

MINISTERIO DE AGRICULTURA
FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA

EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO
PARA LA DECIMA REGION

VOLUMEN III

M E T O D O L O G I A

JEFE PROYECTO

PATRICIO CORVALAN V.

AUTORES

LEONARDO ARAYA V.

SERGIO BLANCO G.

PATRICIO CORVALAN V.

FERNANDO COX Z.

SANTIAGO DE CHILE

1 9 8 7

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

I N D I C E

	PAG.
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVO DEL ESTUDIO	3
III. MATERIAL	4
1. Límites de la zona de estudio	4
2. Suelos	4
3. Clima	9
4. Recursos forestales	10
4.1 Tipo forestal chilote	10
4.2 Tipo forestal valdiviano	11
IV. METODOLOGIA	14
1. Estratificación preliminar	14
2. Uso actual del suelo	24
3. Diseño de muestreo para el estudio de pro - ductividad	30
3.1 Definiciones	30
3.2 Unidades muestrales	32
3.3 Tamaño de la muestra	33
3.4 Asignación de la muestra	33
3.5 Selección de unidades muestrales	37
3.6 Selección de las posibles unidades de re - gistro	37
3.7 Regla de selección	38
3.8 Información colectada	38
4. Diseño de muestreo para el diagnóstico de regeneración	42
4.1 Número, forma, tamaño y localización de las parcelas	42
4.2 Mediciones efectuadas	46
4.2.1 Variables ambientales	46
4.2.2 Variables vegetacionales	47
4.2.3 Variables de la regeneración	49
5. Procesamiento de la información	51
5.1 Para el estudio de sitio	51

	PAG.
5.1.1 Definiciones	52
5.1.2 Metodología utilizada en la construcción de las funciones de índice de sitio ...	53
5.1.3 Cronodendrometría	55
5.1.4 Determinación de altura dominante versus edad de la parcela	57
5.1.5 Formación de familias de igual crecimien- to en altura (grupos)	57
5.2 Para el estudio de productividad	63
5.2.1 Definición de volumen por hectárea	64
5.2.2 Definición de edad clave	65
5.2.3 Definición de índice de productividad ..	65
5.2.4 Cálculo del volumen por hectárea	66
5.2.5 Funciones de rendimiento	76
6. Estimación de parámetros poblacionales para el estudio de productividad	89
7. Diagnóstico de la regeneración natural ...	90
7.1 Determinación de las condiciones óptimas de la regeneración	90
7.2 Análisis vegetacional	93
7.3 Determinación del número promedio de plán- tulas	100
7.4 Análisis de las variables ambientales ...	101
7.5 De la aplicación al manejo	101
 BIBLIOGRAFIA	 106
 APENDICE 1 : Interpolación de Lagrange	 117
 APENDICE 2 : Análisis de varianza	 120
 APENDICE 3 : Ajuste de series cronológicas ..	 122
 APENDICE 4 : Índice de Furnival	 125
 APENDICE 5 : Dócima de hipótesis para probar igualdad de coeficientes entre dos funciones lineales	 128

	PAG.
ANEXO N° 1 : Formularios de terreno	131
ANEXO N° 2 : Codificación formularios	139
ANEXO N° 3 : Curvas de trozado	143

I. INTRODUCCION

Es posible indicar que el bosque hidrófilo nativo comercial chileno presenta las siguientes características :

- Es bosque residual, en que el porcentaje de madera en pié de algún interés comercial es bajo (menor al 20%).
- Una estructura original multiestratificada a la que los floreos comerciales no favorecieron desde el punto de vista de su regeneración y crecimiento.
- Un crecimiento medio anual cada vez menor dada la baja intensidad de extracción y su inapropiada estructura vertical.
- Una composición residual de especies de cada vez menor valor comercial.
- Un alto grado de invasión de especies indeseables en el sotobosque ocupando el espacio dejado por los árboles cosechados.

Este es el resultado de las intervenciones comerciales que históricamente se han desarrollado hasta la fecha, en que se extrae lo de mayor valor, con una intensidad de corta tan baja que deja como residuo un bosque de menor calidad que la original.

En la situación actual, se hace imprescindible eliminar los ejemplares del estrato dominante que ya en los primeros "floreos" presentaban un estado sanitario deficiente y que dificultan la regeneración del bosque. Se debe considerar que el manejo de este material leñoso es de alto costo de manipuleo.

Ahora bien, si se considera que la rentabilidad de la explotación es cada día menor y en algunos casos nula, entonces, cada vez se estaría en peores condiciones para regenerar el bosque, generándose un círculo vicioso que se mantendría en directa proporción a la longevidad de los ejemplares dominantes.

Por otro lado, dados los largos períodos de recuperación del capital en inversiones de bosque nativo, no es posible esperar -dadas las actuales circunstancias- romper este círculo vicioso, requiriéndose un adecuado apoyo, a través de bonificaciones u otros incentivos especiales.

La recuperación de bosques degradados hacia bosques productivos requerirá necesariamente algunas condiciones :

- Especies a regenerar de alta velocidad de crecimiento.
- Especies cuya versatilidad sea alta en términos técnicos y de mercado.
- Proyectos cuya magnitud permitan operar a niveles de economías de escala adecuados.
- Aprovechamiento del bosque residual original.

La Corporación Nacional Forestal a través del Proyecto de Incentivos al manejo del Bosque Nativo reconoce como especies susceptibles de manejar económicamente con bonificación : Lengua, Raulí, Canelo, Coigüe y Lingue.

Estas especies cumplen en parte las condiciones arriba indicadas.

El Canelo se presenta como una de las especies indicadas para reemplazar extensas áreas de bosque degradado en la Décima Región y que alcanza unas 2.600.000 ha.

La hipótesis básica que se presenta en este proyecto "El Canelo : Una alternativa de desarrollo para la Décima Región", es la siguiente :

- Por tratarse de una especie colonizadora, el Canelo puede formar extensos bosques de segundo crecimiento.
- Las tasas de crecimiento son altas.
- La extensión de terrenos factibles de cultivar con esta especie es amplia.
- Su aptitud papelera la hace tan atractiva como el cultivo del Pino insigne.
- Ocupa extensas áreas con regeneración natural ya instalada.

A partir de estos supuestos, es posible indicar que se podría generar un polo de desarrollo industrial en la Décima Región basado en el consumo masivo de Canelo. Para ello se requiere buscar un aprovechamiento de los bosques residuales, para remover su estructura y generar extensas masas naturales con esta especie.

Específicamente, en este proyecto se estudia extensamente el fenómeno de la productividad de la especie y sus diversas zonas de crecimiento expresadas en índices de sitio y su productividad asociada.

II. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Los objetivos específicos del estudio son :

- a) Definir cartográficamente zonas de isoproductividad natural para Canelo (Drimys winteri Forst) en la Décima Región.
- b) Proponer para una segunda etapa del estudio, el proyecto de factibilidad silvícola y estabilidad de bosques de Canelo.

III. MATERIAL

1. Límites de la zona de estudio

El estudio se desarrolló en la Décima Región, en la zona comprendida entre los límites de río Maullín por el Norte, Seno de Reloncaví por el Sur, faldeos del Volcán Calbuco por el Este, y Océano Pacífico por el Oeste (230.000 ha) en la zona continental, y Canal de Chacao por el Norte, ciudad de Castro por el Sur, camino longitudinal Sur por el Oeste y Golfo de Ancud por el Este (160.000 ha) en la zona insular de la isla Grande de Chiloé.

Se eligió esa área, fundamentalmente por cubrir una extensión tal, que dados los supuestos iniciales de crecimientos medios, permitiría cubrir el abastecimiento de una industria con un consumo anual de aproximadamente 1.250.000 m³.

Es probable que se encuentren zonas de mejor crecimiento natural para la especie al Sur de la ciudad de Castro. Sin embargo por limitaciones de infraestructura vial, se prefirió la zona indicada.

2. Suelos

Alcayaga, en un detallado estudio de los suelos de la Is-

la de Chiloé, definió 13 tipos de suelo en la zona de estudio :

- Pudeto : ocupaba 1.208,75 ha y hoy se encuentra inundado debido al sismo de 1960. Solo se encuentra en las planicies de inundación del río Pudeto.
- Carehuaico : ocupa una superficie de 12.560,25 ha, en terrazas altas, con pendientes de 15 a 50%. Derivan de cenizas volcánicas ácidas, son delgados. El arraigamiento es bueno sólo hasta los 30 cm.
- San Antonio (Vega) : ocupa una superficie de 1.463 ha, en las planicies de inundación y terrazas bajas de los ríos San Antonio, Pudeto y otros, en el sector Norte de la Isla Grande de Chiloé. Son suelos planos, profundos, se inundan durante 6 o más meses al año, por lo que su drenaje es pobre e impedido. Tienen alto contenido de materia orgánica.
- Coipomó : ocupa una superficie de 3.965 ha. Son suelos profundos que han evolucionado a partir de cenizas volcánicas ácidas. El arraigamiento está limitado a 50 cm por la presencia de arcilla densa. Presentan alto contenido de materia orgánica y su reacción es fuertemente ácida.
- Coquiao : ocupa una superficie de 3.403,75 ha, constituida por suelos profundos, de buen arraigamiento, hasta los 80 cm. Derivan de cenizas volcánicas ácidas y presentan una banda de pómez gruesa a los 65 - 70 cm de profundidad.

- Hueihué : ocupa una superficie de 2.033,45 ha. Son suelos muy delgados, que derivan de cenizas volcánicas que han evolucionado bajo condiciones de humedad excesiva, ya que descansan sobre el hardpan férrico y un substratum cementado de arenas y gravas, los que impiden la penetración del agua y las raíces. Por esto, el contenido de materia orgánica es muy alto y se deben considerar como suelos orgánicos.

- Mechaico : ocupa una superficie de 73.841,50 ha. Son suelos moderadamente profundos, derivados de cenizas volcánicas, que se ubican en terrazas aluviales altas, antiguas, que los procesos de erosión han dejado como lomajes, en los que las pendientes hacia ríos, quebradas o esteros son muy abruptas. El perfil presenta un depósito superficial más suelto que el resto del suelo. El contenido de materia orgánica es muy alto. EL drenaje es bueno.

- Caulín : comprende 5.773,75 ha de suelos moderadamente profundos, derivados de cenizas volcánicas que han evolucionado en condiciones de humedad excesiva, ya que a los 60 - 65 cm de profundidad existen estratos de arcillas densas, los que impiden la penetración de raíces y dificultan la del agua.

- Calonje : ocupa 60.515,20 ha, constituido por suelos moderadamente profundos, que han desarrollado un hardpan genético muy próximo a la superficie, lo que reduce el espesor de arraigamiento a 20 - 25 cm. Derivan de cenizas volcánicas, con alto contenido de materia orgánica.

- Dalcahue : comprende 22.272 ha, constituido por suelos derivados de cenizas volcánicas andesíticas, de alto contenido de materia orgánica, pero menor al que presentan el resto de los suelos. Son suelos profundos con un depósito superficial muy suelto.

- Chonchi : ocupa una superficie de 24.538,65 ha, en terrazas costeras. Derivan de cenizas volcánicas andesíticas, con un bajo contenido de materia orgánica en relación al resto de los suelos de la Isla. Son suelos moderadamente profundos, de texturas livianas, con bajo poder de retención del agua, que se erosionan con facilidad en pendientes superiores a 15%.

- Mocopulli : constituido por suelos moderadamente profundos, derivados de cenizas volcánicas evolucionadas en condiciones de humedad excesiva. La profundidad de arraigamiento se encuentra reducida a 50 cm. Ocupa una superficie de 5.206 ha.

- Piruquina : constituido por suelos moderadamente profundos. Derivan de cenizas volcánicas evolucionadas en condiciones de humedad excesiva, que fueron depositadas en aguas tranquilas (depósitos lacustres). Cubre un área de 1.470 ha.

En la zona continental, la mayor parte de los suelos son de origen volcánico de los tipos Trumao y Ñadi, aunque también se encuentran algunos de origen más reciente y otros corresponden a una evolución muy avanzada.

Díaz et al, describen para la zona en estudio las siguientes 4 asociaciones de suelos, descritas en cada caso por la serie más representativa, quedando la zona pre-andina sin definir :

- Complejo Ñadi - Cariquilda - Misquihue : comprende 155.562,5 ha y se caracteriza por tener una topografía muy variada, donde alternan los suelos planos de mal drenaje con lomajes suaves. Suelos formados a partir de grava de basalto y granito de origen glacial; sedimentaria; la textura del perfil es de ligera a media, moderadamente ácida, profunda. Se desarrolla bajo clima de costa occidental con influencia mediterránea. Topografía plana ondulada; susceptibilidad a erosión eólica. Vegetación natural a base de ulmo, tepa, coigüe, mañío, canelo. Aptitud primaria es de bosques y secundaria para cereales y pasto.

- Ñadi - Alerce : comprende 19.500 ha. La palabra ñadi con que se les designa es de origen araucano y significa "pantano de temporada". Estos suelos húmedos tienen una cubierta vegetativa natural de arbustos bajos y de mala calidad. En estos suelos se tiene el problema de la excesiva fijación del fósforo. El material generador deriva de cenizas volcánicas; modo de formación sedimentario. El pH es ácido. En profundidad se presenta un fragipan. El clima es templado frío, topografía plana, baja y con pequeñas ondulaciones y depresiones. La vegetación original fue el alerce, habiendo en la actualidad renovales de mañío, ñirre, canelo, laurel, etc. Su aptitud principal es para bosque y secundaria para empastadas.

- Serie Trumao Puerto Octay : ocupa 57.780 ha. Deriva de cenizas volcánicas depositadas sobre morrenas. Es un suelo profundo, débilmente ácido, de buena permeabilidad; la topografía es ondulada, con erosión moderada en todos los sectores. Evoluciona bajo condiciones de

clima templado húmedo, cubierto por vegetación de bosque mixto de *Nothofagus*.

- Trumao Nueva Braunau : ocupa 61.875 ha. El material generador deriva de cenizas volcánicas, modo de formación sedimentario. La permeabilidad es moderadamente rápida. El clima es de "costa occidental con influencia mediterránea"; la topografía se presenta con un relieve ondulado y sin erosión aparente. La vegetación natural corresponde a la formación de *Nothofagus obliqua* y *Laurelia sempervirens*, con robles y ulmos. Aptitud principal para cultivos.

3. Clima

Di Castri, establece que toda el área de estudio presenta un clima de región oceánica con influencia mediterránea; esto se debe a que la mayor parte del año presenta un período templado - frío, cuyas precipitaciones decrecen notoriamente en verano, con 3 - 4 meses subhúmedos. Las tendencias oceánicas se hacen evidentes por la pequeña amplitud de las temperaturas máximas y mínimas, y por las mínimas elevadas.

Promedio temperatura	: 10,5°C
Promedio temperatura máxima	: 14,2°C
Promedio temperatura mínima	: 6,9°C
Humedad relativa	: 84%
Pluviosidad	: 2.000 - 2.500 mm

Fuenzalida, cita a Köeppen, quien define para la mayor

parte del área de estudio un clima templado lluvioso con influencia mediterránea, cuya característica es el descenso del monto total de las precipitaciones en los meses de verano.

También se presenta un clima templado frío de costa occidental, con un máximo invernal de lluvias, en un área reducida en la zona de Puerto Montt.

4. Recursos forestales

En la zona en estudio, INFOR describe 2 tipos forestales en los cuales participa el canelo:

4.1 Tipo forestal chilote

Es una asociación forestal en la que predomina más de una o el conjunto de las siguientes especies : canelo, coigüe de Chiloé y los mañíos (Saxegothaea conspicua y Podocarpus nubigena).

Se distribuye en terrenos planos, mal drenados del Sur de la provincia de Llanquihue e Isla Grande de Chiloé y algunos sectores continentales de la provincia de Chiloé.

Es un tipo característico de suelos mal drenados; en cuanto esta condición mejora, el coigüe de Chiloé tiende a ser reemplazado por el coigüe común y el tipo chilote por el siempreverde o valdiviano.

Según Donoso, la regeneración no es masiva en estos sitios, pero las especies están adaptadas a estas condiciones, de modo que la mayoría de ellas presentan establecimiento de plantas en algún grado, siendo especialmente a bundante canelo, tiaca y las mirtáceas.

4.2 Tipo forestal valdiviano

Según INFOR, asociación forestal en que predominan las es pecies tepa, tino, ulmo, olivillo, además de canelo, coi güe, laurel, lingue, avellano, tiaca y mañío. Una característica de este tipo es la composición de un dosel supe rior, el que generalmente está formado por coigüe sobrema duro. Se distribuye desde la provincia de Concepción has ta el límite Sur de la Isla de Chiloé, alcanzando su me jor desarrollo en la provincia de Valdivia.

La mayoría de las especies que lo integran son tolerantes a la sombra y generalmente presentan defectos interiores en el fuste, lo que disminuye su valor comercial.

El sotobosque incluye normalmente árboles pequeños de tia ca, avellano, luma, arrayán. La quila es tupida en roda les abiertos y llega a ausentarse en los de gran densidad. Según Donoso, este tipo presenta los siguientes subtipos:

- Subtipo olivillo costero : se desarrolla en la faja costera del Pacífico y se caracteriza por la mezcla de olivillo con especies tales como tepa, ulmo, canelo y mirtáceas.

- Subtipo siempreverde con intolerantes emergentes : es la situación más común dentro de este tipo y se compone principalmente de coigüe común, de Chiloé y de Magallanes, ulmo o tineo. Gran parte de estos árboles -de grandes dimensiones- tienen un porcentaje considerable de daños de pudrición o quebraduras y están próximos a morir.

Las semillas de estos árboles tienen problemas para germinar en estas condiciones; sólo cuando cae un árbol y deja un hueco grande logran establecerse algunas plantas. Lo normal es que el número de árboles de estas especies vaya disminuyendo gradualmente para dejar paso al establecimiento de las especies que deben terminar por dominar el bosque.

- Subtipo siempreverde de tolerantes : se distingue del anterior por la falta o escasa participación de las especies intolerantes coigüe, coigüe de Chiloé, coigüe de Magallanes, ulmo y tineo.

El dosel superior está constituido normalmente por tepa y canelo, y en ocasiones por mañío de hojas punzantes y/o de hojas cortas. Estas especies se establecen bajo el dosel sin dificultad; las plantas establecidas crecen rápidamente ocupando el espacio abierto en el dosel. Así, llega un momento en que el bosque está constituido exclusivamente por especies tolerantes. Esta condición de bosque constituye un estado climax, de equilibrio dinámico.

- Subtipo renovales de canelo : en los sectores en que el bosque ha sido cortado, quemado o destruido, el ca-

nelo regenera masivamente, formando densos brinzales de crecimiento rápido. A medida que estos renovales envejecen, van tomando la fisonomía de los subtipos siempreverde con intolerantes emergentes o de tolerantes, según cual haya sido su composición original.

