROMEDIO	4.05	1.77	2.28	1.60	2.13	22.45	22.20	21.35	14.15	27.84	23.33	20.35	22.92	14.77	13.89	42.73
DESV. ESTANDAR	3.47	0.30	0.95	0.00	0.54	1.70	2.44	7.40	4.74	8.44	2.20	1.63	4.21	2.84	4.14	8.41
<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	1.10	0.90	1.30		1.40	21.50	20.80	7.90	18.50	8.00	21.80	22.20	13.60	10.10	3.40	29.00
MAXIMO	13.50	2.10	3.60		9.50	31.30	22.50	37.90	18.50	43.20	26.90	22.20	31.20	19.70	23.90	64.10
PROMEDIO	4.30	1.71	2.09		2.53	25.10	21.53	24.38	18.50	28.66	24.73	22.20	22.42	14.48	13.53	45.50
DESV. ESTANDAR	3.28	0.29	0.70		2.47	3.77	0.87	7.67	0.00	8.59	1.68	0.00	4.37	2.58	4.15	9.77

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CQ	ET	SA
<b>DENSIDAD APARENTE</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	6	34	15	2	13	23	72	21
MINIMO	1.21	1.31	1.19	1.39	1.15	1.19	1.10	0.24	0.69	0.66	0.90	1.17	0.66	1.19	0.57	0.55
MAXIMO	2.04	1.92	2.14	1.45	1.52	1.54	1.49	1.74	1.40	1.33	1.10	1.21	1.14	1.54	1.56	1.32
PROMEDIO	1.51	1.64	1.55	1.37	1.36	1.27	1.29	0.98	0.94	0.96	1.01	1.19	0.95	1.35	1.17	0.76
DESV. ESTANDAR	0.17	0.15	0.26	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.15	0.09	0.03	0.12	0.11	0.20	0.21

<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	1.16	1.45	1.28	1.60	1.23	1.21	1.15	0.78	0.88	0.73	0.91	1.20	0.93	1.01	0.79	0.47
MAXIMO	1.87	1.86	1.71	1.60	1.90	1.61	1.50	1.25	1.01	1.53	1.23	1.49	1.22	1.65	1.72	1.32
PROMEDIO	1.51	1.64	1.58	1.60	1.51	1.41	1.33	1.02	0.95	1.03	1.06	1.25	1.04	1.35	1.26	0.68
DESV. ESTANDAR	0.17	0.10	0.12	0.00	0.21	0.11	0.14	0.13	0.09	0.15	0.11	0.21	0.08	0.15	0.19	0.22

<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	1.26	1.52	1.26		1.29	1.16	0.97	0.78	1.25	0.76	0.99	1.23	0.90	1.12	0.99	0.47
MAXIMO	1.85	2.14	1.78		1.78	1.56	1.50	1.16	1.25	1.67	1.22	1.23	1.26	1.58	1.79	1.13
PROMEDIO	1.52	1.68	1.60		1.55	1.34	1.28	0.97	1.25	1.04	1.11	1.23	1.07	1.37	1.28	0.66
DESV. ESTANDAR	0.13	0.14	0.16		0.17	0.15	0.28	0.11	0.00	0.18	0.07	0.00	0.10	0.12	0.16	0.15

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CQ	ET	SA
<b>POROSIDAD CAPILAR</b>																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	3.50	2.10	2.40	4.40	4.10	23.70	26.30	15.70	23.90	17.00	30.00	28.90	29.30	14.20	13.10	25.80
MAXIMO	29.60	13.10	21.10	12.80	12.80	35.30	39.30	40.90	50.40	56.70	35.10	29.40	45.70	32.40	46.20	74.40
PROMEDIO	9.83	5.54	5.60	8.02	7.32	29.23	32.62	30.56	33.08	35.42	32.53	29.15	34.27	21.57	24.47	52.38
DESV. ESTANDAR	6.98	3.12	5.59	3.51	2.58	3.39	4.95	6.26	10.18	8.18	2.32	0.35	4.97	3.67	6.51	8.91