IV. METODOLOGIA

1. Estratificación preliminar

El objetivo de la estratificación preliminar fue reducir la dispersión natural agrupando en unidades cartográficas que permitieran muestrear con mayor precisión la población de interés, para lograr los objetivos propuestos, tanto en los estudios de productividad como en el diagnóstico de regeneración natural de canelo.

La idea central que orientó la estratificación preliminar fue lograr definir los ambientes naturales presentes en el área de estudio, pues se espera que sea el ambiente físico el factor que tenga una mayor incidencia en la productividad del canelo, e incluso en su dispersión y desarrollo.

Se puso como condición, el definir estratos de un tamaño adecuado, que tuvieran unidad geográfica y que no fuera un número exagerado que solo consiguiera complicar el muestreo.

Con este objetivo se procedió a revisar todos los antecedentes ambientales existentes del área de estudio, tanto cartográficos como bibliográficos, poniendo especial énfasis en lo referente a vegetación natural, dado que ésta es la síntesis ponderada de todos los factores ambientales.

Desgraciadamente, la gran mayoría de los antecedentes estaban disponibles sólo a escalas regionales (1:500.000 ó 1:1.000.000), con la excepción de la topografía (que permite inducir la geomorfología) y suelo, en parte.

Cabe considerar además que los factores ambientales están todos correlacionados entre si, con excepción del clima y el material parental.

Respecto del clima, no se consideró explícitamente, dado el muy escaso número de estaciones meteorológicas. Sin embargo, las variaciones climáticas son graduales, con excepción de la zona de cordillera, por lo cual se puede considerar que quedan implícitas al definir las grandes unidades geomorfológicas.

En cuanto a geología, solo se encontró un plano 1:1.000.000 que considera prácticamente toda el área de estudio dentro de la categoría de sedimentos cuaternarios.

El mapa más detallado de vegetación existente en el área de estudio, corresponde al mapa de tipos forestales confeccionado por Ingeniería y Bosques el año 1975. Sin embargo, éste sólo abarca el sector insular y dentro de esto, sólo las áreas cubiertas de bosques. El Mapa de Tipos Forestales del INFOR (1967) es el estudio que en mayor detalle cubre el área de estudio (1:500.000), pero aún muestra ser insuficiente por sí solo para lograr una adecuada estratificación preliminar, pues aparecen sólo 2 tipos forestales y no tienen homogeneidad geográfica.

El estudio realizado por la Universidad Austral de Chile denominado "Utilización silvoagropecuaria de los terrenos de Ñadi" (1980) que cubre el área continental, distingue solo tipos de estratos boscosos en categorías bosque, arboleda que no constituye bosque, matorral y plantaciones. La información que entrega, no permite la diferenciación de

calidades de bosque para la estratificación.

En cuanto a suelo, se logró reunir una mayor cantidad de antecedentes : Díaz, Astudillo y Aranda (1960) en la zona continental y Alcayaga (1963, 1975) en la zona insular.

En ambos casos, los tipos de suelo aparecen muy relacionados con la geomorfología del lugar, ya que ésta define el escurrimiento superficial y éstos a su vez definen el proceso de formación de suelo hacia un trumao típico o hacia un ñadi, acentuando las diferencias de drenaje original, resultando suelos muy distintos en cuanto a drenaje, fertilidad, acidez, etc., según el lugar, sea plano u ondulado. Estas significativas diferencias al nivel del suelo se expresan también en la cubierta vegetal, estando los terrenos ondulados cubiertos por especies del tipo "valdiviano" y los planos por especies del tipo chilote, estando el primer caso en su mayor parte habilitado para la ganadería y agricultura.

Zona continental

Dada la imprecisión del mapa de suelos del área continental (1:1.000.000), se redefinieron los límites mediante fotointerpretación, lo que además permitió definir un estrato más, el que por geomorfología, uso de la tierra y cubierta vegetal, aparecía claramente distinto de sus vecinos (V, Calbuco).

De este modo, se definieron 5 estratos, basados en suelo, geomorfología, uso de la tierra y cubierta vegetal, los que resultaron altamente coincidentes, confirmando el carácter natural de los estratos definidos.

I. Puerto Varas

En este estrato se agruparon los suelos Puerto Octay y Nueva Braunau, ambos trumaos típicos. Suelos profundos, fértiles y bien drenados, asentados sobre una topografía de lomaje, en su mayor parte morrenas cubiertas del material volcánico. Ambos suelos se encuentran hoy en su mayor parte habilitados para uso agropecuario. Este estrato ocupa una franja de 1 a 18 km de ancho en todo el sector adyacente al límite Norte del área de estudio.

II. Ñadi Alerce

Este estrato está formado solamente por el suelo Ñadi Alerce. Está orientado en el gran llano fluvio-glacial ubicado entre Puerto Varas, Puerto Montt y las faldas del Volcán Calbuco. Este suelo corresponde a un Ñadi con sus características típicas muy marcadas. Presenta un hardpan muy próximo a la superficie, de tal forma que la profundidad efectiva del suelo es muy pequeña. El drenaje es muy pobre, como consecuencia de la presencia del hardpan, lo que sumado al lento escurrimiento superficial, hace que los suelos estén casi todo el año sobresaturados de agua. En suma, es un suelo muy pobre que impone significativas limitaciones al buen desarrollo de los árboles, lo que se ve agravado por el alto grado de destrucción antropógena, como resultado de su cercanía a importantes centros urbanos. Su principal uso actual, después de menguar significativamente sus existencias de madera aserrable, es la extracción de leña.

III. Cordillera de Quillaipe

Este sector, no considerado en el estudio de Díaz, Astudillo y Aranda, corresponde a una unidad natural muy distinta de las demás, por ser el único estrato de carácter montañoso, con cerros de altitudes cercanas a los 700 msnm. Estudios muy recientes (INIA, 1985) confirmaron tener un suelo distinto, denominado Ralún, que corresponde a un trumao de textura muy liviana (franco arenosa), bien drenado. Son suelos inestables cuando ocurren movimientos sísmicos, sobre todo cuando se ha explotado bosques en pendientes fuertes. Su principal uso actual es el forestal, estando en su mayor parte cubiertos de bosques naturales.

IV. Camino Pargua

Este estrato está formado por el tipo de suelo complejo Ñadi Cariquilda-Misquihue, en el sector adyacente al camino a Pargua, en donde dominan en el paisaje los sectores planos. El suelo es del tipo Ñadi, aunque más heterogéneo que el estrato II, existiendo casos más exagerados, cubiertos por Nothofagus antartica y Baccharis patagonica, y otros más moderados, en donde el bosque chilote tiene buen desarrollo. Su principal uso actual es el forestal. Estudios recientes (INIA, 1985) han redefinido el suelo, quedando clasificado bajo las denominaciones de Alerce, Huite y Maullín, todos del tipo Ñadi.

V. Calbuco

Este estrato ocupa el sector costero occidental del

Seño de Reloncaví y la costa del Canal de Chacao. Este sector estaba incluido por Díaz, Astudillo y Aranda en el tipo de Suelo Complejo Ñadi Cariquilda-Misquihue. Sin embargo, al revisar las fotos aéreas del lugar, aparece muy bien definido todo el sector costero como distinto del interior, lo que fue posteriormente confirmado en terreno. Este estrato está dominado por un paisaje de lomajes, bien drenado, donde el uso predominante de la tierra es el agropuario. Son lomajes de origen morrénicos. Los suelos se originaron de las cenizas volcánicas depositadas sobre las morrenas; sin embargo, estos depósitos son notablemente más delgados que los correspondientes al estrato I, lo que los hace más pobres, situación que se ha acentuado por el manejo deficiente y el uso intensivo.

Zona insular

En este caso, dada la abundancia de antecedentes entregados por Alcayaga (1963, 1975), el problema consistió en agrupar los 12 tipos de suelos definidos para esta área en un número más acorde con las necesidades del estudio. Los criterios para agrupar fueron básicamente los mismos que para el caso anterior, esto es, geomorfología, uso actual de la tierra, cubierta vegetal y, en este caso, se agregaron las características comunes que se obtuvieron de las respectivas descripciones de suelos.

El resultado fue la definición de cinco estratos que a continuación se detallan :

VI. Chacao

Ubicado en el sector Norte de la Isla, alrededor de Chacao. Se caracteriza por ser un paisaje formado por planos, a veces lomajes, que corresponden a terrazas aluviales antiguas (Serie de Suelo Caulín), las que presentan suelo de origen volcánico con limitaciones, como resultado del drenaje imperfecto, originado en horizontes formados por arcillas densas entre los 60 y 70 cm de profundidad.

VII. Ancud

El sector adyacente a Ancud y el río Pudeto, corresponde a un paisaje de lomaje en donde abundan las praderas y cultivos. Aquí se ubican probablemente los mejores suelos de la Isla (Series Mechaico, Coquiao, Pudeto, Carehuaico). Son suelos originados de cenizas volcánicas, moderadamente profundos y bien drenados.

VIII. Ñadi Tantauco

Ocupa el gran llano central del área de estudio insular. Es un paisaje plano, casi completamente cubierto por bosques naturales. Los suelos (Serie Colonge) son del tipo Ñadi, con drenajes deficientes y escurrimientos superficiales lentos, lo que impone limitaciones significativas al buen desarrollo de los árboles.

IX. Quemchi

Ocupa la franja costera que da al Golfo de Ancud,

donde domina un paisaje de lomajes con abundantes praderas. Los suelos originados de cenizas volcánicas, son de regular profundidad, bien drenados y algo empobrecidos por el uso intensivo y mal manejo (Serie Mechaico, Dalcahue, Chonchi y Coipomó).

X. Mocopulli

Ubicado en las cercanías de Castro y Dalcahue. Presenta un paisaje formado por varios planos en distintos niveles, los que corresponden a terrazas aluviales. Los suelos pertenecientes a las series Mocopulli y Piruquina, son derivados de cenizas volcánicas ácidas evolucionadas en condiciones de humedad excesiva; son suelos moderadamente profundos, con texturas medias en la superficie y pesadas en profundidad; el drenaje es imperfecto y el escurrimiento superficial es moderadamente lento.

En los mapas N° 1 y 2 se muestra la ubicación de los estratos para la zona continental e insular, respectivamente.

MAPA N° 1

PROYECTO

EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LA DECIMA REGION

AREA DE ESTUDIO

ESTRATIFICACION PRELIMINAR

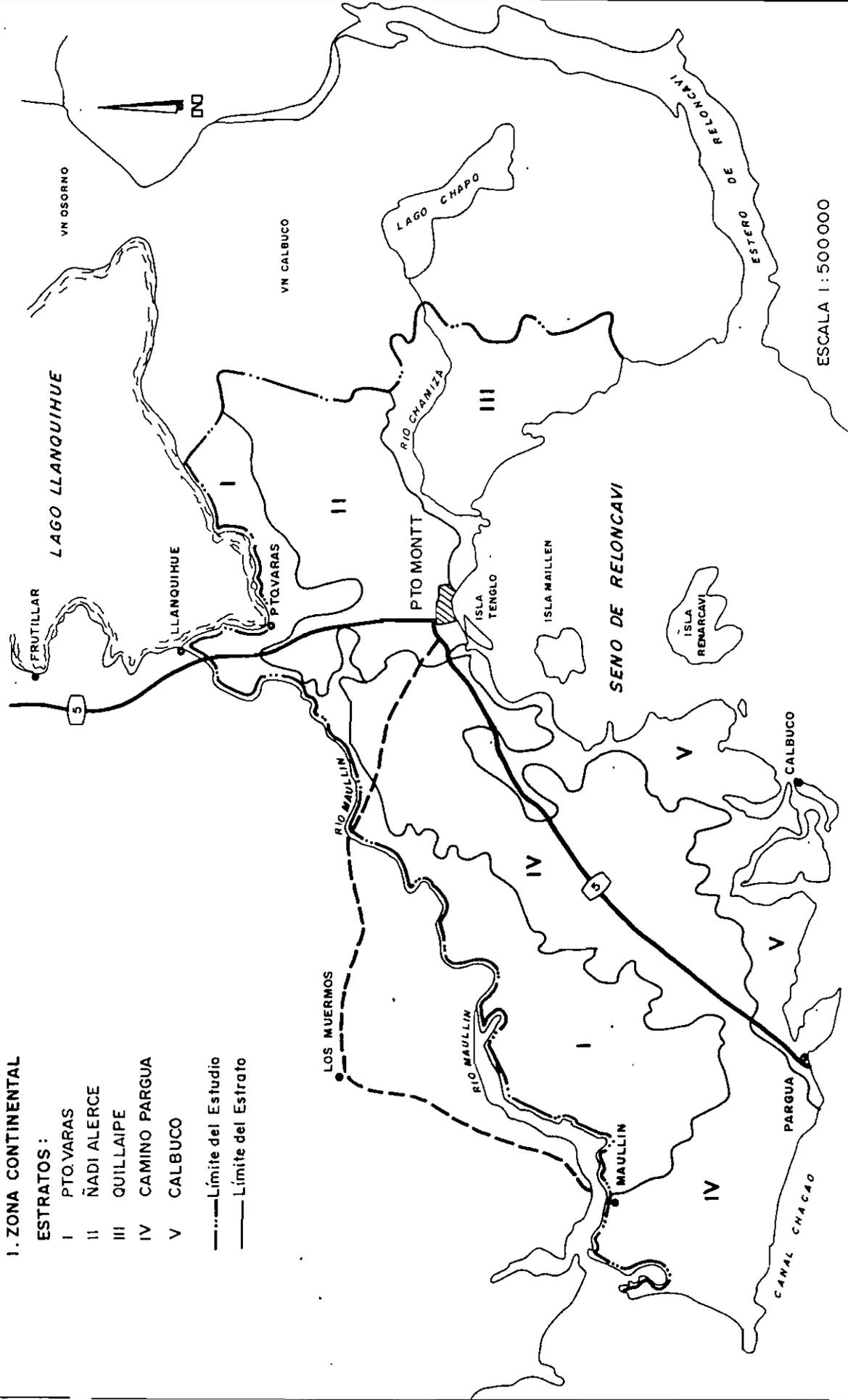
I. ZONA CONTINENTAL

ESTRATOS :

- I PTO. VARAS
- II ÑADI ALERCE
- III QUILLAIBE
- IV CAMINO PARGUA
- V CALBUCO

--- Límite del Estudio

— Límite del Estrato



ESCALA 1:500000

MAPA N° 2

PROYECTO

EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LA DECIMA REGION

AREA DE ESTUDIO

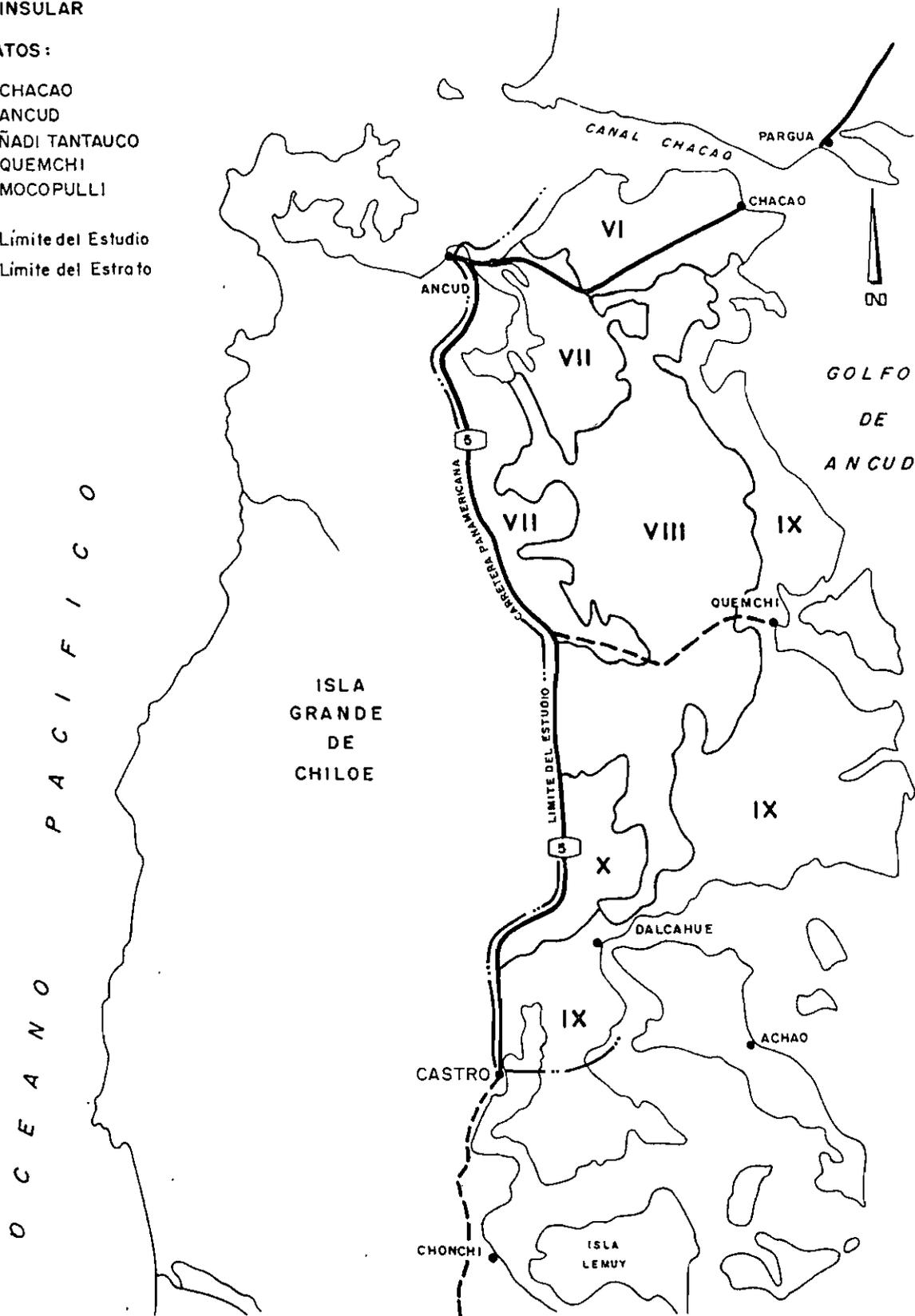
ESTRATIFICACION PRELIMINAR

2. ZONA INSULAR

ESTRATOS :

- VI CHACAO
- VII ANCUD
- VIII ÑADI TANTAUCO
- IX QUEMCHI
- X MOCOPULLI

--- Limite del Estudio
— Limite del Estrato



Dado que existen factores de orden económico y físico que limitan la disponibilidad de terrenos aptos para el cultivo de Canelo, hubo que redefinir al interior de la es trata esa extensión física.

Para ello se estratificó toda el área de estudio mediante el uso actual.

2. Uso actual del suelo

Dado que las cartografías de vegetación existentes no abar caban la totalidad del área en estudio, y en el caso de los sectores en que estos estudios existían, se limitaban ex clusivamente a los suelos cubiertos de bosques, fue neces^{ar} io hacer una nueva cartografía que cumpliera con las exi gencias del estudio. Esta cartografía se realizó bajo el tema "Uso Actual de la Tierra".

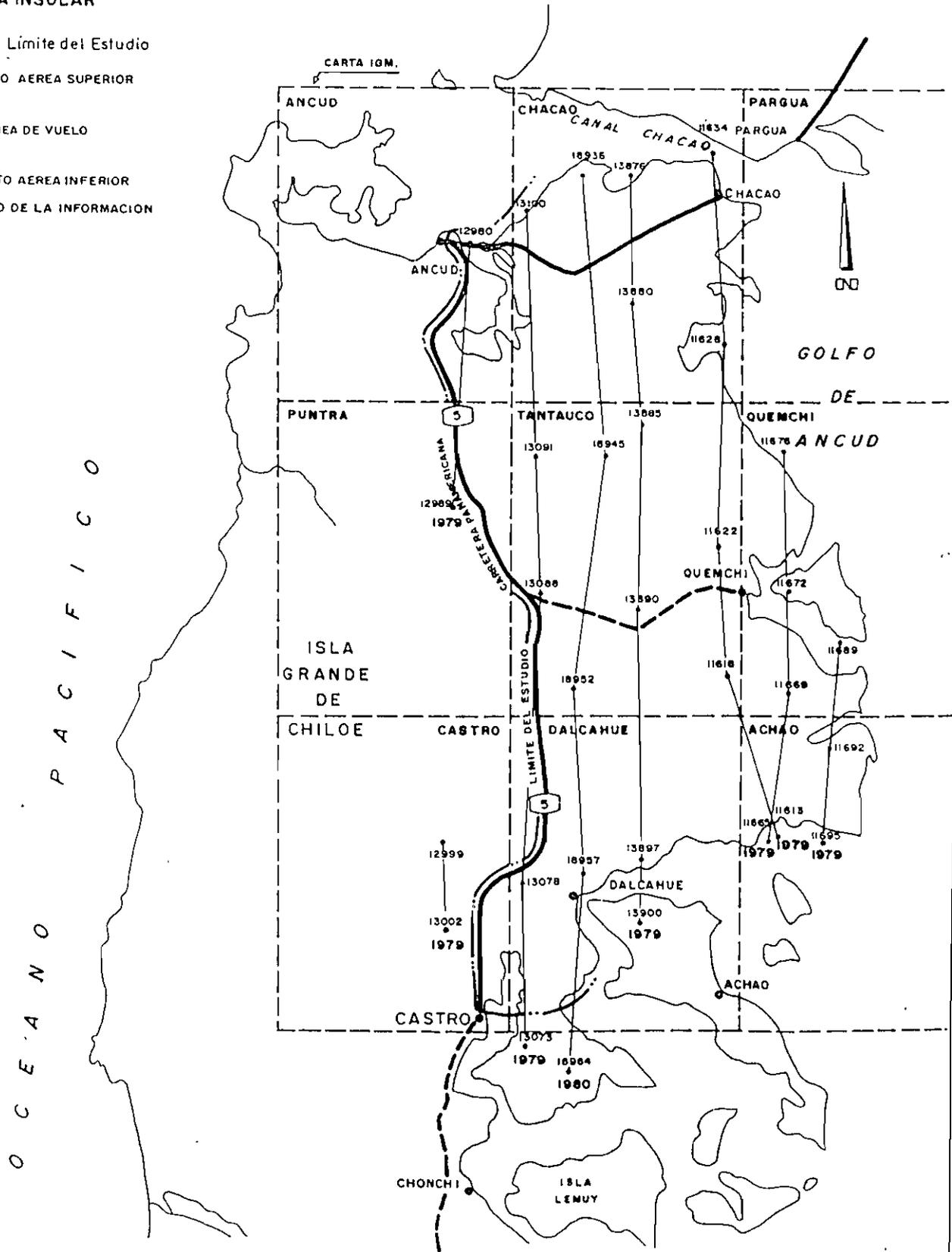
La cartografía usó como base topográfica las cartas 1:50.000 del I.G.M. y se materializó mediante fotointerpretación de las fotografías aéreas del vuelo CH-30 (1:30.000) que cu brían enteramente el área en estudio (1979-1981).

En los mapas N° 3 y 4 se muestran las líneas de vuelo, el año de información y las cartas I.G.M. utilizadas en las zo nas continental e insular.

MAPA N° 4
PROYECTO
EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LA DECIMA REGION
AREA DE ESTUDIO
LINEAS DE VUELO, AÑO DE INFORMACION Y CARTAS I.G.M. UTILIZADAS

2. ZONA INSULAR

- Límite del Estudio
- FOTO AEREA SUPERIOR
- LINEA DE VUELO
- FOTO AEREA INFERIOR
- AÑO DE LA INFORMACION



ESCALA 1: 500000

Las categorías de fotointerpretación fueron las siguientes:

- Areas sin interés :

1. Areas urbanizadas
2. Areas de uso agropecuario

- Areas de interés :

3. Areas de uso ganadero extensivo
4. Matorrales diversos
5. Renovales
6. Mezcla de bosque explotado con renoval
7. Bosque explotado
8. Bosque sin explotar (o muy poco)

- Areas marginales :

9. Bosques inundados (río Maullín)
- T. Turberas
- Ñ. Ñadis hiperhúmedos
- M. Sector anegado (ríos Maullín y Pudeto)
- C. Sector de vega
- O. Agua
Playa

De estos sectores se excluyeron las categorías 1 y 2 por tener usos más interesantes y las categorías 9, T, Ñ, C y M, por ser inadecuados para el buen desarrollo del Canelo.

7.
9. 0 →
M.

En las fotos N^o 1 al 4, se muestra en una reducción fotográfica de la fotografía original, un detalle de las categorías utilizadas en el uso actual de la tierra.

Primero se determinó el área efectiva de la fotografía aérea y luego se fotointerpretó con fases sucesivas en esta área, las distintas categorías de uso.

El nivel de detalle de la separación de unidades cartográficas fue aquel en que a la escala final (1:50.000) no fuera demasiado pequeña para conformar una cartografía muy desagregada.

Por ello se constituye especialmente la clase de uso 6, que permite mezclar en una misma unidad cartográfica bosque explotado con renoval.

Alternativamente a las categorías existentes, se permitió la combinación de dos de ellas (Ej. : fotos N^o 2 y 4, clases de uso 4-5).

La foto N^o 1 muestra fundamentalmente un área sin interés (urbano-agrícola, Puerto Varas).

La foto N^o 2 muestra un área de interés con clases netamente forestales (camino a Pargua).

La foto N^o 3 muestra un área de tipo marginal con turberas, vegas, agua, etc (Maullín).

La foto N^o 4 muestra un área marginal típica de ñadi hiperhúmedo (cantera a Pargua cruce Misquihue).

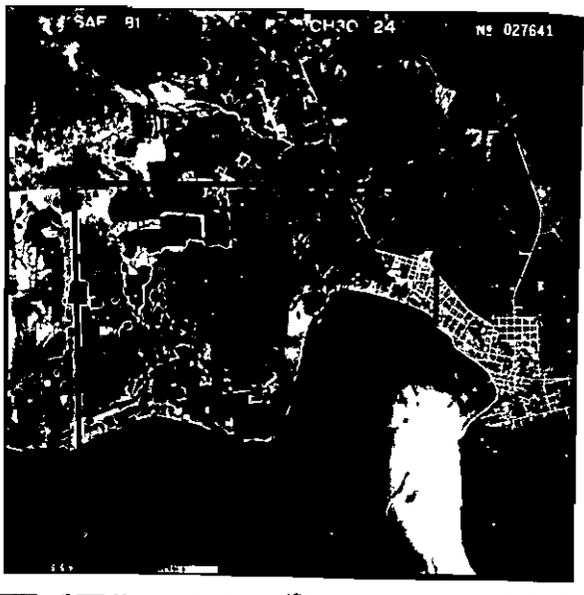


Foto № 1

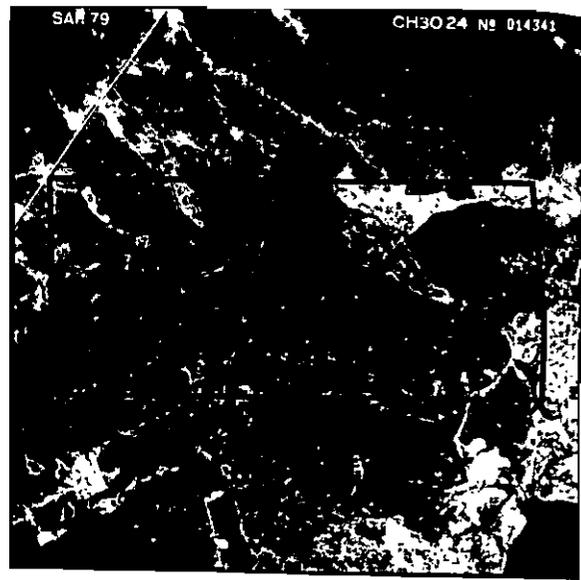


Foto № 2



Foto № 3

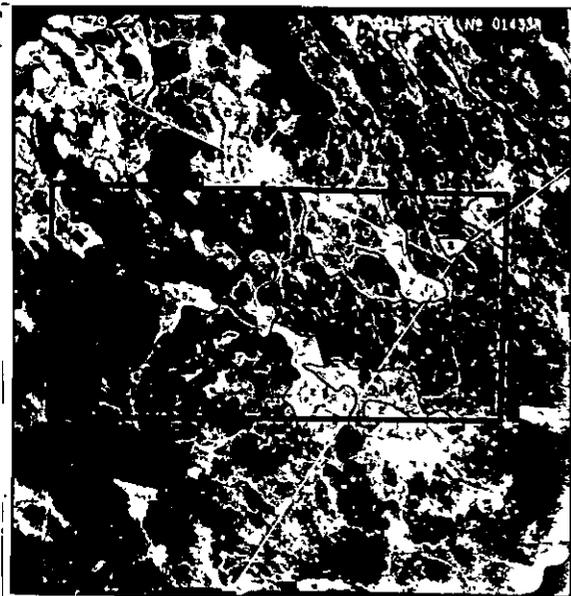


Foto № 4

3. Diseño de muestreo para el estudio de productividad

3.1 Definiciones

Considerando que el estudio intenta estimar la capacidad productiva de Canelo en el área de estudio, es necesario precisar algunos conceptos.

La población hipotéticamente estaría constituida por todos los posibles rodales de Canelo capaces de crecer en el área de estudio durante todo el desarrollo de su ciclo.

Desde el punto de vista económico, interesa que su estructura sea simple, esto es, un rodal coetáneo puro de Canelo.

Técnicamente, una estimación insesgada de los atributos de interés (altura dominante, área basal, volumen y otras) requeriría disponer de la población completa y de ella seleccionar una muestra aleatoria, con alguna distribución de probabilidad.

Es claro que aquí no existe esa población, pues es lo que se desea construir.

El haber colectado una muestra considerando la actual población de rodales de Canelo, habría conducido a sesgar los resultados por varias razones :

- Los factores de expansión se habrían reducido solo a

los actuales rodales de Canelo hoy existentes.

- La representatividad actual de los rodales de Canelo no necesariamente es equivalente a la población potencial que interesa evaluar.
- La estructura de crecimiento actual no es necesariamente representativa de la estructura ideal y está fuertemente condicionada por el grado de alteración antrópica.

Para solucionar este problema, técnicamente se propuso una combinación de técnicas estadísticas simples que intentaran corregir los problemas arriba mencionados.

Para ello se optó por definir como población al conjunto de puntos pertenecientes al área de estudio no marginales (Clases de Uso 3 al 8).

Se subdividió la población en los diez estratos de asociaciones de series de suelo indicados y se calculó la superficie para cada estrato.

Para realizar esta mensura se procedió como sigue :

- Se traspasó la información de asociaciones de series de suelo a las cartas I.G.M. escala 1:50.000.
- Se traspasó la información contenida en las fotografías pancromáticas de uso actual a la carta I.G.M. mediante scketshmaster.
- Se contabilizaron los puntos de cruce entre los paralelos

y meridianos de las coordenadas UTM con una equivalencia de 1 km².

- Se estableció la ponderación efectiva para cada estrato.

3.2 Unidades muestrales

Se estableció como unidad muestral un punto con tres unidades de registro en torno a él.

La población en consecuencia será la superficie efectiva (suma de todos los infinitos puntos pertenecientes al espacio muestral).

Las unidades muestrales se constituyeron con un número i nicial de tres parcelas de muestreo, cada una de ellas re presentando un distinto estado de desarrollo del bosque.

Las condiciones de selección de los rodales eran :

- 1) Pertenecer a la misma unidad ambiental que el punto seleccionado.
- 2) Corresponder a las características del rodal requeridas para representar bien el fenómeno de la productividad.
- 3) Pertenecer a diferentes estados de desarrollo dentro del mismo ambiente.

Las características del rodal requeridas fueron :

- 1) Tener una cobertura del dosel sobre el suelo de al menos el 75%.
- 2) Presentar un 50% de cobertura de canelo, con árboles en su mayoría de un solo tronco y sin ramas de desarrollo exagerado.

Las ideas que básicamente se buscaban eran representar a través del punto de muestreo, el desarrollo de un rodal de canelo con idénticas características ambientales. De esta forma, al ser sorteadas aleatoriamente las unidades experimentales, se obtendrían estimaciones insesgadas de las características de la potencialidad de la especie.

3.3 Tamaño de la muestra

Por condiciones económicas se asignaron inicialmente 53 puntos de muestreo, intentando lograr la mayor eficiencia en el muestreo, al maximizar la obtención de información durante el día de trabajo y minimizando los tiempos de traslado.

3.4 Asignación de la muestra

Se asignó la muestra en proporción directa al tamaño de los estratos.

Dado que algunos estratos obtuvieron menos de tres unidades muestrales, se decidió aumentar a un mínimo de cinco, sin sacrificar el tamaño de las muestras de los estratos de mayor envergadura.

La localización espacial de las unidades de muestreo y estratos se indica en los mapas N^o 5 y 6 a continuación.

MAPA N° 5

PROYECTO

EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LA DECIMA REGION

AREA DE ESTUDIO

DISTRIBUCION DE LA MUESTRA

I. ZONA CONTINENTAL

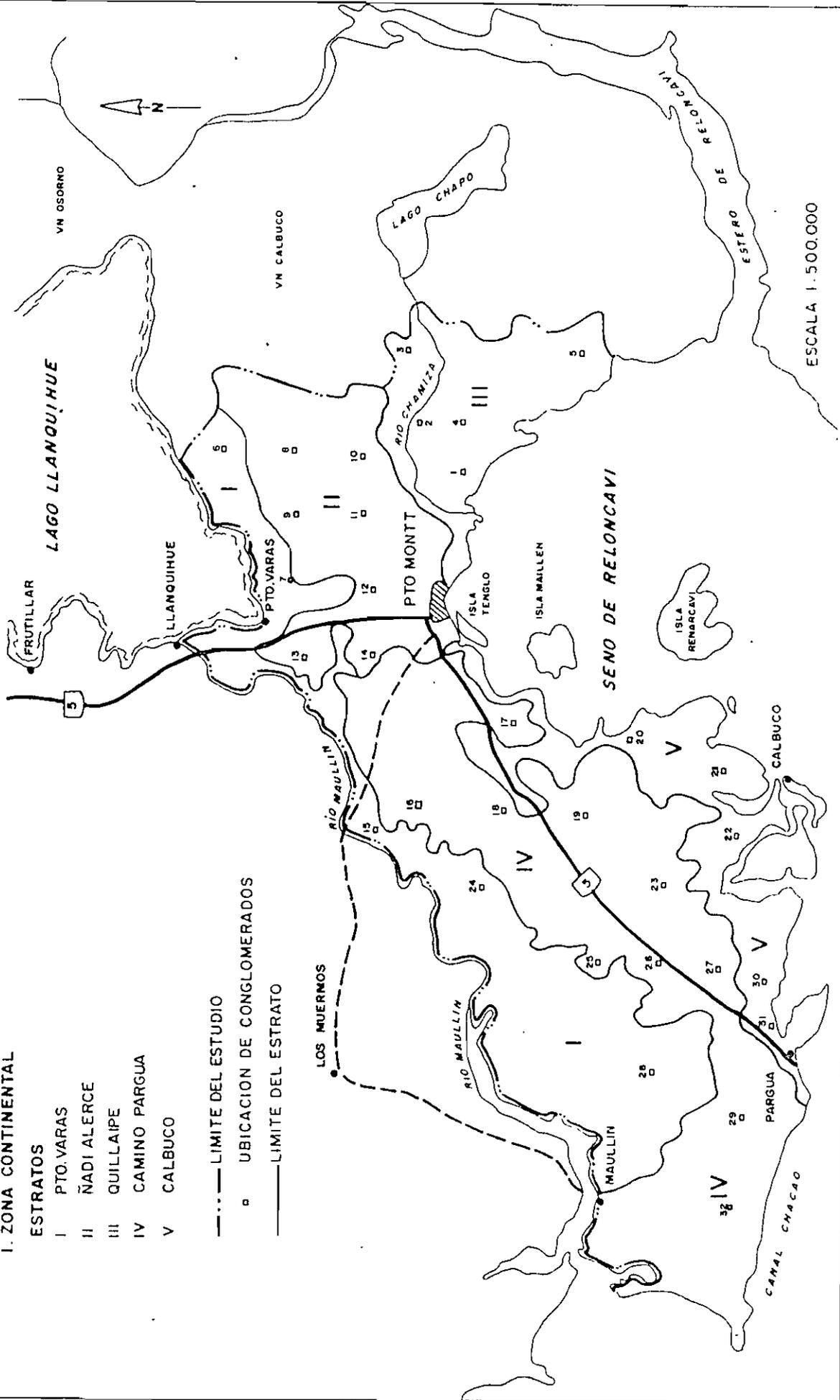
ESTRATOS

- I PTO. VARAS
- II ÑADI ALERCE
- III QUILLAIPE
- IV CAMINO PARGUA
- V CALBUCO

--- LIMITE DEL ESTUDIO

□ UBICACION DE CONGLOMERADOS

— LIMITE DEL ESTRATO



MAPA N°6

PROYECTO

EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LA DECIMA REGION.