<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	2.40	2.10	2.00	2.70	2.30	24.20	28.30	19.30	20.10	15.70	29.80	32.20	26.30	16.30	10.10	33.20
MAXIMO	26.50	3.80	7.60	2.70	5.40	35.90	35.50	46.60	28.80	57.70	34.40	33.70	40.00	32.20	43.30	68.40
PROMEDIO	7.95	2.91	3.94	2.70	3.29	30.53	32.96	30.34	24.45	37.87	31.51	32.95	32.35	23.14	23.45	52.15
DESV. ESTANDAR	6.93	0.49	1.77	0.00	0.83	2.93	2.84	6.36	6.15	9.76	1.75	1.00	3.95	3.90	5.53	8.25

<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	2.60	2.10	2.20		1.40	31.70	30.40	17.30	28.10	14.80	30.50	31.90	27.10	18.40	8.00	38.20
MAXIMO	2.30	3.40	5.70		9.50	39.70	35.00	47.30	28.10	57.10	34.70	31.90	41.50	34.60	38.70	81.30
PROMEDIO	8.30	2.91	3.39		2.53	34.52	32.77	33.30	28.10	38.46	32.70	31.90	31.69	23.22	23.31	63.34
DESV. ESTANDAR	6.63	0.35	1.03		2.43	3.39	2.30	7.72	0.00	9.18	1.48	0.00	4.32	3.71	5.09	9.35

AR CO DU PE TR CL MI NA KT CPE CHE KQ CLO CQ ET BA  
**POROSIDAD NO CAPILAR**

0 - 30 cm

# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	15.70	17.50	16.60	32.50	33.80	14.00	9.60	8.90	22.40	8.60	22.40	24.90	18.80	18.50	8.90	-12.40
MAXIMO	43.70	48.50	45.30	44.30	51.00	28.60	29.20	58.10	40.40	37.40	33.40	26.90	40.50	36.50	45.00	24.40
PROMEDIO	33.40	32.51	35.95	40.20	41.27	23.04	18.64	32.59	31.45	28.51	29.35	25.90	29.35	27.50	31.44	9.39
DESV. ESTANDAR	5.67	6.82	8.04	4.51	5.34	4.53	8.65	8.17	6.86	5.71	2.75	1.41	5.62	4.71	6.30	7.71

30 - 60 cm

# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	25.00	27.20	30.70	36.90	22.90	5.20	9.40	15.70	33.10	5.30	23.80	10.10	20.00	9.50	6.20	-15.60
MAXIMO	45.90	42.40	47.30	36.90	50.20	22.80	24.20	45.00	46.70	31.00	32.70	22.50	32.50	40.30	42.60	18.50
PROMEDIO	35.04	35.19	36.63	36.90	39.64	16.33	17.00	30.88	39.90	23.19	28.37	16.30	28.26	26.07	29.04	9.70
DESV. ESTANDAR	5.72	3.78	4.58	0.00	8.50	4.33	6.11	6.27	9.62	6.43	3.04	8.77	3.51	5.48	5.28	7.32

60 - 90 cm

# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	25.20	16.90	29.90		22.80	4.90	8.40	16.90	24.70	8.10	19.30	21.70	19.30	17.20	1.50	0.20
MAXIMO	42.40	39.60	48.60		48.60	23.30	33.00	53.30	24.70	26.80	31.60	21.70	34.30	38.20	41.60	19.20
PROMEDIO	34.53	33.72	36.43		36.84	14.82	19.07	29.96	24.70	21.14	25.27	21.70	28.02	24.98	28.26	9.70
DESV. ESTANDAR	5.19	5.29	5.48		8.01	6.63	12.62	8.30	0.00	4.88	3.47	0.00	4.37	4.59	6.14	6.53

AR CO DU PE TR CL MI NA KT CPE CHE KQ CLO CQ ET BA  
**POROSIDAD TOTAL**

0 - 30 cm

# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	23.02	27.55	19.25	45.28	42.64	41.89	43.77	41.89	47.17	49.81	58.49	54.34	56.98	41.89	41.13	50.19
MAXIMO	54.34	50.57	55.09	50.94	56.60	58.49	58.49	90.94	73.96	75.09	66.04	55.85	75.09	55.09	74.72	79.25
PROMEDIO	43.22	38.06	41.55	48.22	48.60	52.28	51.24	63.16	64.53	63.93	61.98	55.10	63.63	49.17	55.91	71.39
DESV. ESTANDAR	6.36	5.46	9.61	2.84	4.16	5.42	6.55	7.61	8.66	5.66	3.11	1.07	4.61	4.25	7.57	7.90

30 - 60 cm

# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	29.43	29.81	35.47	39.62	28.30	39.25	43.40	52.83	61.89	42.26	53.58	43.77	53.96	37.74	35.09	50.19
MAXIMO	56.23	45.28	51.70	39.62	53.58	54.34	56.60	70.57	66.79	72.45	65.66	54.72	64.91	61.89	70.19	82.26
PROMEDIO	42.99	38.10	40.57	39.62	42.94	46.95	49.96	61.71	64.34	61.05	59.97	49.25	60.61	49.21	52.49	74.21
DESV. ESTANDAR	6.28	3.93	4.60	0.00	8.07	4.10	5.28	5.06	3.47	5.81	3.99	7.74	3.03	5.48	7.18	8.35

60 - 90 cm

# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	30.19	19.25	32.83		32.83	41.13	43.40	56.23	52.83	36.98	53.96	53.58	52.45	40.38	32.45	57.36
MAXIMO	52.45	42.64	52.45		51.32	56.23	63.40	70.57	52.83	71.32	62.64	53.58	66.04	57.74	66.42	82.26
PROMEDIO	42.82	36.63	39.81		41.66	49.36	51.83	63.25	52.83	60.60	57.96	53.58	59.71	48.20	51.56	74.99
DESV. ESTANDAR	5.03	5.46	5.94		6.43	5.77	10.37	3.98	0.00	6.80	2.52	0.00	3.69	4.45	6.14	5.98

	AR	CO	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KQ	CLO	CB	ET	BA
<b>AGUA APROVECHABLE</b>																
(m <sup>3</sup> /ha)																
<b>0 - 30 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	5	10	15	5	41	8	34	12	2	13	23	72	21
MINIMO	58.70	31.40	9.60	81.60	59.40	308.60	263.90	61.90	302.40	194.90	43.70	330.30	235.60	210.60	196.80	234.30
MAXIMO	913.50	375.40	449.80	278.40	288.00	448.10	616.90	618.00	600.60	457.70	363.00	431.70	437.40	570.00	583.20	928.20
PROMEDIO	210.97	128.02	111.38	171.40	152.94	376.67	449.32	323.07	411.80	287.40	267.77	381.00	295.68	345.93	343.29	573.23
DESV. ESTANDAR	173.49	88.71	126.24	83.49	78.78	48.45	128.15	112.40	109.72	60.71	82.44	71.70	66.46	82.32	78.37	205.93
<b>30 - 60 cm</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	10	1	10	12	5	26	2	34	12	2	13	23	69	21
MINIMO	32.90	30.10	10.10	52.80	33.40	198.70	296.50	151.20	245.50	111.20	168.00	385.20	213.10	204.10	182.40	155.10
MAXIMO	675.10	75.10	161.30	52.80	114.00	598.90	588.00	395.90	342.40	467.50	330.30	648.20	428.20	495.00	608.60	648.30
PROMEDIO	164.86	56.27	78.20	52.80	53.50	344.91	430.94	288.34	293.95	304.39	262.41	516.70	295.41	337.90	354.03	383.43
DESV. ESTANDAR	149.77	12.77	46.19	0.00	22.48	95.62	133.98	66.52	68.52	68.57	59.04	185.97	51.51	81.66	79.90	133.21
<b>60 - 90 cm</b>																
# DE MUESTRAS	25	21	10		10	5	3	20	1	31	12	1	13	22	63	21
MINIMO	30.00	38.50	15.80		34.80	267.20	229.90	165.60	360.00	221.10	205.20	357.90	227.50	215.00	201.50	173.30
MAXIMO	526.60	97.20	95.80		102.69	613.10	616.50	379.30	360.00	502.40	355.00	357.90	510.30	554.30	669.20	634.70
PROMEDIO	172.99	59.47	61.44		102.69	381.66	446.70	259.94	360.00	333.33	266.28	357.90	298.73	360.60	372.74	352.21
DESV. ESTANDAR	150.68	11.30	23.91		153.40	137.50	197.54	58.39	0.00	72.77	51.34	0.00	75.18	91.67	85.98	134.16

ANEXO N° 3 : Matrices de correlación de Índice de Sitio y factores edáfico

Primer estrato ( 0 - 30 cm)