AREA DE ESTUDIO

DISTRIBUCION DE LA MUESTRA

2. ZONA INSULAR

ESTRATOS

VI CHACAO

VII ANCUD

VIII ÑADI TANTAUCO

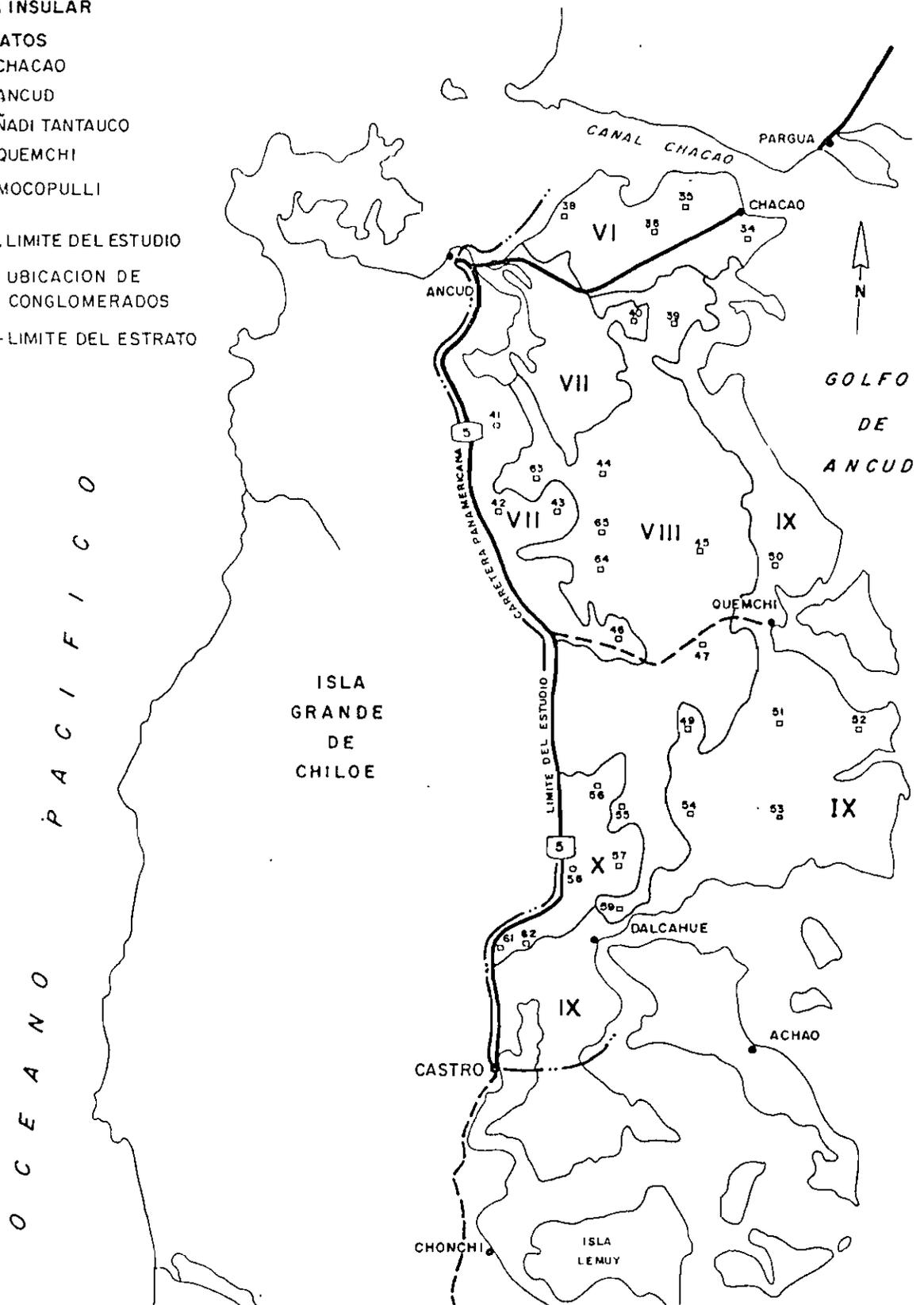
IX QUEMCHI

X MOCOPULLI

--- LIMITE DEL ESTUDIO

□ UBICACION DE CONGLOMERADOS

— LIMITE DEL ESTRATO



ESCALA 1:500.000

3.5 Selección de unidades muestrales

Para cada estrato, conocido el tamaño de su población y de la muestra, se confeccionó una red de retículo cuadrado, la cual se arrojó sobre la carta I.G.M. (población), haciéndolo tantas veces como fuera necesario para conseguir que todos los puntos de muestreo quedasen sobre el área efectiva.

3.6 Selección de las posibles unidades de registro

Cada punto de muestra, se identificó en la fotografía aérea en el área efectiva de fotointerpretación (área de menor distorsión fotográfica).

Se realizó una segunda fotointerpretación dirigida a las clases de uso 5 y 6 que contenían renovales.

Se trabajó en un área próxima a 400 ha, donde se interpretaron todos los posibles renovales cuya textura y colorido correspondiera a la descripción de renovales de Canelo.

Se diferenció por altura y densidad de copas en 3 estados de desarrollo :

- Rodales en competencia (estado inicial).
- Rodales en diferenciación de doseles (estado juvenil).
- Rodales con estructura vertical definida (estado juvenil avanzado - estado adulto).

Se marcó con números 1 al 3, respectivamente.

3.7 Regla de selección

La regla de selección fue para cada estado de desarrollo aquella más próxima al punto de selección que cumpliera con las características del rodal ya señaladas.

Si no correspondía a las características, se descontaba y se seleccionaba la que seguía en cercanía al punto.

3.8 Información colectada

Una vez seleccionado el renoval de Canelo que formaría parte de un conglomerado de unidades de registro, se procedía a ubicar la parcela de 10 x 10 m (1/100 ha) con uno de sus lados en sentido perpendicular a la pendiente; en sitios planos se orientaba hacia el Norte. Para la delimitación de ella se utilizó una brújula marca Suunto, una huincha de distancia de 20 m y una lienza de color vistoso de 50 m.

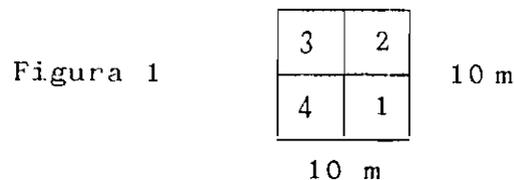
Luego de establecida la parcela, se procedió a coleccionar distinto tipo de información que se vació en 5 formularios diferentes :

- Formulario ambiental (Nº 1) (Ver Anexo Nº 1) : en él se registró la información del conglomerado, parcela, fecha, lugar, ambiente y otros. Para la información

ambiental se utilizó una adaptación del formulario Oikos (Ver Anexo N° 2).

La latitud, longitud, exposición general y pendiente general, se determinaron a través de la carta I.G.M. correspondiente; la altitud se obtuvo por medio de un altímetro Thomen; la exposición local con una brújula Suunto y la pendiente local con un dendrómetro Haga o Blumeleiss. La información local del renoval se obtuvo de personas del lugar.

Para la colección de la información dasométrica y dendrométrica hubo que, inicialmente, numerar los árboles cuyo DAP fuese superior a 5 cm, esta numeración se efectuó por cuadrantes, en el orden especificado en la siguiente figura :



Se tuvo cuidado de numerar primero los canelos y, en segunda vuelta, los individuos de otras especies.

- Formularios de inventario (N° 2) (Ver Anexo 1) : en éste se registraron las características dasométricas de la parcela, especie y DAP de todos los árboles mayores a 5 cm y la altura de uno de cada tres de ellos en forma sistemática.

El DAP fue medido con huincha de diámetro y la altura estimada con dendrómetro.

- Formulario dendrométrico (Nº 3) (Ver Anexo 1) : con el objetivo de obtener información fustal, se procedió a medir en 1 de cada 9 individuos, el diámetro con corteza a diferencias de altura de 1 m a partir de 0,3 m y hasta los 4,3 y luego, cada 2 m hasta el ápice. Las lec turas de diámetros se estimaron con relascopeo de espejos.

- Formulario dendrométrico (Nº 4) (Ver Anexo 1) : con el objetivo de medir diámetros sin corteza, se procedió al volteo de 1 de cada 27 individuos. Una vez vol teados, los árboles se seccionaron cada 2,44 m de longitud. En cada sección se midió el diámetro mayor y menor, ambos con y sin corteza. Tales mediciones se realizaron con huincha de 2 m.

- Formulario Análisis de Tallo (Nº 5) (Ver Anexo 1) : pa ra realizar análisis de tallo y determinar la edad de la parcela se voltearon 3 árboles en cada una de ellas, los que se seleccionaron de la siguiente manera : se inspeccionaron los 5 canelos de mayor DAP en el formulario Nº 2 y se les midió la altura total con dendr omé tro; luego se eliminaban los árboles con alturas extre mas y los 3 individuos centrales se voltearon.

Una vez volteados, se les medía la altura total (esta vez con huincha) y se contaban los anillos de creci -

miento en el tocón, de manera de obtener la edad aproximada del individuo. Con estos datos (altura y edad) se leía en una familia de curvas guías (ver Anexo N° 3), las que indicaban las diferentes alturas de corte de las rodela.

Después de extraída la rodela, se identificaba con un código de 4 campos : número del conglomerado, parcela, árbol y número de la rodela. Finalmente, se medían los diámetros mayor y menor a cada rodela con corteza, y se anotaban en el formulario junto a la altura de corte.

Las curvas guías de trozado se construyeron con la información obtenida de la tesis de Gunkel, aplicando una familia de curvas proporcionales.

El objetivo de trozar así fue que entre cada corte sucesivo, se obtuviera información a intervalos constantes cada 5 años.

Una vez realizadas todas las mediciones en la parcela, se procedía a ubicarlas con exactitud en la fotografía aérea correspondiente.

Estas rodela fueron embolsadas herméticamente para mantener la humedad y así no alterar las dimensiones para medir en oficina los crecimientos periódicos cada 5 años, desde el cambium hacia la médula y los restos (dififerencia entre el radio total y los múltiplos de 5 a - ños).

4. Diseño de muestreo para el diagnóstico de la regeneración

Considerando como objetivos específicos del diagnóstico de la regeneración de Canelo, el describir el estado de desarrollo en los bosques naturales y los cambios producidos, debido a las distintas formas de intervención, el inferir de las situaciones naturales y alteradas, la capacidad reproductiva y el establecimiento extensivo de bosques de Canelo y, definir la forma de transformación e integración al manejo de los actuales bosques de Canelo y las superficies para establecer artificialmente esta especie, se consideró una doble estratificación de la población : estratos de asociaciones de series de suelo y uso actual de la tierra.

Se muestreó para todos los estratos, los usos 3 al 7 inclusive, por ser éstas las clases de interés para este estudio.

De esta manera, dentro de cada estrato de asociaciones de series de suelo, se cubrieron todas las categorías de uso actual de la tierra y dentro de cada uno de estos últimos, se trataron de describir la mayor cantidad posible de situaciones vegetacionales, en función del tiempo disponible de traslado de un lugar a otro, accesibilidad, y otros factores limitantes en la etapa de terreno.

4.1 Número, forma, tamaño y localización de las parcelas

Por ser los objetivos de este estudio meramente descrip-

tivos, el muestreo efectuado fue dirigido, ubicándose las muestras en aquellas situaciones de interés de acuerdo a los objetivos establecidos.

Dentro de cada una de las 88 situaciones analizadas, se realizaron 4 subparcelas de regeneración de 1 x 1 m, distanciadas entre sí en 2 m hacia cada lado, ubicadas en los vértices de un cuadrado. Esto, porque varias parcelas pequeñas facilitan el conteo de las plantas y la clasificación por especies, con un error de contabilidad muy bajo y es posible, también la clasificación de la regeneración por calidad.

La subparcela "a" fue la primera en ubicarse en el lugar elegido, y ella determinó las 3 restantes, en los vértices de un cuadrado de 3 m de lado, orientado en la dirección de la pendiente. Luego, para evaluar la regeneración natural de canelo, solo se utilizaron las subparcelas b, c y d, con el objeto de disminuir la magnitud -desconocida- del sesgo existente por efecto de la elección.

Se muestra una figura de la parcela.

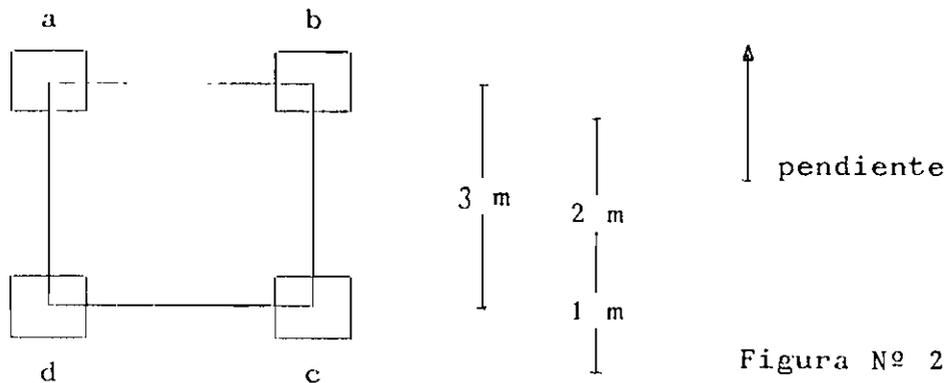


Figura Nº 2

La ubicación de las parcelas se muestra en los mapas adjuntos, Nº 7 y 8.

MAPA N° 7

PROYECTO

EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LA DECIMA REGION

AREA DE ESTUDIO

MAPA DE DISTRIBUCION DE PARCELAS DE REGENERACION

I. ZONA CONTINENTAL

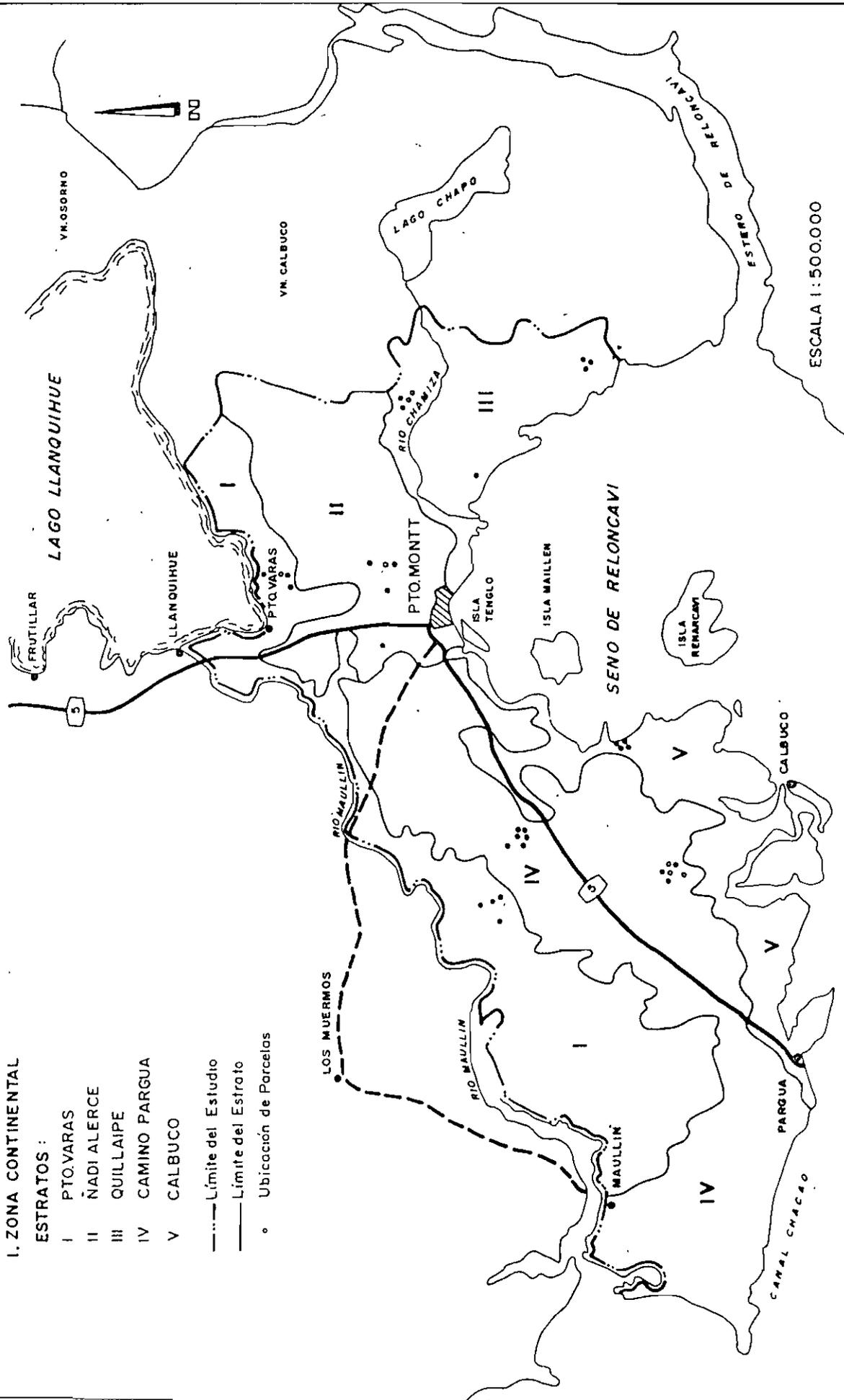
ESTRATOS :

- I PTO. VARAS
- II ÑADI ALERCE
- III QUILLAIBE
- IV CAMINO PARGUA
- V CALBUCO

--- Límite del Estudio

— Límite del Estrato

o Ubicación de Parcelas



ESCALA 1:500.000

MAPA N°8

PROYECTO

EL CANELO : UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LA DECIMA REGION