PEARSON CORRELATION MATRIX

	IS	PH	N	P	MO	K	CA	ARE	LIM
IS	1.000								
PH	-0.186	1.000							
N	0.239	-0.091	1.000						
P	-0.351	0.675	-0.153	1.000					
MO	0.006	-0.440	0.489	-0.398	1.000				
K	0.219	-0.062	0.127	-0.217	0.174	1.000			
CA	0.163	0.165	0.128	-0.151	0.144	0.550	1.000		
ARE	-0.292	0.658	-0.197	0.774	-0.528	-0.257	-0.245	1.000	
LIM	0.218	-0.255	0.217	-0.561	0.580	0.155	0.328	-0.654	1.000
ARC	0.251	-0.693	0.117	-0.672	0.354	0.241	0.133	-0.910	0.282
EQ	-0.211	-0.064	-0.154	0.070	0.103	-0.180	-0.165	0.169	0.000
C1	-0.278	0.609	0.024	0.565	-0.258	-0.009	0.096	0.602	-0.375
P1	-0.252	0.603	0.014	0.568	-0.265	-0.020	0.101	0.599	-0.391
C2	0.319	-0.551	0.343	-0.710	0.686	0.231	0.198	-0.858	0.779
P2	0.283	-0.573	0.333	-0.686	0.632	0.266	0.209	-0.895	0.656
DAP	-0.159	0.599	-0.331	0.658	-0.690	-0.173	-0.043	0.719	-0.613
FC	0.287	-0.470	0.401	-0.662	0.721	0.266	0.258	-0.625	0.792
PN	-0.270	-0.053	-0.218	0.197	-0.251	-0.212	-0.398	0.391	-0.489
M3	0.287	-0.247	0.228	-0.542	0.522	0.170	0.284	-0.511	0.799
PT	0.159	-0.599	0.331	-0.658	0.690	0.173	0.043	-0.719	0.613

  

	ARC	EQ	C1	P1	C2	P2	DAP	FC	PN
ARC	1.000								
EQ	-0.215	1.000							
C1	-0.559	0.001	1.000						
P1	-0.551	-0.011	0.987	1.000					
C2	0.662	-0.175	-0.632	-0.626	1.000				
P2	0.776	-0.264	-0.608	-0.603	0.957	1.000			
DAP	-0.576	0.105	0.429	0.424	-0.812	-0.785	1.000		
FC	0.612	-0.202	-0.442	-0.439	0.974	0.936	-0.320	1.000	
PN	-0.228	0.199	0.146	0.148	-0.516	-0.499	-0.027	-0.550	1.000
M3	0.210	0.068	-0.227	-0.248	0.669	0.477	-0.452	0.702	-0.567
PT	0.577	-0.105	-0.429	-0.424	0.812	0.785	-1.000	0.320	0.027

  

	M3	PT
M3	1.000	
PT	0.452	1.000

NUMBER OF OBSERVATIONS: 144

3.2. Segundo estrato ( 30 - 60 cm)

PEARSON CORRELATION MATRIX

	IS	PH	N	F	MO	K	CA	ARE	LIM
IS	1.000								
PH	-0.263	1.000							
N	0.224	-0.237	1.000						
P	-0.366	0.695	-0.341	1.000					
MO	0.181	-0.415	0.761	-0.476	1.000				
K	0.163	-0.054	0.225	-0.186	0.154	1.000			
CA	0.131	0.170	0.305	-0.198	0.177	0.387	1.000		
ARE	-0.241	0.731	-0.434	0.816	-0.555	-0.168	-0.237	1.000	
LIM	0.268	-0.247	0.522	-0.588	0.596	0.173	0.362	-0.609	1.000
ARC	0.164	-0.770	0.277	-0.711	0.389	0.121	0.115	-0.924	0.261
EQ	0.088	-0.032	-0.234	0.003	-0.231	-0.090	-0.097	0.122	-0.015
C1	-0.135	0.567	-0.228	0.477	-0.287	0.060	0.153	0.489	-0.307
P1	-0.150	0.561	-0.219	0.495	-0.287	0.022	0.166	0.497	-0.326
C2	0.258	-0.551	0.597	-0.710	0.732	0.184	0.224	-0.839	0.748
P2	0.202	-0.528	0.581	-0.666	0.712	0.197	0.215	-0.825	0.659
DAP	-0.179	0.550	-0.538	0.638	-0.725	-0.121	-0.056	0.748	-0.662
PC	0.251	-0.490	0.501	-0.678	0.737	0.215	0.276	-0.817	0.749
PN	-0.242	0.162	-0.421	0.431	-0.422	-0.253	-0.469	0.548	-0.536
M3	0.403	-0.473	0.541	-0.718	0.449	0.230	0.366	-0.695	0.763
PT	0.179	-0.550	0.538	-0.638	0.725	0.121	0.056	-0.748	0.662

  

	ARC	EQ	C1	P1	C2	P2	DAP	PC	PN
ARC	1.000								
EQ	-0.141	1.000							
C1	-0.448	-0.062	1.000						
P1	-0.449	-0.061	0.985	1.000					
C2	0.661	-0.249	-0.505	-0.508	1.000				
P2	0.687	-0.298	-0.470	-0.473	0.984	1.000			
DAP	-0.592	0.238	0.350	0.349	-0.872	-0.852	1.000		
PC	0.634	-0.284	-0.347	-0.353	0.985	0.975	-0.877	1.000	
PN	-0.409	0.222	0.187	0.201	-0.703	-0.713	0.307	-0.726	1.000
M3	0.479	-0.008	-0.216	-0.253	0.651	0.543	-0.517	0.664	-0.577
PT	0.592	-0.238	-0.350	-0.349	0.872	0.852	-1.000	0.877	-0.307

  

	M3	PT
M3	1.000	
PT	0.517	1.000

NUMBER OF OBSERVATIONS: 124

3.3. Tercer estrato ( 60 - 90 cm)

PEARSON CORRELATION MATRIX

	IS	PH	N	P	MO	K	CA	ARE	LIM
IS	1.000								
PH	-0.205	1.000							
N	0.145	-0.205	1.000						
P	-0.366	0.656	-0.381	1.000					
MO	0.034	-0.280	0.575	-0.357	1.000				
K	0.163	0.050	0.239	-0.134	0.099	1.000			
CA	0.289	0.200	0.292	-0.180	0.105	0.427	1.000		
ARE	-0.265	0.679	-0.481	0.806	-0.414	-0.138	-0.155	1.000	
LIM	0.332	-0.158	0.387	-0.578	0.398	0.207	0.360	-0.569	1.000
ARC	0.161	-0.734	0.391	-0.639	0.307	0.068	0.064	-0.924	0.210
EQ	-0.115	0.201	-0.403	0.163	-0.150	-0.062	-0.061	0.316	-0.135
C1	-0.114	0.560	-0.067	0.428	-0.192	0.147	0.215	0.464	-0.239
P1	-0.140	0.551	-0.096	0.438	-0.207	0.101	0.195	0.510	-0.286
C2	0.297	-0.515	0.626	-0.671	0.544	0.142	0.283	-0.824	0.598
P2	0.262	-0.464	0.651	-0.629	0.544	0.121	0.286	-0.791	0.631
DAP	-0.270	0.509	-0.584	0.658	-0.517	-0.110	-0.190	0.770	-0.630
PC	0.296	-0.441	0.665	-0.659	0.548	0.189	0.355	-0.797	0.704
PN	-0.217	0.169	-0.525	0.403	-0.381	-0.231	-0.458	0.525	-0.538
M3	0.355	-0.420	0.289	-0.686	0.256	0.324	0.336	-0.640	0.564
PT	0.270	-0.509	0.534	-0.658	0.517	0.110	0.190	-0.770	0.630

  

	ARC	EQ	C1	P1	C2	P2	DAP	PC	PN
ARC	1.000								
EQ	-0.289	1.000							
C1	-0.441	0.036	1.000						
P1	-0.473	0.044	0.984	1.000					
C2	0.655	-0.405	-0.484	-0.517	1.000				
P2	0.646	-0.423	-0.439	-0.469	0.986	1.000			
DAP	-0.622	0.436	0.322	0.361	-0.889	-0.876	1.000		
PC	0.620	-0.434	-0.304	-0.344	0.981	0.975	-0.897	1.000	
PN	-0.374	0.261	0.160	0.185	-0.732	-0.740	0.395	-0.761	1.000
M3	0.452	-0.156	-0.055	-0.130	0.526	0.413	-0.472	0.563	-0.477
PT	0.622	-0.436	-0.322	-0.361	0.889	0.876	-1.000	0.897	-0.395

  

	M3	PT
M3	1.000	
PT	0.472	1.000

NUMBER OF OBSERVATIONS: 112

ANEXO N° 4: Valores mínimo, máximo, promedio y su desviación estandar de los contenidos foliares de pino radiata, clasificados por serie de suelo.