AREA DE ESTUDIO

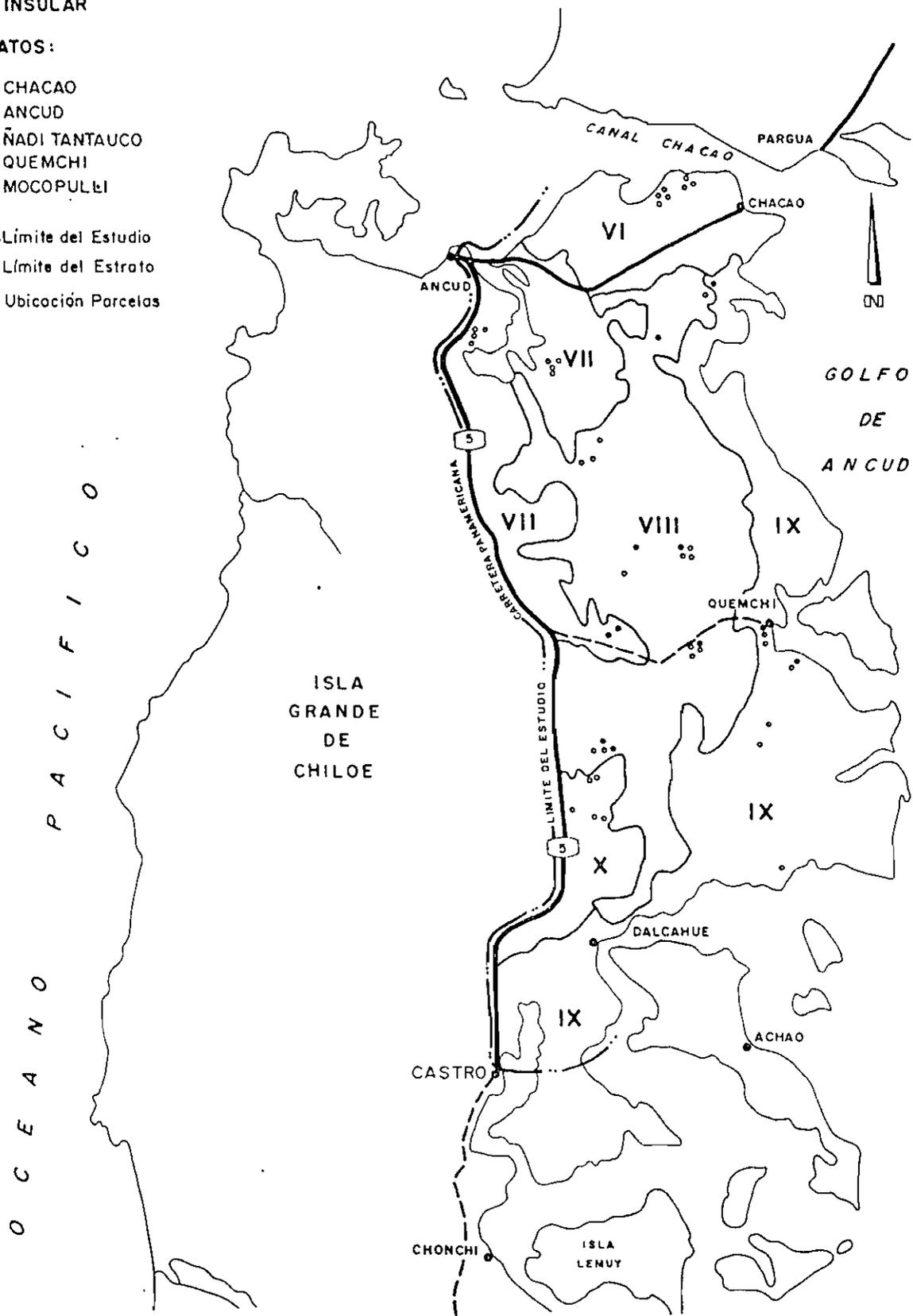
MAPA DE DISTRIBUCION DE PARCELAS DE REGENERACION

2 ZONA INSULAR

ESTRATOS:

- VI CHACAO
- VII ANCUD
- VIII ÑADI TANTAUCO
- IX QUEMCHI
- X MOCOPULEI

- Límite del Estudio
- Límite del Estrato
- o Ubicación Parcelas



ESCALA 1:500000

4.2 Mediciones efectuadas

En cada situación particular se tomó la siguiente información :

4.2.1 VARIABLES AMBIENTALES

Se realizó una caracterización ambiental, mediante una modificación del sistema de codificación de información Oikos, que comprendió los siguientes factores :

- Forma de la pendiente
- Sustrato
- Geomorfología
- Situación topográfica
- Drenaje
- Exposición

La codificación empleada se encuentra en el Anexo 2.

También se incluyeron :

- Latitud (km) (Coordenadas UTM)
- Longitud (km) (Coordenadas UTM)
- Pendiente (%)
- Altitud (msnm)

4.2.2 Variables vegetacionales

- Estructura

Se describió usando una adaptación del método fitosociológico o de Montpellier.

La vegetación se clasificó en los estratos principales arbóreo, arbustivo y herbáceo, subdividiendo los mismos de la siguiente forma :

1. Hierbas
2. Cañas
3. 0 - 0,5 m de altura
4. 0,5 - 1 m de altura
5. 1 - 4 m de altura
6. 4 - 8 m de altura
7. 8 - 16 m de altura
8. Mayor a 16 m de altura

Esta estratificación tiene gran importancia, ya que representa los procesos de adaptación y selección ocurridos, en los cuales la luz tiene un papel preponderante.

En cada uno de estos sustratos se tomó información con respecto a especies dominantes y cobertura. Para obtener esta última, se consideró al conjunto de individuos como proyectados sobre el suelo, estimándose por medio de porcentajes o fracciones de superficie cubierta, visualmente, método que da aproximaciones satisfactorias en pequeñas superficies (de hasta 10 m²). Se evaluó en base a la siguiente escala :

CUADRO Nº 1 : Categorías de recubrimiento

Cobertura	Densidad
0 - 5%	Muy escasa
5 - 25%	Muy clara
25 - 50%	Clara
50 - 75%	Poco densa
Mayor que 75%	Densa

También se consideró el porcentaje de cobertura total de suelo desnudo y de hojarasca allí presente, mediante una estimación visual; distanciamiento medio de la vegetación dominante, como una medida de su densidad; DAP medio; origen de la vegetación en términos generales (reproducción sexual y/o vegetativa); altura media dominante.

Se colectó información especial sobre el canelo con respecto a la estrata que ocupaba, su grado de dominancia y otras observaciones que pudieron ser de interés.

Para una descripción más completa del área, se efectuaron observaciones vegetacionales y silvícolas; estas últimas incluían las posibilidades de surgimiento de la regeneración de canelo en esa situación, y el estado sucesional del bosque, cuando éste pudo apreciarse. Además, se reco pilaron antecedentes sobre el origen histórico de cada si tuación, solicitándolos a los habitantes del lugar, cuando los había.

4.2.3 Variables de la regeneración

En cada subparcela se contabilizó el número de plántulas/especie y se eligieron 4 plántulas dominantes de canelo, con la condición de que cada una se ubicara en uno de los 4 cuadrantes de la subparcela.



Subparcelas 1, 2, 3 y 4

Figura Nº 3

En las plántulas dominantes de canelo se evaluó : altura, origen, estado sanitario, forma y vigor.

El origen se determinó mediante la observación de las raíces de cada plántula. Se clasificó de acuerdo a :

Vegetativa : Raíz
 Tocón

Sexual : Semilla

Vigor, forma y estado sanitario se evaluaron a través de las escalas que se indican a continuación :

- Vigor :
1. Plántulas vigorosas
 2. Vigor regular
 3. Poco vigorosas

Las clases se determinaron a base de color, turgencia de las hojas, relación altura/diámetro, y posición relativa

con respecto al resto.

Las plántulas correspondientes a la clase 1, se caracterizan por poseer hojas de un color verde oscuro intenso, turgentes, y sobresalir en altura respecto al resto de las plántulas, teniendo a la vez un tallo grueso.

Las plántulas correspondientes a la clase 2 de vigor, se caracterizan por poseer hojas de un color verde menos intenso o amarillento, poco turgente, y por sobresalir menos con respecto al resto de las plántulas en lo que a altura y grosor de tallo se refiere.

Las plántulas clasificadas en la clase 3 de vigor, se caracterizan por un color amarillento de sus hojas, la escasa o nula turgencia de ellas, y el escaso desarrollo en grosor del tallo con respecto a la altura.

Forma : 1. Buena
2. Regular
3. Mala

Estas categorías se establecieron en base al grado de verticalidad del tallo y a la presencia o ausencia de bifurcaciones.

Las plántulas clasificadas como de buena forma, se caracterizan por presentar un tallo totalmente vertical, sin bifurcación.

Aquellas de forma regular presentan el tallo con alguna desviación, pero sin bifurcación.

Las plántulas de mala forma presentan el tallo bifurcado,

y en muchos casos, a la vez desviados.

Estado sanitario : 1. Bueno
2. Malo

Esto, en función a la presencia (clase 2) o ausencia (clase 1) de enfermedades y/o daños.

5. Procesamiento de la información

La información colectada sirvió para determinar las variables fundamentales del estudio :

- Clases e índices de sitio de canelo
- Funciones de productividad de canelo
- Calidad, distribución y densidad de la regeneración

5.1 Para el estudio de sitio

Una de las formas mas simples y directas de evaluar la productividad es a través del llamado "índice de sitio", que expresa la altura dominante que alcanza un rodal a la edad clave.

Si bien el índice de sitio es una medida física unidimen-

sional del rodal, expresa en gran medida su capacidad productiva, más aún cuando se evalúan rodales en estado natural.

En plantaciones artificiales, donde participan otros factores tales como la selección genética, distanciamientos iniciales de plantación, manejo y otros, se ha encontrado gran variabilidad de productividad expresada en metros cúbicos, dado un mismo índice de sitio.

5.1.1 Definiciones

Rodal : corresponde en este caso específico a las unidades muestrales (parcelas cuadradas de 10 x 10 m) siendo renovales con las características descritas en el punto 3.6 del Capítulo IV.

Altura dominante : corresponde a la altura total de los 500 individuos de mayor DAP por hectárea.

Se evalúa en la parcela, a través de la altura total promedio de los 3 árboles de altura central entre los 5 de mayor DAP (corresponden a los 500/ha).

Edad del rodal : corresponde a la edad promedio de los individuos que definen la altura dominante.

Edad clave : dado que existen variaciones en la edad de

los rodales, se eligió la edad promedio dado que minimiza tanto las extrapolaciones como las interpolaciones de las estimaciones que se realizan en función de la edad.

5.1.2 Metodología utilizada en la construcción de las funciones de índice de sitio

El objetivo de la construcción de funciones de índice de sitio es permitir la predicción de la altura dominante del rodal a cualquier edad.

Esto requiere disponer de funciones cuya plasticidad se adapte al fenómeno de predicción de alturas dominantes.

Existen básicamente tres métodos para la construcción de funciones predictoras de altura :

1) Parcelas permanentes

Se construyen en base a una muestra histórica de los árboles dominantes.

2) Parcelas temporales

Se utiliza información con parcelas que cronológicamente aportan solo un dato (el de la edad que poseen) y que en conjunto generan la "nube de datos" a partir de la cual se ajustan las funciones predictoras.

3) Análisis de tallo

Se utiliza la misma información de las parcelas temporales, con un análisis cronológico retrospectivo de los árboles dominantes, aportando así una matriz de información altura dominante - edad para cada parcela.

Las ventajas técnicas que aporta el primer método son obvias dado que representa estadísticamente el verdadero fenómeno en cuestión; sin embargo es de alto costo y requiere un largo período para iniciar la construcción de funciones predictoras.

Las ventajas del segundo método descansan en su bajo costo y rapidez para la construcción de las funciones. Sin embargo, requiere la aceptación de una gran cantidad de supuestos en lo que se refiere a las verdaderas tasas de crecimiento implícitas en las funciones a ajustar.

El tercer método constituye un buen balance entre los dos métodos anteriores, ya que es de un costo que dependerá de la cantidad de información que se desee implementar, pero de bastante mayor rapidez que el de parcelas permanentes.

Sus debilidades nacen de dos fuentes :

- 1) Descansa en el supuesto que los árboles dominantes que aportan la información históricamente siempre han permanecido como tales.
- 2) Requiere una cuidadosa cronodendrometría, ya que se debe "interpretar visualmente" la edad al suponer que

un anillo de crecimiento corresponde a un año de edad.

De los tres métodos se descartó el primero por razones de costo y tiempo y se prefirió el tercero, ya que evita suponer conocer la verdadera tendencia de crecimiento.

5.1.3 Cronodendrometría

La información física de los árboles dominantes contenida en rodela embolsada en la campaña de terreno fue mantenida aplicando Pomarsol durante los meses de enero y hasta marzo, fecha en que se transportó a Santiago para su análisis en oficina.

Identificada cada rodela (se embolsaron todas las rodelas de un mismo árbol juntas) se procedió a la lectura de anillos de la siguiente forma :

- Conocido el radio total con corteza medido en terreno y su correspondiente altura de corte sobre el nivel del suelo, se buscó y marcó en el perímetro de la rodela, el punto tangente a la médula equivalente a la distancia igual al radio total con corteza.

El radio total con corteza corresponde a un cuarto de la suma de los diámetros mayor y menor con corteza.

- Se unió ese punto tangente con el centro (médula) marcándolo con una línea recta sobre la rodela.
- Se alisó la superficie sobre la línea con un formón,

lo cual permitió distinguir claramente los anillos de crecimiento*.

- Se marcó una línea cada cinco anillos a partir del cambium hacia el centro.
- Se midió entonces la longitud acumulada entre períodos a partir del cambium.
- Luego se registraron los años y radio del resto (diferencia entre el radio total y el radio del último múltiplo de 5 años).

Debido a que para determinar la edad con corteza del individuo se debería realizar un corte a nivel del suelo, se calculó por extrapolación lineal, sumando a la edad del tocón, la edad equivalente a la diferencia de altura entre el tocón y el suelo.

De esta forma no se realizaron supuestos sobre el valor de k indicado en el Anexo N° 3 y resultó más objetivo.

Con la información así obtenida de cada árbol se procesó la información computacionalmente para determinar la altura total a intervalos de 5 años.

* Esta forma de lectura hubo que hacerla así ya que en terreno el corte radial de la madera no permitía una clara observación a simple vista.

Para calcular la altura total se aplicó la técnica habitual del análisis de tallo, esto es, asumir proporcionalidad en el crecimiento en altura entre lecturas sucesivas.

5.1.4 Determinación de altura dominante versus edad de la parcela

Conocido el desarrollo en altura total de los árboles dominantes hubo que definir las tendencias promedio a nivel del rodal.

Dado que los rodales no son coetáneos y que existen diferencias de edad entre los individuos dominantes, se procedió a calcular la matriz de valores medios de altura y edad con la información aportada por los 3 árboles representantes del dosel dominante y del rodal. Esto se realizó siempre que existiera información de los 3 valores, ya que si la diferencia de edades entre los individuos excedía 5 años históricamente, alguno de ellos desaparecería del cálculo retrospectivamente, y por lo tanto no seguiría representando un número fijo de individuos por hectárea y por ende del dosel dominante.

5.1.5 Formación de familias de igual crecimiento en altura (grupos)

Fundamentalmente se pretende agrupar parcelas de igual forma de crecimiento en altura dominante, definir su desarrollo medio y formar para cada grupo, la familia de cur-

vas a que de origen la dispersión de ese promedio.

Para ello se compararon los valores de altura versus edad de las parcelas siguiendo una determinada jerarquía.

5.1.5.1 Homogenización de edades

Para permitir una correcta comparación de los valores de altura total entre parcelas, hubo que estandarizar la secuencia de edades indicada en el punto 5.1.4 del Capítulo IV.

Para ello se estableció arbitrariamente una secuencia de edades para todos los rodales a partir de los 5 años y cada 3 sucesivamente.

Ello significó para cada individuo dominante establecer la altura total que poseía cuando el rodal tenía en promedio la secuencia 5, 8, 11, ..., etc. años.

Para determinar esos valores se usó el interpolador de Lagrange (Ver Apéndice 1).

5.1.5.2 Forma y jerarquía de las comparaciones

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para cada edad común de las parcelas, considerando la parcela como un tratamiento y los árboles como repeticiones.

Como límite de aceptación se estableció un error $\alpha = 0.1$.

Para aceptar la agrupación de parcelas se estableció como requisito no rechazar la hipótesis nula que docima la igualdad en todas las comparaciones realizadas, es decir a través de toda la secuencia de edades comunes.

Para comparar parcelas de distintas edades, se realizó el ANDEVA solo en el rango común de edades que ellas poseían.

Cada vez que se aceptó la agrupación, todos los individuos pasan a constituir repeticiones del nuevo grupo.

Las comparaciones siguieron estrictamente la jerarquía que a continuación se indica :

- 1) Se comparan parcelas dentro de conglomerados.
- 2) Se comparan grupos dentro del estrato.
- 3) Se comparan grupos entre estratos.
- 4) Se comparan grupos entre zonas (continente e isla).

Después de cada prueba y cuando se realizaba alguna nueva agrupación se volvió a comparar ésta con el resto, antes de seguir la secuencia de comparaciones en la jerarquía a rriba indicada.

El esquema del ANDEVA se muestra en el Apéndice N° 2.

5.1.5.3 Cartografía de grupos

Con el objeto de definir los límites geográficos que sepa

ran los grupos, se analizó la distribución geográfica de las parcelas pertenecientes a un mismo grupo, la similitud macroambiental y la continuidad cartográfica.

En los casos en que algunas parcelas quedaron aisladas geográficamente de su grupo, se reasimilaron al grupo al cual quedaron incluidos, reestructurándose así la composición final de ellos.

5.1.5.4 Formulación y selección de modelos altura-edad

Con el objeto de describir el fenómeno matemáticamente, se seleccionaron de la literatura especializada, los siguientes modelos :

1. $H = A + B \cdot E$
2. $H = A + B \cdot \sqrt{E}$
3. $\ln H = A + B/E$
4. $\ln H = A + B \cdot \ln E$
5. $H = K + A \cdot B^E$
6. $H = 1/(K + A \cdot B^E)$

donde :

H : es la altura dominante (m)

E : en los modelos 1 al 4 es la edad en años; en los modelos 5 y 6 es una serie (0, 1,, n-1)

K,A,B : constantes

Los 4 primeros modelos se ajustaron por mínimos cuadrados y los 2 últimos por series cronológicas.

Para permitir una homogeneidad en la comparación de los datos, se ajustó para cada grupo independientemente el valor promedio de alturas dominantes a la serie de edades (5, 8, 11,, etc).

Se utilizó la siguiente expresión para comparar la bondad del ajuste :

$$S_E = \sqrt{\frac{\sum_i (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - m}}$$

donde :

S_E = Estimador del error del ajuste

Y_i = Es la observación de la altura dominante en el i-ésimo valor de la serie.

\hat{Y}_i = Es el estimador de la altura dominante en el i-ésimo valor de la serie con el modelo.

n = Número de datos de la serie

m = Número de parámetros del modelo

Este estimador en los modelos ajustados por mínimos cuadrados corresponde al error estándar de estimación.

Para los modelos 3 y 4 se debió aplicar el Índice de Fournival para expresar el error estándar en metros, permitiendo

do así su comparación con el resto.

Los ajustes de series cronológicas se indican en el Apéndice Nº 3.

El cálculo del índice de Furnival se indica en el Apéndice Nº 4.

El criterio de selección del modelo fue el de menor error estándar.

5.1.5.5 Cálculo y cartografía de índices y clases de sitio

Con el objeto de homogeneizar la forma de cálculo del índice de sitio se procedió a ajustar el modelo seleccionado para todas las parcelas independientemente.

Luego se calculó la tasa media de crecimiento por grupo. Se realizó nuevamente un ajuste a cada parcela pero utilizando la tasa media del grupo como parámetro en el modelo. Luego para cada parcela se estimó el índice de sitio como la altura estimada a la edad clave.

Esta información de índices de sitio fue clasificada en clases de índices de sitio, como un rango de 3 m de diferencia en altura dominante a la edad clave.

Para la cartografía de clases de índice de sitio se siguió idéntica metodología indicada en el punto 5.1.5.3 del Capítulo IV.

5.1.5.6 Predicción de índices de sitio con variables ambientales

Se analizaron las relaciones numéricas existentes entre el índice de sitio y el conjunto de variables ambientales medidas.

Para ello se cruzó toda la información en análisis gráfico programado en computador, para de esta manera seleccionar aquellas variables que independientemente parecieran establecer una mejor correlación simple con el índice de sitio.

Una vez seleccionadas las variables se calculó en un programa de regresión paso a paso, los estimadores lineales de regresión.

El criterio de aceptación de variables fue la maximización del coeficiente de correlación múltiple.

5.2 Para el estudio de productividad

Entendiendo por productividad el crecimiento anual corriente de volumen maderable por hectárea, es necesario estandarizar la expresión a una edad clave.

Si $P = V/E$, siendo P la productividad expresada en $m^3/ha/año$, V la existencia maderable expresada en m^3/ha y E la edad del rodal expresada en años, es obvio que al tener la muestra diferentes edades, las cifras de pro

ductividad así calculadas no serían comparables.

Esto, básicamente porque como en cualquier fenómeno biológico de crecimiento en condiciones naturales, existe una tasa de crecimiento exponencial en el período de formación, seguida por una tasa de crecimiento constante durante el período juvenil y declinando hacia edades maduras.

Entonces, es necesario fijar una edad estándar para evaluar absoluta y comparativamente las cifras de productividad.

Se entiende por producción, la existencia acumulada a la edad que el rodal tiene.

5.2.1 Definición de volumen por hectárea

Sin duda, la forma más precisa de evaluar la productividad del sitio la constituye la directa medida del producto de seado.

Tratándose en este caso de evaluar el agregado de material leñoso contenido en los fustes, se definió el volumen cúbico bruto sólido sin corteza por hectárea, hasta un índice de utilización de 5 cm para Canelo y hasta 10 cm para el resto de las especies, como la variable indicadora de la producción.

Se definen límites de utilización variable por especies a tendiendo a :

- Que la estructura del renoval se caracteriza por poseer un gran porcentaje de los individuos en clases diamétricas pequeñas y dada la tolerancia de la especie se puede esperar, con manejo adecuado, una redistribución de la misma existencia maderable en menos individuos, todos de un diámetro mayor a 10 cm.

- Que las especies acompañantes ocupan un lugar en la estructura del rodal que en condiciones ideales (de manejo) debería ser ocupada por Canelo. Sin embargo, siendo tan variada su composición, no es adecuado asumir una respuesta análoga a la de Canelo. Por ello se utiliza el diámetro límite de 10 cm y otorga un margen de seguridad a los estimadores de productividad.

5.2.2 Definición de edad clave

Se utilizó la misma definición indicada para el capítulo de índices de sitio, con el objeto de permitir una estandarización en las definiciones.

5.2.3 Definición de índice de productividad

Se definirá como la productividad evaluada a la edad clave.

5.2.4 Cálculo del volumen por hectárea

Con el objeto de estimar la existencia maderable por hectárea en cada parcela, se procedió a construir funciones estimadoras del volumen por árbol en función de algunas variables de estado del árbol y/o rodal.

Con estas funciones se procedió a calcular para cada individuo muestra su volumen cúbico.

De la agregación de los volúmenes de todos los árboles contenidos en la parcela se obtuvo la existencia total para cada unidad de registro.

5.2.4.1 Construcción de funciones estimadoras del volumen para Canelo

Utilizando como fuente de información los árboles muestra obtenidos en los formularios Nº 4 y 5 (árboles volteados) se procedió a calcular para cada uno de ellos el volumen total de la siguiente forma :

- Cálculo de diámetros a distintas alturas en el árbol

Los árboles volteados y trozados a 2,44 m contenían información de diámetros mayores y menores sin corteza, entre otros datos y sus respectivas alturas sobre el nivel del suelo.

Dada la forma elíptica presente en la mayor parte de los

fustes, se prefirió calcular el área de la sección como si fuera una elipse con la fórmula :

$$A = \frac{D_M \times D_m}{40.000} \times \Pi$$

donde :

- A = Es el área de la sección elíptica sin corteza (m²)
- D_M = Es el diámetro mayor de la sección sin corteza (cm)
- D_m = Es el diámetro menor de la sección sin corteza (cm)
- Π = 3,14159

Una vez conocida esta área, se calculó el diámetro equivalente a una sección circular de idéntica área. Su fórmula es :

$$D = (4 \times A / \Pi)^{0.5}$$

donde :

- A = Es el área de la sección sin corteza (m²)
- D = Es el diámetro medio de la sección circular equivalente al área A. Se expresa en metros.

El formulario N° 5 para análisis de tallo, contenía información de radio con corteza (equivalente al radio medio de la sección), y radio acumulado en los crecimientos periódicos mas las diferencias del resto y alturas de corte (Ver Anexo 1).

Se programó computacionalmente el cálculo del diámetro

sin corteza para cada rodela (sección) por diferencia entre el diámetro con corteza y el espesor de corteza. Este último se calculó como la diferencia entre el diámetro con corteza menos el último valor de radio acumulado en los períodos menos el resto del radio.

El diámetro sin corteza es el doble del radio sin corteza.

Para cada uno de los árboles volteados se obtuvo así la información de altura sobre el nivel del suelo (m) y diámetros sin corteza (m), a partir de la base y hasta el ápice en largos variables.

El cálculo de volumen cúbico bruto sin corteza hasta 5 cm se obtuvo sumando el valor de volumen obtenido en todas las trozas en el árbol.

El volumen en cada trozo se obtuvo integrando la ecuación rectilínea que expresa el área en función de la altura, entre dos secciones contiguas, hasta un mínimo de 5 cm de diámetro equivalente.

De esta forma se obtuvo la información de volumen cúbico bruto total sin corteza hasta 5 cm para todos los árboles muestra.

Considerando el distinto nivel de información dendrométrica existente dentro de las parcelas entre árboles, la estimación de volúmenes se realizó en forma diferenciada.

a) Arboles volteados

Se cubicaron como se indica en el punto 5.2.4.1 del Capítulo IV.

b) Arboles con DAP medido y altura total estimada con dendrómetro

Para estos árboles se construyó un modelo predictor del volumen cúbico bruto sin corteza hasta 5 cm, utilizando la información de los árboles volteados indicados en a).

Se ajustó independientemente la información de la zona continental y la insular.

El modelo aplicado tiene la forma :

$$\frac{V}{(DAP/100)^2} = a + bH$$

donde :

V = Es el volumen cúbico bruto sin corteza del árbol hasta un diámetro límite de 5 cm sin corteza (m³)

DAP = Es el diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Es la altura total (m)

Se utilizó esta relación funcional para obligar a la ecuación a pasar por el origen del sistema, considerando que por tratarse de árboles jóvenes resulta peligrosa la construcción con modelos que contengan coeficientes libres.

En cuanto a la relación dimensional de las variables son indudablemente lineales.

Una vez calculados los coeficientes, se aplicó una prueba de hipótesis con el fin de determinar si se trataba de dos funciones diferentes.

El tratamiento estadístico se indica en el Apéndice 5.

Sin embargo, aún cuando se disponía de la estimación de alturas totales para estos árboles, se prefirió corregir los posibles sesgos provocados en su estimación debido a errores instrumentales, de observación o a ambos.

Se utilizó la información dendrométrica de los árboles con estimaciones de altura total con dendrómetro y medidos con huincha de distancia en los árboles volteados correspondientes al mismo árbol.

Esta información se separó por cuadrillas (2 en total) y se procedió a calcular los modelos estimadores de altura real que se indican.

Cuadrilla 1

$$H_{\text{est}} - H_{\text{real}} = b_0 + b_1 \cdot H_{\text{DOM}} + b_2 \cdot H_{\text{EST}} + b_3 \cdot \text{DAP} \\ + b_4 \cdot \text{DIAM}_{\text{MED}}$$

Cuadrilla 2

$$H_{\text{real}} = b_0 + b_1 \cdot H_{\text{DOM}} + b_2 \cdot H_{\text{EST}} + b_3 \cdot \text{DAP} + b_4 \\ \cdot \text{DIAM}_{\text{MED}} + b_5 \cdot N$$

donde :

H est = Es la altura total (m) estimada con dendrómetro (árbol en pie)

H real = Es la altura total (m) medida con huincha de distancia (árbol volteado)

H_{DOM} = Es la altura dominante (m) definida en 5.1.4 del Capítulo IV

DAP = Es el diámetro a la altura del pecho (cm)

DIAM_{MED} = Es el diámetro medio (cm) de los árboles dominantes de Canelo

N = Es el número de árboles totales por hectárea

Se probó la significación de los coeficientes hasta conseguir el mayor coeficiente de correlación múltiple.

Las formas y relaciones funcionales se inspeccionaron empíricamente en computador utilizando un programa graficador.

El modelo se ajustó en una regresión paso a paso.

La información de alturas estimadas fue corregida de acuerdo a las regresiones mencionadas y finalmente se calculó el volumen con las funciones de cubicación ya indicados.

c) Arboles solo con DAP medido

Considerando que 2/3 de la muestra dendrométrica solo disponía de DAP como predictor de volumen se analizaron 3 posibles métodos de estimación :

Método 1

Se ajustó el volumen utilizando los árboles de la parcela que disponían de DAP y altura estimada.

Con ellos se realizó un ajuste local de alturas para cada parcela de la forma :

$$\hat{H} = \text{EXP}(a + b \cdot \text{DAP}^{-0,5})$$

donde :

\hat{H} = Es la altura estimada (m)

DAP = Es el diámetro a la altura del pecho (cm)

a,b = Son coeficientes determinados por mínimos cuadrados.

Con esta altura estimada se calculó el volumen con las funciones de cubicación.

Método 2

Se ajustó una función con todos los árboles volteados para cada zona independientemente (continente e isla), cons

truyendo un estimador de volumen de la forma :

$$\text{Ln } V = a + b \cdot \text{Ln DAP}$$

donde :

V = Es el volumen cúbico bruto sin corteza (m³) hasta un diámetro límite de utilización de 5 cm.

DAP = Es el diámetro a la altura del pecho (cm)

a,b = Coeficientes determinados por mínimos cuadrados

Una vez ajustadas las funciones por zona se procedió a cubicar todos los árboles que solo disponían de DAP.

Método 3

Se ajustó una función por parcela con los árboles volteados construyendo un estimador de volumen de la misma forma que en el método 2.

Luego se estimó para cada parcela independientemente el volumen de los árboles que solo disponían de DAP.

Para comparar los métodos de estimación se analizaron sobre todos los árboles con volúmenes reales conocidos (árboles volteados) los tres métodos en diferentes parcelas.

Se evaluaron los desvíos promedios reales, valor absoluto y el cuadrado medio, adoptándose un solo método general de evaluación.

5.2.4.2 Construcción estimadora de volumen para otras especies

Siendo mínima por definición de unidad muestral, la presencia de árboles de especies distintas de Canelo, no se voltearon árboles con esta característica.

No se hizo además dado que se requería por especie una muestra tan grande que habría encarecido el proyecto ineficientemente.

Por ello, se prefirió utilizar funciones estimadoras de volumen cúbico ya construidas (Corvalán, 1977).

Las otras especies encontradas se asignaron a 5 grupos que se asimilaron a las mencionadas. Estos grupos fueron:

Grupo I : Coigüe, con las especies coigüe, coigüe de Chiloé, coigüe de Magallanes y ñirre.

Grupo II : Tapa, con la especie tapa.

Grupo III : Ulmo, con las especies ulmo y tineo.

Grupo IV : Mirtáceas, con las especies tepú, luma, arrayán, meli, mañío, lumilla, espinillo, fujín que, maqui y chequeihua.

Grupo V : Varias, con las especies radal, avellano, pillo-pillo, pitra, tiaca, sauco y notro.

Esta asignación se realizó fundamentalmente atendiendo a la forma de los árboles.

a) Arboles con DAP medido y altura total estimada con dendrómetro

Se realizó el mismo proceso de cálculo que en los canelos, variando sólo la forma funcional :

Las ecuaciones originales por grupo son las siguientes :

$$\text{Grupo I : } V = (0,0214 + 0,6205 \times (\text{DAP}/100)^2) \times (-7,1755 + 0,9909 \times H)$$

$$\text{Grupo II : } V = (\text{DAP}/100)^2 (1,4360 + 0,3400 \times (-12,0670 + 1,1973 \times H))$$

$$\text{Grupo III : } V = (\text{DAP}/100)^2 (1,7972 + 0,3529 \times (-0,1895 + 0,6633 \times H))$$

$$\text{Grupo IV : } V = 0,0381 + 0,4731 (\text{DAP}/100)^2 \times (-5,0851 + 0,7704 \times H)$$

$$\text{Grupo V : } V = (\text{DAP}/100)^2 \times (4,1675 + 0,1303 \times (-6,3217 + 0,8706 \times H))$$

donde :

V = Es el volumen cúbico neto sólido sin corteza hasta un índice de utilización de 10 cm (m³)

DAP = Es el diámetro a la altura del pecho (cm)

H = Es la altura total (m)

b) Arboles sin altura estimada

Utilizando los árboles indicados en a), se realizó una regresión considerando los volúmenes estimados como varia - ble dependiente y variables de estado del árbol y del rodal como variables independientes.

Indudablemente estas regresiones serán mucho menos preci-

sas que las anteriores.

Los modelos seleccionados fueron :

$$\text{Grupo I} : \frac{V}{(\text{DAP}/100)^2} = a + b \times H_{\text{DOM}}$$

$$\text{Grupos II, III, IV y V} : \text{Ln } V = a + b \text{ Ln DAP}$$

donde :

V = Es el volumen cúbico neto sólido sin corteza hasta 10 m (m³).

DAP = Es el diámetro a la altura del pecho (cm)

H_{DOM} = Es la altura dominante del rodal (m)

a,b = Son coeficientes determinados por mínimos cuadrados.

5.2.5 Funciones de rendimiento

Conocidos los estimadores de volumen a nivel de árboles, el volumen total sin corteza se obtuvo agregando los valores individuales contenidos en la parcela y expandiéndolos a la expresión (m³/ha).

Con los datos volumen total sin corteza por hectárea, edad, índice de sitio y clase de sitio, se procedió a la construcción de funciones de rendimiento, para obtener a-

sí los indicadores de productividad.

La información así organizada fue separada por clases de sitio y se analizó su diagrama de dispersión (volumen vs edad) encontrándose una gran estratificación entre clases de sitio.

Por lo anterior se prefirió la construcción de una función de rendimiento independiente para cada clase de sitio.

5.2.5.1 Selección de modelos

Considerando la restricción que no se disponía de información histórica de las parcelas para la construcción de funciones de rendimiento sino sólo temporales, se cauteló que los posibles modelos predictores representaran estrictamente el fenómeno de crecimiento.

Por ello se seleccionaron 2 modelos reportados profusamente en la literatura especializada.

Modelo 1 (Schumacher) :

$$\ln V = a + b/E$$

Modelo 2 (Chapman-Richards)

$$V = A(1 - b \cdot e^{-k \cdot E})^{\frac{1}{1-m}}$$

donde :

V = Es el volumen cúbico total por hectárea a la edad E

a,b,k,m y A = Parámetros

e = 2,71828

La selección se realizó analizando las bondades teóricas relativas de uno y otro modelo en relación a su flexibilidad para adaptarse a la información disponible, y contener analíticamente los puntos críticos de un modelo de crecimiento : una asíntota, una tasa de crecimiento variable según períodos, y un punto de partida para el volumen no necesariamente en el origen.

Analizados los factores arriba indicados se optó por el modelo de Chapman-Richards, cuyos parámetros representan las siguientes características :

A = Es una constante que define la asíntota o el máximo volumen posible de alcanzar.

b = Es una constante donde se cumple la relación :

$$E = \frac{\text{Ln } b}{k}$$

esto es E es la edad a la cual V = 0

k = Es una constante conocida como "tasa constante de crecimiento", la cual determina la amplitud de la curva sobre el eje del tiempo.

m = Es una constante que define la máxima tasa de crecimiento; se cumple que :

$$V_{\text{máx}} = A \cdot m^{\left(\frac{1}{1-m}\right)}$$

Esto es $V_{\text{máx}}$ es el volumen del rodal cuando crece a la máxima tasa de crecimiento.

De este modelo es posible obtener analíticamente el de crecimiento, derivando el modelo respecto a la edad :

$$\frac{\delta V}{\delta E} = \frac{k \cdot A^{(1-m)} \cdot V^m}{1 - m} - \frac{k \cdot V}{1 - m}$$

Aún cuando se trata de una diferenciación infinitesimal en el tiempo, representa el crecimiento instantáneo del volumen.

Suponiendo que este crecimiento se aproxima a una diferenciación finita ($\Delta E = 1$), ésta representa entonces el crecimiento anual corriente.

Si se observa la ecuación que expresa la derivada del volumen respecto a la edad se observará que la tasa de crecimiento es independiente del tiempo y sólo dependerá del volumen.

Este hecho permite entonces generar una función recurrente en el tiempo, en el que se requiere una edad y volumen inicial y luego por agregaciones sucesivas de crecimientos anuales corrientes, se genera una sucesión de valores que representan el volumen acumulado en el período de evaluación.

Para evitar el problema de expresar toda la gama de varia
bilidad de volumen, dada una misma edad en la misma cla
se de sitio, se expresa el crecimiento anual corriente co
mo una expresión porcentual, dividiendo la ecuación de la
derivada del volumen con respecto a la edad por la ecu
ación de volumen, resultando :

$$\Delta V_E \% = \frac{k \cdot A^{(1-m)} \cdot V^{(m-1)}}{1 - m} - \frac{k}{1-m}$$

donde :

$\Delta V_E \% =$ Es el crecimiento anual corriente expresado en
porcentaje.

Esta última expresión se puede resumir en el siguiente mo
delo geométrico :

$$V_E \% = b_1 \cdot V^{b_2} + b_0$$

donde :

$$b_0 = \frac{-k}{1-m}$$

$$b_1 = \frac{k \cdot A^{(1-m)}}{1 - m}$$

$$b_2 = (m - 1)$$

y la función recurrente será :

$$V(E + 1) = VE \cdot (1 + b_0 + b_1 \cdot E^{b_2})$$

5.2.5.2 Estimación de parámetros de la función de rendimiento de Chapman-Richards

Dado que la función de Chapman-Richards no tiene una expresión lineal para la estimación de sus parámetros, se estimaron a partir de un paquete de programas estadísticos (S.A.S., Statistical Analysis System) que contiene estimadores para regresiones no lineales.

En lo fundamental, el programa requiere estimadores iniciales de los parámetros que utiliza como punto de partida para el cálculo de errores residuales de estimación y que luego por iteraciones sensibiliza hasta conseguir su minimización.

Es fundamental para la convergencia entonces disponer de valores iniciales relativamente cercanos a los finales.

Para ello se realizó un ajuste a mano alzada sobre el diagrama de dispersión de puntos para las parcelas pertenecientes a la misma clase de sitio.

De ellos se dedujo directamente un estimador de la asíntota A.

Del análisis de tallo se calculó la edad promedio a la cual los árboles empezaban a aportar volumen con diámetro límite superior a 5 cm.

Ese valor es el estimador directo de la relación $\ln b/k$.