	AR	CD	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KB	CLO	CB	ET	BA
<b>NITROGENO</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	1.27	0.80	1.06	1.03	1.12	0.76	0.83	1.14	1.13	1.04	0.57	1.00	1.27	1.01	0.59	1.43
MAXIMO	1.93	1.72	1.67	1.35	1.98	1.76	2.01	2.25	1.76	2.00	1.65	1.51	1.93	2.05	2.22	3.28
PROMEDIO	1.52	1.24	1.52	1.20	1.52	1.45	1.45	1.53	1.50	1.51	1.42	1.16	1.52	1.59	1.57	2.04
DESV. ESTANDAR	0.21	0.30	0.31	0.12	0.27	0.27	0.44	0.26	0.21	0.26	0.30	0.22	0.21	0.24	0.30	0.49

	AR	CD	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KB	CLO	CB	ET	BA
<b>FOSFORO</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	0.09	0.09	0.11	0.10	0.09	0.07	0.10	0.07	0.09	0.07	0.04	0.09	0.05	0.07	0.07	0.06
MAXIMO	0.22	0.17	0.20	0.15	0.19	0.14	0.20	0.15	0.19	0.19	0.13	0.09	0.09	0.26	0.21	0.19
PROMEDIO	0.14	0.13	0.15	0.12	0.14	0.10	0.14	0.10	0.12	0.11	0.09	0.09	0.08	0.13	0.13	0.12
DESV. ESTANDAR	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01	0.05	0.03	0.03

	AR	CD	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KB	CLO	CB	ET	BA
<b>POTASIO</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	0.47	0.47	0.50	0.46	0.57	0.27	0.31	0.36	0.49	0.32	0.44	0.57	0.29	0.45	0.36	0.57
MAXIMO	1.09	1.35	1.00	1.04	0.89	0.92	1.02	1.19	0.92	1.37	1.01	0.59	1.24	1.22	1.25	1.13
PROMEDIO	0.73	0.92	0.75	0.66	0.74	0.61	0.70	0.77	0.69	0.90	0.77	0.58	0.70	0.66	0.79	0.82
DESV. ESTANDAR	0.15	0.25	0.16	0.24	0.10	0.18	0.27	0.22	0.13	0.26	0.20	0.01	0.28	0.20	0.21	0.20

	AR	CD	DU	PE	TR	CL	MI	NA	KT	CPE	CHE	KB	CLO	CB	ET	BA
<b>CALCIO</b>																
# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	0.09	0.09	0.07	0.14	0.09	0.20	0.10	0.07	0.13	0.03	0.05	0.15	0.03	0.10	0.06	0.06
MAXIMO	0.44	0.29	0.38	0.25	0.19	0.45	0.21	0.29	0.47	0.39	0.30	0.22	0.29	0.35	1.05	0.45
PROMEDIO	0.24	0.19	0.22	0.19	0.15	0.27	0.18	0.14	0.30	0.14	0.13	0.19	0.13	0.16	0.20	0.19
DESV. ESTANDAR	0.09	0.06	0.11	0.05	0.04	0.07	0.05	0.05	0.10	0.09	0.08	0.05	0.07	0.06	0.13	0.10

AR CO DU PE TR CL MI NA KT CPE CHE KQ CLO CB ET BA

**MAGNESIO**

# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	0.13	0.10	0.11	0.14	0.13	0.14	0.14	0.07	0.13	0.08	0.07	0.14	0.07	0.11	0.05	0.08
MAXIMO	0.32	0.23	0.22	0.25	0.20	0.27	0.22	0.15	0.18	0.18	0.14	0.16	0.17	0.27	0.26	0.19
PROMEDIO	0.20	0.18	0.16	0.19	0.17	0.20	0.17	0.11	0.16	0.13	0.10	0.15	0.10	0.17	0.14	0.12
DESV. ESTANDAR	0.05	0.04	0.04	0.05	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.05	0.04	0.04