Luego se inspeccionó el valor de m al determinar sobre

la curva el volumen al cual se llega a una mayor tasa de crecimiento ($V_{\text{máx}}$).

Se calculó su valor por iteraciones usando la transformación :

$$\text{Ln} \left(\frac{V_{\text{máx}}}{A} \right) = \frac{1}{1-m} \times \text{Ln } m$$

donde el lado izquierdo de la ecuación resulta conocido.

La expresión $\frac{\text{Ln} \left(\frac{1}{1-m} \right)}{k}$ indica la edad, con lo cual se obtiene la máxima tasa de crecimiento.

Dividiendo esa expresión por $\frac{\text{Ln } b}{k}$ (valor conocido) se elimina k y se determina b por iteraciones.

Finalmente se despeja k de la expresión $E = \text{Ln } b/k$

Adicionalmente el programa requiere especificar las derivadas parciales de la función respecto a todos los parámetros.

Con estos antecedentes se carga el programa de entrada al programa de ajuste no lineal.

Se obtiene al final del proceso estimadores de los parámetros cuando se consigue una expresión de error residual no reducible en el proceso iterativo.

El sistema de ecuaciones diferenciales es el siguiente :

$$\frac{\delta V}{\delta A} = (1 - be^{-kE})^{\left(\frac{1}{1-m}\right)}$$

$$\begin{aligned} \frac{\delta V}{\delta k} &= \frac{A}{1-m} (1 - be^{-kE})^{\frac{m}{1-m}} \times b \cdot E \cdot e^{-kE} \\ &= \frac{A \cdot b \cdot E \cdot e^{-kE}}{1 - m} (1 - b \cdot e^{-kE})^{\left(\frac{m}{1-m}\right)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\delta V}{\delta m} &= A(1 - be^{-kE})^{\left(\frac{1}{1-m}\right)} \times \text{Ln} (1 - be^{-kE}) \times \frac{1}{(1-m)^2} \\ &= \frac{A \cdot \text{Ln}(1 - be^{-kE})}{(1 - m)^2} (1 - be^{-kE})^{\frac{1}{1-m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\delta V}{\delta b} &= \frac{A}{1 - m} (1 - be^{-kE})^{\frac{m}{1-m}} \times (-) e^{-kE} \\ &= (-) \frac{A e^{-kE}}{m - 1} (1 - be^{-kE})^{\left(\frac{m}{1-m}\right)} \end{aligned}$$

5.2.5.3 Construcción de familia de curvas

Con el método indicado se calculó para cada clase de sitio la curva guía.

Considerando que se utilizaron parcelas temporales para la construcción de las funciones y por lo tanto se supone to da la información perteneciente a la misma población y da

do que no existe suficiente información histórica ni evidencias para otro argumento, se supone una familia de curvas proporcionales.

5.2.5.4 Estimación de índices de productividad

Conocidas las funciones de rendimiento, se procedió a calcular para cada parcela el índice de productividad dividiendo el volumen estimado a la edad clave por la edad clave.

El volumen se estimó con la función recursiva indicada en 5.2.5.1 del Capítulo IV, a la edad clave.

5.2.5.5 Método alternativo para la estimación de las funciones de rendimiento

Al no disponer de información histórica del volumen total por hectárea para validar las funciones de rendimiento, se consideró necesario construir un método de estimación alternativo con cuyos resultados se pudiera contrastar la estimación de las funciones de Chapman-Richards.

Considerando que para todas las parcelas existía información histórica del volumen de los árboles dominantes, en todas aquellas con edades superiores o iguales a la edad clave, se pudo establecer el volumen de los árboles dominantes por hectárea a esa edad.

Para las parcelas con edades menores a la edad clave, se estimó su índice de productividad alternativo, construyendo un estimador directo del volumen dominante en función de la edad para cada clase de sitio.

Para las parcelas con edades mayores o iguales a la edad clave se ajustó el modelo :

$$VOL_{TOT} = a + b VOL_{DOM} + c VOL_{DOM}^2$$

donde :

VOL_{TOT} = Es el volumen cúbico total sin corteza por hectárea.

VOL_{DOM} = Es el volumen cúbico de los árboles dominantes por hectárea.

a,b,c = Constantes determinadas por mínimos cuadrados.

Una vez determinados los coeficientes, se calculó a la edad clave el volumen cúbico total sin corteza por hectárea, para cada parcela, ajustando los valores con la siguiente proporcionalidad :

$$\frac{VOL_{TOT} \text{ actual real}}{VOL_{TOT} \text{ actual estimado}}$$

Entonces :

$$VOL_{TOT}_{Eclave} = \hat{VOL}_{TOT}_{Eclave} \times \frac{VOL_{TOT} \text{ actual real}}{VOL_{TOT} \text{ actual estimado}}$$

donde :

$VOLTOT_{Eclave}$ = Es el volumen total estimado a la edad clave.

$VOLTOT_{Eclave}$ = Es el volumen total estimado por el modelo a la edad clave, considerando el volumen dominante a esa edad determinada a través del análisis de tallo.

VOLTOT actual real = Es el volumen por hectárea a la edad actual.

VOLTOT actual estimado = Es el volumen por hectárea a la edad actual estimada por el modelo considerando el volumen dominante actual.

Para las parcelas con edades menores a la edad clave se ajustó para cada clase de sitio, el siguiente modelo :

$$\ln VOLDOM = a + b \ln E$$

donde :

VOLDOM = Es el volumen cubicado dominante sin corteza (m^3).

E = Es la edad de la parcela.

a, b = Parámetros estimados por mínimos cuadrados.

Conocidos los parámetros, se determinó para cada parcela el VOLDOM a la edad clave.

Estos estimadores se corrigieron con la siguiente proporción :

$$\frac{\text{VOLDOM actual real}}{\text{VOLDOM actual estimado}}$$

quedando la estimación del VOLDOM final como :

$$\text{VOLDOM}_{\text{Eclave}} = \hat{\text{VOLDOM}}_{\text{Eclave}} \times \frac{\text{VOLDOM actual real}}{\text{VOLDOM actual estimado}}$$

donde :

$\text{VOLDOM}_{\text{Eclave}}$ = Es el volumen dominante estimado a la edad clave.

$\hat{\text{VOLDOM}}_{\text{Eclave}}$ = Es el volumen dominante estimado por el modelo considerando E como Eclave.

VOLDOM actual real = Es el volumen dominante a la edad actual.

VOLDOM actual estimado = Es el volumen dominante estimado por el modelo a la edad actual.

Con estos valores de $\text{VOLDOM}_{\text{Eclave}}$, se determinó el VOLTOT con el modelo inicialmente indicado.

Estos dos estimadores fueron analizados en un diagrama de

dispersión de puntos, encontrándose una precisa relación rectilínea para los dos estimadores.

Si bien ello no permite validar las funciones de rendimiento, al menos asegura que si dos métodos de estimación sustentados en lógicas muy distintas y ambas satisfactorias, conllevan a un mismo resultado, la probabilidad de error baja ostensiblemente para las estimaciones.

5.2.5.6 Cartografía de índices de productividad

Al existir una clara estratificación de las funciones de rendimiento de acuerdo a la clase de sitio, es análogo indicar una estrecha correlación entre ellas, con lo cual no se justifica una cartografía independiente para productividad volumétrica. Si bien es cierto, ella se puede construir, su traslapo con la de clases de sitio sería tan alta que diferiría sólo en los límites, dependiendo del número de clases de productividad deseado.

Otra razón importante es que el método de construcción de curvas de índice de sitio empleado, al tener una sólida base cronodendrométrica, resulta más confiable que el de rendimiento que utiliza solo información temporal. Por ello se reitera el argumento inicialmente indicado.

6. Estimación de parámetros poblacionales para el estudio de productividad

Todas las estimaciones, si bien fueron construidas a partir de las mediciones realizadas en las unidades de registro, corresponden a un diseño de muestra estratificada con asignación proporcional al tamaño y con distribución de unidades muestrales sistemática con partida al azar.

Por ello todos los estimadores poblacionales a nivel de estrato tendrán la forma :

- Promedio de la variable x en el estrato j

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \frac{\sum_{k=1}^{m_i} x_k}{m_i}}{n_j}$$

- Varianza de la variable x en el estrato j

$$S_{xj}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{\sum_{k=1}^{m_i} x_k}{m_i} - \bar{X}_j \right)^2}{n_j - 1}$$

donde : k es el número de la unidad de registro del conglomerado $k=1 \dots m_i$; n_j es el número de unidades muestrales en el estrato j $i=1 \dots n_j$

- Varianza de la media de la variable x en el estrato j

$$S_{\bar{x}j}^2 = \frac{S_{xj}^2}{n_j}$$

- Límite de confiabilidad de la media de la variable x en el estrato j

$$\bar{X}_j - t(S_{xj}^2)^{0,5} \leq \mu_j \leq \bar{X}_j + t(S_{xj}^2)^{0,5}$$

donde t es el estadígrafo de confiabilidad.

Para el total poblacional, serán de la forma :

- Promedio de la variable x en la población

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^{10} N_j \cdot \bar{X}_j}{N}$$

donde N_j es la superficie del estrato j ; $N = \sum_{j=1}^{10} N_j$

- Varianza de la media de la variable x en la población

$$S_x^2 = \sum_{j=1}^{10} \frac{N_j}{N^2} \times S_{xj}^2$$

7. Diagnóstico de la regeneración natural

7.1 Determinación de las condiciones óptimas de la regeneración

Para este efecto, se consideraron 3 variables :

- a. Calidad : en primer lugar se clasificaron las 4 plán

tulas dominantes de canelo registradas en buenas, regulares o malas, de acuerdo a consideraciones de sanidad, forma y vigor, según una pauta construida con posterioridad a una evaluación de los antecedentes bibliográficos disponibles, y de consultas directas a especialistas en los temas relacionados (patología, entomología, fisiología). Esta pauta se muestra a continuación.

	<u>Sanidad</u>	<u>Forma</u>	<u>Vigor</u>
Plántulas buenas	1	1	1
	1	1	2
	1	2	1
	2	1	1*
Plántulas regulares	1	2	2
	2	1	2
	2	2	1
	2	2	2
Plántulas malas	1	1	3
	1	2	3
	1	3	1
	1	3	2
	1	3	3
	2	1	1**
	2	1	3
	2	2	3
	2	3	1
	2	3	2
	2	3	3
	3	3	3

* : Si la sanidad considera un ataque del hongo Asterinella drimydis (Lev.) Speg.

** : Si la sanidad considera un ataque distinto al recién mencionado.

NOTA : La presencia de Asterinella drimydis (Lev) Speg, causa manchas negras en las hojas. Este hongo no causa problemas a la especie y podría considerarse como parte normal de su hábito.

b. Distribución : Esta variable se controló a través de 2 factores :

- Distribución en las subparcelas.
- Distribución dentro de cada subparcela, ya que se consideraron 4 plántulas dominantes, con la condición de que cada una estuviera en uno de los 4 cuadrantes de la subparcela.

De este modo, al obtener una determinada densidad de plántulas buenas, esta medida ya tenía incorporada una condición de distribución uniforme en superficie, porque las plántulas fueron contabilizadas con esa restricción.

c. Densidad : Al expandir a la hectárea, el número de plantas buenas en cada situación de estrato de asociación de series de suelo y uso actual de la tierra, se obtuvo el mínimo de plántulas de interés para un determinado objetivo de manejo, expresado en cantidad de plantas/ha de buena calidad.

A la vez, en cada una de dichas situaciones se tiene el número de plántulas reales, dado por el valor expandido a la hectárea de la suma de plántulas de todas las especies allí presentes. Este rango obtenido permite evaluar diversas alternativas silviculturales (clareos, replantes), de acuerdo a las densidades iniciales implicadas en diferentes objetivos de manejo.

Diferentes densidades iniciales pueden considerarse

como óptimas en función a diferentes objetivos de manejo. De este modo, se evaluaron los rangos de 2.500, 5.000, 7.500, 10.000, 15.000, 20.000, 30.000 y 40.000 plántulas/ha. Estos niveles de densidad de la regeneración determinan qué situaciones de asociación de series de suelo y uso actual de la tierra (y su equivalencia en hectárea en el área de estudio) son apropiadas para desarrollar distintos objetivos de manejo, de acuerdo a diferentes criterios de utilización del recurso forestal.

La regeneración óptima será aquella que presenta condiciones de buena calidad, buena distribución y buena densidad.

7.2 Análisis vegetacional

- Relación regeneración natural del canelo - composición de la vegetación

Para analizar la relación o el efecto de la composición de la vegetación en la regeneración natural del canelo, se desarrolló el método conocido como de la Escuela de Braun-Blanquet. Con él, se obtuvieron grupos de parcelas similares en cuanto a la presencia de especies, y posteriormente se efectuó un análisis estadístico para determinar la significancia de estos grupos en la cantidad y calidad de la regeneración del canelo.

A continuación se explica el procedimiento en forma detallada.

Gounot indica que los fitosociólogos trabajan generalmente con tablas de 2 dimensiones, representando un conjunto de entidades ecológicas a través de medidas cuantitativas o cualitativas. Al respecto, el análisis más conocido es el de la Escuela de J. Braun-Blanquet, con una lista de parcelas como columnas, y una lista de especies u otras entidades como filas.

La tabla fitosociológica constituye una matriz primaria, desde la cual se puede abstraer el modelo de variación de algún fenómeno natural. De acuerdo a lo anterior, se construyó una matriz presencia de especies, donde cada elemento de la matriz identifica, en términos binarios, la presencia o ausencia de una especie en una muestra determinada.

La laboriosa comparación visual entre las numerosas listas que representan a diversas comunidades o muestras, ha inducido a la utilización de índices numéricos que permiten obtener una medida objetiva de la similaridad relativa entre pares de muestras. Considerando todos los pares posibles, se construyen las matrices secundarias, donde sus elementos son coeficientes o índices numéricos.

Por esto, se transformó la información de la matriz primaria en una matriz secundaria, llamada matriz de contingencia, donde sus elementos son índices de afinidad o similitud entre dos muestras.

Para el análisis se utilizó un coeficiente de similitud, el que, -según Gounot-, tiene por objetivo caracterizar objetiva y cuantitativamente el grado de parecido entre 2 parcelas, mediante un solo número. Existen varios de es-

tos coeficientes.

Se utilizó el de Sorensen, de la forma :

$$P = \frac{2c}{a + b} \times 100$$

en que :

- P = Coeficiente de similitud
- a = Número de especies en la parcela A
- b = Número de especies en la parcela B
- c = Número de especies comunes entre A y B

Si $P = 0$, no existe ninguna especie en común; si $P = 100$, las 2 parcelas son idénticas.

El análisis diferencial propiamente tal, consiste en calcular la matriz de coeficientes de similitud entre todas las parcelas, comparándolas de 2 en 2.

Luego, se busca reagrupar las parcelas que tengan coeficientes altos entre ellas y bajos con las otras. Las parcelas así agrupadas constituyen un grupo vegetacional, de finido por el parecido global de las parcelas. Braun-Blanquet define grupos vegetacionales por la presencia de especies características.

Es necesario indicar que el coeficiente empleado carece de una ponderación de las especies en función de su significación ecológica.

Sobre esta base, el problema se orienta a encontrar una

estructura' o modelo para un conjunto de índices numéricos, en relación al orden natural desde el cual fue extraída la base muestral. La matriz secundaria es el sustrato básico a partir del cual las diversas técnicas y métodos de deben interpretar las relaciones naturales.

El método de Sorensen considera que las parcelas que presentan entre ellas un coeficiente de similitud mayor a un valor arbitrario forman un grupo. Disminuyendo progresivamente el valor límite para el coeficiente, se obtienen grupos cada vez más amplios y menos homogéneos. Se obtiene así, con el mínimo de ambigüedad y subjetividad, una clasificación jerárquica de parcelas, y una apreciación cuantitativa de la homogeneidad de los grupos así definidos.

Para lograr lo anterior, se aplicó el Cluster análisis, que es un programa de agrupamiento en agregación completa, que se aplica a la matriz de similitud entre muestras, o de contingencia.

Este programa entrega un diagrama o árbol, donde se ven unidas todas las parcelas en distintos niveles de similaridad. Este diagrama o dendrograma, es un modo de representación esquemática, en un espacio de 2 dimensiones, de una matriz de afinidad cualquiera. La técnica del dendrograma es conocida también como Análisis de Agrupamiento, y se refiere a una ordenación gráfica que representa las interrelaciones de una matriz de afinidad. Sin embargo, este gráfico no muestra las interrelaciones en un espacio geométrico, sino en agrupación de pares de objetos o grupos, todos unidos a un cierto nivel de afinidad. El agrupamiento es una operación de análisis multidimensional

que consiste en particionar una colección de objetos; una partición es la división de la colección de entidades en subcolecciones, de modo que cada objeto pertenezca a una y solo una subcolección.

El dendrograma es una estructura que se representa en un espacio bidimensional, donde el eje horizontal contiene los objetos o descriptores que se han observado de acuerdo a la matriz de similaridad. La ubicación de cada observación se determina a medida que se va construyendo el dendrograma. El eje vertical contiene los niveles de afinidad, decreciendo desde el eje horizontal si los coeficientes de similitud son de correlación, como en este caso. Se destaca que los grupos más cercanos al eje horizontal presentan mayor cohesión interna, la que va decreciendo a medida que las uniones se constituyen más lejos de este eje.

El resultado final es un diagrama en "racimos", que conforma grandes o pequeños grupos totalmente unidos, denominado "arbol" o "dendrograma". Su principal aplicación es la interpretación de la matriz de similaridad en forma clara y simple a través de la visualización en conjunto de los grupos.

En términos ecológicos, la clasificación estaría indicada implícita y directamente en el diagrama, pero una forma más objetiva de determinar una clasificación es establecer valores umbrales de afinidad, donde las entidades que están agregadas forman grupos ecológicamente similares (Grupos Ecológicos).

Una vez obtenidos los grupos de parcelas señalados, se pro

cedió a ver si, estadísticamente, existen diferencias en tre la regeneración presente en dichos grupos, tanto con respecto a la cantidad, como a la calidad (plantas totales de canelo, plantas buenas de canelo). Dicho análisis se efectuó aplicando el paquete estadístico SPSS, empleándose el análisis de varianza (oneway), y el test de comparación de medias de Duncan (con un nivel de significación del 0,05 y 0,01).

- Relación regeneración de canelo - estructura de la vegetación

Gounot señala algunos aspectos acerca de la estructura. Considera evidente la existencia de una fisonomía propia a la comunidad vegetal. Ella presenta una organización morfológica en elementos y en estratas, eventualmente dominadas por tipos biológicos o especies definidas.

Esta fisonomía puede variar con el curso de las estaciones, teniendo muchas comunidades una periodicidad fenológica más o menos marcada y compleja.

En general, existen relaciones de dependencia o interdependencia entre especies, lo que se puede denominar integración de la comunidad. Esto significa que las especies e individuos tienen, en general, relaciones entre ellos (parasitismo, simbiosis y otras).