AR CO DU PE TR CL MI NA KT CPE CHE KQ CLO CB ET BA

**COBRE**

# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	3.60	3.60	4.40	3.60	4.40	3.20	4.40	2.80	3.60	3.60	4.00	4.80	4.80	2.00	2.40	4.00
MAXIMO	8.80	7.20	10.00	11.20	16.40	7.60	6.80	19.60	5.60	30.40	6.80	5.20	9.20	9.20	11.20	12.40
PROMEDIO	5.82	5.35	6.13	5.84	6.84	4.61	5.68	6.73	4.80	6.76	4.80	5.00	5.82	4.38	5.14	6.44
DESV. ESTANDAR	1.31	0.96	1.73	3.05	3.54	1.33	0.96	3.19	0.74	5.42	1.01	0.28	1.30	1.63	1.42	1.93

AR CO DU PE TR CL MI NA KT CPE CHE KQ CLO CB ET BA

**CINC**

# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	1.00	23.60	22.00	32.00	25.20	28.00	38.40	18.80	24.00	26.40	14.80	33.20	19.20	30.00	15.20	23.20
MAXIMO	60.40	54.80	53.60	49.00	42.00	52.80	46.00	104.00	48.40	65.00	50.40	41.60	57.00	73.00	88.00	144.00
PROMEDIO	35.41	36.06	35.29	41.96	33.16	40.91	42.08	37.58	34.10	41.10	35.93	37.40	36.82	49.70	43.53	47.62
DESV. ESTANDAR	12.01	8.86	12.10	7.27	5.20	7.12	3.22	14.86	9.05	9.60	11.29	5.94	11.73	12.63	13.94	25.24

AR CO DU PE TR CL MI NA KT CPE CHE KQ CLO CB ET BA

**MANGANESO**

# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	40.00	56.80	49.20	114.00	41.20	116.00	108.40	133.00	177.20	80.00	145.60	312.00	204.00	147.00	82.80	84.00
MAXIMO	220.00	212.00	208.00	276.00	152.80	1284.00	624.00	836.00	752.00	1156.00	1524.00	578.00	1192.00	1028.00	1160.00	338.00
PROMEDIO	110.69	111.56	127.56	177.20	95.72	453.00	284.88	376.50	438.05	423.29	535.47	445.00	468.39	355.50	348.33	174.40
DESV. ESTANDAR	45.45	41.94	58.66	60.97	35.21	296.08	197.73	190.91	207.07	211.13	373.25	188.09	262.54	195.15	198.41	74.89

AR CO DU PE TR CL MI NA KT CPE CHE KQ CLO CB ET BA

**BORO**

# DE MUESTRAS	26	21	9	5	10	15	5	41	8	33	12	2	13	21	72	20
MINIMO	2.00	3.00	3.50	1.50	6.50	2.70	2.00	2.70	6.60	3.20	5.40	12.40	5.10	2.40	2.00	2.30
MAXIMO	125.00	41.60	37.20	25.40	75.70	22.00	12.80	40.10	23.90	25.40	15.80	12.70	21.40	18.20	61.00	28.00
PROMEDIO	16.20	11.64	13.83	7.16	21.04	6.27	5.32	13.52	11.95	11.12	8.98	12.55	11.52	8.14	10.54	9.53
DESV. ESTANDAR	23.61	11.34	10.82	10.22	25.82	4.95	4.51	7.42	5.72	4.98	3.14	0.21	4.19	3.78	12.25	6.61

## ANEXO N° 5: GLOSARIO

- ACIDEZ:** actividad del ión hidrógeno en la fase acuosa de un suelo, expresando su valor como pH.
- AGREGADOS:** partículas que al unirse forman grumos, terrones, bloques o prismas.
- ALFISOL:** suelos que tienen horizontes superficiales grises u oscuros, con un contenido de bases medio a alto, con acumulación de arcilla en el horizonte B.
- ARCILLA:** separado de un suelo consistente en partículas con un diámetro inferior a 0,002 mm.
- ARENA:** separado de un suelo consistente en partículas con diámetro de 0,05 a 2,0 mm.
- CAPACIDAD DE CAMPO:** porcentaje de humedad de un suelo a una tensión de 1/3 atm para texturas no arenosas y 1/10 para texturas arenosas.
- CAPACIDAD DE USO:** sistema de clasificación que se fundamenta en las características mas relevantes de un suelo y en sus factores limitantes, para definir su uso. Contempla 8 clases de capacidad de uso (I a VIII).
- D.A.P.:** Diámetro a la altura del pecho (1,3 m).
- DENSIDAD APARENTE:** relación entre el peso seco de un volumen de suelo sin disturbar y su volumen, en que se incluyen los espacios porosos.
- DRENAJE:** frecuencia y duración del período en que el suelo no está saturado de agua.
- ELUVIACION:** remoción de material del suelo, en suspensión o solución, desde uno o varios estratos del suelo.
- ENTISOL:** suelos que no tienen horizontes de diagnóstico y que se pueden presentar con cualquier clima.
- ESQUELETO:** porcentaje de separados, redondeados o angulosos, de un suelo con diámetro superior a 2 mm.
- ESTRUCTURA:** agrupación de las partículas primarias del suelo que originan grumos, terrones, bloques o prismas.

**FASE DE UN SUELO:** subdivisión del tipo, serie u otra unidad de clasificación, en las que las características físicas tienen una importancia decisiva en el uso y manejo del suelo.

**GRAVA:** separado de un suelo consistente en partículas con diámetros entre 2 mm y 8 cm.

**HORIZONTE:** estratas de un suelo, aproximadamente paralelas a su superficie. Se diferencian unas de otras por su color, textura y estructura.

**HUMEDAD APROVECHABLE:** porcentaje de humedad de un suelo, comprendido entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

**ILUVIACION:** acumulación de materiales de un suelo por precipitación, depósito o suspensión.

**INCEPTISOL:** suelos con perfil mas desarrollado que los entisoles, pero con un carácter incipiente. Se aprecian evidencias de eluviación, pero carecen de horizontes iluviales.

**INDICE DE SITIO:** altura media que alcanza el estrato dominante del rodal a una edad clave.

**LIMITE de ATTERBERG:** material de suelo que pasa por un tamiz N° 40.

**LIMITE LIQUIDO:** contenido de agua en una muestra, comprendido entre la consistencia plástica y líquida de un suelo.

**LIMITE PLASTICO:** contenido de agua en una muestra, comprendido entre el estado de consistencia semi-sólido y plástico de un suelo.

**LIMO:** separado de un suelo consistente en partículas con diámetros entre 0,05 y 0,002 mm.

**NIVEL FREATICO:** altura, desde la superficie, a la que se encuentra el agua que satura el suelo.

**ORDEN DE SUELO:** categoría mas general del sistema de clasificación de suelos, según la Taxonomía de Suelos usada en Estados Unidos.

**PEDREGOSIDAD:** proporción relativa de piedras mayores de 25 cm de diámetro.

**PERFIL DEL SUELO:** sección vertical de un suelo que muestra sus horizontes.

**POROSIDAD:** porcentaje total del volumen de un suelo no ocupado por partículas sólidas.

**POROSIDAD CAPILAR:** porcentaje de poros pequeños de un volumen de suelo que retiene el agua contra la fuerza de gravedad.

**POROSIDAD NO CAPILAR:** porcentaje de poros que por su tamaño no puede retener el agua contra la fuerza de gravedad.

**PROFUNDIDAD EFECTIVA:** profundidad del suelo en la que pueden crecer las raíces.

**PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE:** porcentaje de humedad de una muestra de suelo a una tensión de 15 atm para suelos no arenosos y 10 atm para arenosos.

**RODAL:** unidad razonablemente homogénea que se puede diferenciar con claridad de los rodales circundantes por su edad, composición, estructura, calidad del terreno en que se asienta o la geografía del mismo.

**SERIE DE SUELO:** suelo que tiene el mismo material de origen y factores de formación, presentando horizontes similares en cuanto a sus características y ordenamiento en el perfil. Se exceptúa la textura del primer horizonte.

**SUBORDEN DE SUELO:** subdivisión del orden, que clasifica los suelos de acuerdo con su régimen de humedad y temperatura y caracteriza los horizontes, de acuerdo con su composición.

**TEXTURA:** proporción relativa de arena, limo y arcilla que presenta un suelo.

**FUENTE:**

- BRADY, N.C. 1984. The nature and properties of Soils. 9a. ed. Mac Millan Publishing Co. New York.
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 1957. Soil. The United States Government Printing Office. Washington.