Considera el origen de la estratificación y de la periodicidad evidentes, pues constituyen un medio para disminuir la competencia interespecífica, y para explotar más com -

pletamente el medio. El origen de los elementos, es decir, las estructuras repetitivas en el plano horizontal, es más complejo y merece estudios de detalle. Esta estructuración horizontal tiene varias causas posibles : la biología de la reproducción, la acción del medio sobre la distribución de las especies, la acción de unas especies sobre otras.

Para lograr relacionar la estructura de la vegetación con la cantidad y calidad de la regeneración natural del canglo, se realizó una estratificación distinguiéndose 5 grupos de estructura de la vegetación, correspondientes a las 5 clases de uso actual de la tierra considerados (pradera, matorral, renoval, bosque explotado y bosque virgen).

Con este antecedente, se procedió a efectuar un análisis estadístico, con el objeto de probar si existen diferencias significativas entre la regeneración presente en cada uno de los cinco grupos mencionados.

Este análisis se llevó a cabo con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), efectuándose un análisis de varianza en un sentido (oneway), y la prueba Duncan de comparación de medias (con un nivel de significación del 0,05).

Debe indicarse que estos análisis estadísticos tienen más bien un carácter complementario, y que su objetivo es corroborar o reiterar lo deducido de las observaciones efectuadas en terreno.

7.3 Determinación del número promedio de plántulas

Se procesó la información obtenida en cada situación de estrato de asociación de series de suelo y uso actual de la tierra, obteniéndose valores promedios mediante el uso de la siguiente fórmula :

$$\bar{X}_i = \frac{\Sigma(X_{jb} + X_{jc} + X_{jd})}{3 \times Y} \times 10.000$$

donde :

- X : Variable a cuantificar (plántulas totales; totales/especie; plántulas dominantes de canelo; plántulas canelo buenas, regulares y malas).
- j : Número de parcelas estudiadas, dado un estrato de asociación de series de suelo y uso actual de la tierra.
- b,c,d : Nombre de la subparcela correspondiente.
- Y : Número de parcelas realizadas en una situación de uso actual de la tierra y estrato de asociación de series de suelo.

Para tener una idea de la dispersión de los valores obtenidos, se procedió a calcular el coeficiente de variación para el total de plántulas y el total de plántulas de canelo.

El coeficiente de variación representa qué porcentaje es

la desviación estándar respecto del promedio aritmético, siendo una medida de dispersión relativa.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

Permite establecer, además, comparaciones entre las variables de dos o más grupos de datos.

7.4 Análisis de las variables ambientales

Se realizó visualmente, mediante un diagrama de puntos, llevado a cabo con un programa computacional que permite relacionar hasta 3 variables simultáneamente. Este, y los análisis restantes, se desarrollaron en un microcomputador marca Multitech modelo MPF PC/XT (Software utilizado : DBASE III y GWBASIC, con un sistema operativo MS-DOS). Posteriormente, estos resultados se confrontaron con el material fotográfico colectado en terreno.

7.5 De la aplicación al manejo

Para el conocimiento de la situación actual de los rodales es valiosa su caracterización en función de la altura y el análisis de tallo, pero no es suficiente para comprender su desarrollo a través del tiempo. Ambos aspectos entregan una visión de pasado y futuro probable por individuo. Para tener una visión similar a nivel de la agrupación de individuos en un bosque, también hay que conocer

el cambio de distribución diamétrica en el tiempo o determinar el número de árboles que permanecerán en el rodal, cuáles serán eliminados por mortalidad, y cuál será su distribución.

El Índice de Reinecke, que es la relación entre el diámetro medio cuadrático (\bar{D}_c) y el logaritmo natural del número de árboles (N), a través del modelo :

$$\ln N = a - b \bar{D}_c$$

resulta adecuado para la complementación mencionada de la caracterización del rodal.

Esta relación entrega la trayectoria media del rodal, pero no indica el grado de ocupación del sitio en forma directa para un diámetro dado. Representa la tendencia media natural del bosque a partir de un diámetro medio cuadrático inicial, y permite proyectar con una variación de dicho diámetro, la que representa un cierto período, determinado por el crecimiento medio del rodal.

Su autor determinó que el valor de la pendiente de la recta es, en general, constante para diversas especies, y no se encuentra fuertemente correlacionado ni con la edad ni con el índice de sitio.

Las modificaciones que se efectúan en la estructura del rodal están encaminadas a lograr el máximo incremento neto de área basal. Definidos diferentes tipos de raleo, dicha relación permite conocer un efecto a través de una proyección de los rodales, entregando los valores de incremento neto para diferentes intensidades de raleo y va

riaciones del diámetro medio cuadrático.

Con el objetivo de estimar la mortalidad natural, y simular determinadas actividades del manejo, se construyó esta relación, con datos de las parcelas obtenidas en el estudio de productividad.

Para el modelo encontrado se determinó el índice de Furnival, el que puede considerarse como un error estándar promedio expresado en número de árboles. A continuación se clasificaron los rodales en rangos del Índice Normal de Reinecke (INR), el que se define como :

$$\text{INR} = \frac{Y \text{ real} - Y \text{ estimado}}{Y \text{ estimado}} \times 100$$

(90 - 95, 95 - 100, 100 - 105 y 105 - 110%).

Dentro de cada una de estas clases, se relacionó la densidad con la edad, a través del ajuste de varios modelos, eligiéndose el mejor de ellos a base de indicadores como coeficiente de determinación, y el comportamiento que presentaban sus coeficientes para las diferentes clases del Índice Normal de Reinecke.

A su vez, estos coeficientes fueron ajustados a un modelo, de la forma :

$$\text{Coef} = f(\text{clase INR})$$

Los modelos obtenidos se introdujeron en el modelo : densidad = g(edad), obteniéndose un modelo final de la forma:

$$\text{densidad} = h(\text{edad, INR})$$

Este modelo general se ajustó con el total de datos, resultando un modelo armonizado, herramienta útil para estimar la respuesta de un rodal ante ciertas actividades silviculturales.

En una etapa posterior se trabajó con datos de los árboles dominantes de los renovales mencionados, con el objeto de llegar a estimar ciertos parámetros que podrían obtenerse en plantaciones, donde, por las condiciones de manejo, se esperaría tener árboles de condiciones al menos similares a los dominantes observados en condiciones naturales.

Primero, mediante una regresión paso a paso, se llegó a determinar el diámetro de copa en función de variables del rodal, como son el DAP, diámetro medio del rodal y densidad.

Con este modelo se estimó el área de copa de cada árbol dominante, y a través de la fórmula de distanciamiento medio en una plantación triangular o "a tres bolillos" :

$$D_m = \sqrt{\frac{10.000}{N \cdot 0,866}}$$

se llegó a determinar el número de árboles dominantes que podrían coexistir en una hectárea, si la ocupación del sitio fuera máxima, y la forma de la plantación fuera triangular. Esta última consideración se adoptó, ya que en renovales naturales la especie adopta esta forma de distribución espacial.

Luego, se llegó a un modelo de la forma :

$$Nde = f(e, hd, d, dmed)$$

donde :

Nde = Número de árboles dominantes distribuidos equilteralmente.

e = Edad

hd = Altura dominante

d = Densidad

dmed = Diámetro medio del rodal

que permitirá estimar una cierta densidad "base" o "inicial", a una edad temprana (la menor considerada dentro del modelo, para evitar caer en errores de extrapolación).

Esta estimación, más los valores de mortalidad natural estimados, y los objetivos del manejo, dará una idea de la cantidad de plántulas que será necesario tener al principio, cuando se establezca una masa pura de la especie.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBIN A., R. 1975. Determinación del pH en diversas especies de los renovales de la provincia de Valdivia. Bosque 1(1) : 3 - 17.
2. ALCAYAGA, S.; NARBONA, M. y MILLAN, M. 1975. Cartas a - grológicas de la Isla Grande de Chiloé. Santiago. CORFO. 56 p.
3. BALHARRY R., C. 1984. Estudio de la estructura y compo - sición de los renovales de canelo en el fundo Lenca (X Región). Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 167 p.
4. BRAUN-BLANQUET. 1950. Sociología vegetal. Estudio de las comunidades vegetales. Buenos Aires, Acmé. 444 p.
5. BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. 1965. Medición forestal. Mé - xico D.F. Herrero. 474 p. ilus.
6. BRUN, R. 1975. Estructura y potencialidad de distintos tipos de bosque nativo en el sur de Chile. Universi - dad Austral de Chile. Bosque 1(1) : 6 - 18.
7. CHESNEY L., L. 1970. Aptitud papelera del canelo (Dri - mys winteri Forst). Tesis Ing. For. Santiago. Uni - versidad de Chile, Facultad de Agronomía. 58 p.
8. CHILE - VALDIVIA. 1973. Universidad Austral. Charlas y Conferencias Nº 1. pp. 42 - 53.

9. CORVALAN V., P. 1977. Estudio preliminar de crecimiento en algunos renoyales de la Isla Grande de Chiloé. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 106 p.
10. ————. 1986. Informe de Avance : "El Canelo : una alternativa de desarrollo para la X Región". Santiago. Ministerio de Agricultura - Universidad de Chile.
11. ————. 1987. Revisión Bibliográfica : "El Canelo : una alternativa de desarrollo para la X Región". Santiago. Ministerio de Agricultura - Universidad de Chile.
12. CONTRERAS, L. 1982. Rendimientos en plantaciones de *Pinus radiata* (D. Don) en el sector costero de la sexta Región. Santiago. U. de Chile, Escuela de Ciencias Forestales.
13. CONTRERAS, C. 1982. Indices de sitio para Pino oregón en la provincia de Valdivia y sus relaciones con los sitios para pino insigne. Tesis de Grado. Universidad Austral de Chile.
14. COX, F. 1982. Indices de productividad en la evaluación de la calidad del sitio. Actas de la reunión de trabajo sobre evaluación de la productividad de sitios forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia. pp. 7 - 26.
15. CUBILLOS D., V. 1986. Análisis de tres métodos para el estudio de la vegetación. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 146 p.

16. CUEVAS I., E. 1983. Maderas nativas chilenas de interés en el comercio internacional. Chile, Corporación Nacional Forestal - FAO. Documento de Trabajo Nº 48.
17. DEMIDOVICH, B. y MARON, I. Cálculo numérico fundamental. Editorial Paraninfo S.A. Madrid, España. 746 p.
18. DIAZ V., C.; ASTUDILLO B., J. y ARANDA B., G. 1959-1960. Reconocimiento de suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. Agricultura Técnica 19-20 : 126-205.
19. DI CASTRI, C. 1975. Esbozo ecológico de Chile. Trad. por Sergio Muñoz y Claudio Molina. Lo Barnechea, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas, Sección Biología. 64 p.
20. DONOSO Z., C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Chile. Corporación Nacional Forestal - FAO. Documento de Trabajo Nº 38. 78 p.
21. ————. 1981. Ecología forestal, el bosque y su medio ambiente. Facultad de Ciencias Forestales, U. Austral de Chile. 369 p.
22. DONOSO Z., C. y CABELLO L., A. 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. Ciencias Forestales 1(2) : 31 - 42.
23. D'OTTONE, H. 1971. Estadística elemental. Cooperativa de Cultura y Publicaciones Ltda. Santiago, Chile. 406 p.
24. DRAKE A., F. y UNIBAZO C., R. 1971. Comparación de métodos

dos de inventario de regeneración de bosque nativo.
Tesis Ing. For. Valdivia, Chile. Universidad Aus-
tral de Chile.

25. ETIENNE G., M. y PRADO C., C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Ciencias Agrícolas Nº 10. 120 p.
26. FUENZALIDA, H. 1971. Climatología de Chile. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
27. FURNIVAL, G. 1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. Forest Science 7(4) : 337 - 341.
28. GAJARDO, R. 1983. Sistema básico de clasificación de la vegetación nativa de Chile. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal, Departamento de Areas Silvestres Protegidas.
29. GALLARDO, F. 1984. Determinación de índices de sitio para Pinus radiata (D. Don) en la provincia de Osorno. U. de Chile, Escuela de Ciencias Forestales. 62 p.
30. GARCIA, C. 1970. Indices de sitio para Pino insigne en Chile. Serie de Investigación, Publicación Nº 32. Instituto Forestal. Santiago. 27 p.
31. GARRIDO G., F. 1981. Los sistemas silviculturales aplicables a los bosques nativos chilenos. Chile. Corpo

ración Nacional Forestal - FAO. Documento de Trabajo
Nº 39. 110 p.

32. GARRIDO P., R. 1983. Legislación Forestal y Maderera. Tributación Forestal.
33. GOUNOT, M. 1969. Méthodes d'études quantitative de la végétation. Paris, Masson. 314 p.
34. GUNCKEL S., G. 1980. Estudio de desarrollo y rendimiento de renovales de canelo en el sector de Corral, Cordillera de la Costa, provincia de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia. U. Austral de Chile. 94 p.
35. HAWLEY C., R. y SMITH M., D. 1972. Silvicultura Práctica. 544 p.
36. HERNANDEZ R., C. 1983. Indices de competencia para pino insigne (Pinus radiata D. Don) en la VII Región. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 207 p.
37. HERRERA V., J. y MAY B., F. 1976. Caracterización y análisis para el ordenamiento de renovales de raulí (Nothofagus alpina Poepp. et Endl.) en Jauja, provincia de Malleco. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 63 p.
38. IBARRA M., M. s.f. Consideraciones generales sobre el canelo (Drimys winteri (J.R. et Forst.)). 15 p.
39. INGENIERIA DE BOSQUES LTDA. 1975. Inventario forestal Isla Grande de Chiloé. Santiago, Chile. Vol. 1, 2 y 3.

40. INIA. 1985. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de
o Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Santiago. 723 p.
41. INSTITUTO FORESTAL. 1966. Clasificación preliminar del
bosque nativo de Chile. Informe Técnico N° 27. 19 p.
42. ----- . 1975. Densidad, largo de fibra y composición
química de la madera de canelo. Informe Técnico N°
o 53. 60 p.
43. LIRA, J. 1975. Drimys winteri Forst. : Importancia in-
dustrial. Santiago. Universidad de Chile, Departa-
mento de Silvicultura. Seminario Cátedra Botánica Fo-
restal.
44. MARTINEZ, ANTONIO. 1981. Indices de sitio para Eucalyp-
tus globulus (Lab.) de la zona de Concepción y Arauco.
Tesis Ing. For. Santiago. U. de Chile, Facultad de
Ciencias Agrarias y Forestales. 95 p.
45. MILLANA O A., D. 1984. Diferenciación genecológica de 2
poblaciones de Drimys winteri Forst. (IX y X Regiones).
Tesis Ing. For. Valdivia. Universidad Austral de
Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento
de Silvicultura.
46. MUJICA R., F. y OEHRENS B., E. 1967. Addenda a flora
fungosa chilena (II). Universidad de Chile, Facultad
de Agronomía. Boletín Técnico N° 27.
47. MUJICA R., F. y VERGARA C., C. 1980. Flora fungosa chi-
lena. 2ª Ed. Universidad de Chile, Facultad de Agro-
nomía. Ciencias Agrícolas N° 5. 30 p.

48. NARBONA, M.; ASTUDILLO, J. y otros. 1963. Cartas agrológicas de la Isla Grande de Chiloé. Corporación de Fomento de la Producción, Departamento de Agricultura. 63 p.
49. ODEPA. 1968. Plan de desarrollo agropecuario 1965-1970. Unidades de uso agrícola de los suelos de Chile entre las provincias de Aconcagua y Chiloé. República de Chile, Ministerio de Agricultura, mapas.
50. OSTLE, B. 1963. Estadística aplicada. Técnicas de estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Editorial Limusa, México. 629 p.
51. PEREZ G., V. 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Chile. Corporación Nacional Forestal - FAO. Documento de Trabajo N° 47. 451p.
52. PÉREZ G., V. y CUBILLOS C., G. 1984. Características físico-mecánicas de canelo, ciprés de las Guaytecas, coigue de Chiloé y roble del Maule. Chile. Corporación Nacional Forestal - FAO. Documento de Trabajo N° 52. 58 p.
53. RAWAT, A.S. and FRANZ, F. 1973. Detailed non-linear asymptotic regression studies on tree and stand growth with particular reference to forest yield research in Bavaria (Federal Republic of Germany) and India. IUFRO. 19 p.
54. ROBERTS, C. y DIAZ, C. 1959-60. Los grandes grupos de suelo en Chile. Agricultura Técnica, años XIX y XX, (1).7.36.

55. RODRIGUEZ R., G. 1984. El canelo, el árbol sagrado de los araucanos. Chile Agrícola 9(88) : 23.
56. RODRIGUEZ R., R.; MATHEI S., O. y QUEZADA M., M. 1983. Flora arbórea de Chile. Concepción. Ed. U. de Concepción. 408 p.
57. ROJAS P., M.; PISTONO B., L. y BLUHM S., E. 1971. Composición química de la madera de canelo (Drimys winteri Forst). Santiago. Instituto Forestal, Departamento de Industrias y Producción Forestal, Sección Pulpa y Papel.
58. ROYO D., A. s.f. Curso de Estadística. 2ª parte. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Desarrollo Rural. 303 p.
59. SABJA G., A. 1980. Métodos de propagación vegetativa de algunas especies leñosas chilenas con posibilidades ornamentales. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 120 p.
60. SAN JUAN S., F. 1982. Interpretación dinámica de bosques de canelo y coigue de Chiloé en la Reserva Forestal de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia. Universidad Austral de Chile.
61. SANGUESA, J. 1962. Posibilidades de uso de la madera de canelo (Drimys winteri Forst). El Maderero 4 : 22-23.
62. SCHMIDT, A.C. 1943. The american species of Drimys. Journal of the Arnold Arboretum 24 (1).

63. SCHMIDT, H.; IPINZA, R. y VIAL, L. 1979. Regeneración en bosque nativo de raulí. I. Estudio bibliográfico. Chile. Corporación Nacional Forestal - FAO. Documento de Trabajo Nº 24. 124 p.
64. SFEIR, J. 1984. Importancia actual del canelo (Drimys winteri). Distribución mundial del género Drimys. Santiago. Universidad de Chile, Departamento de Silvicultura y Manejo. Seminario Cátedra Botánica Forestal.
65. TAPIA DE LA FUENTE, R. 1982. Variabilidad estructural de renovales no intervenidos de canelo en la Reserva Forestal de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile.
66. TAKHATAJAN, A.L. 1980. Outline of the clasification of flowering plants (Magnoliophyta). Botanical Review 46(3) : 225 - 359.
67. TORAL, M. Métodos de inventarios de regeneración y predimiento en plantaciones. Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura y Manejo. Apuntes Cátedra de Forestación. 13 p.
68. TORTORELLI, L. 1945. Estudio xilológico del Drimys winteri. Buenos Aires, Ministerio de Agricultura de la Nación, Dirección Forestal.
69. TUPPER G., G. 1983. Análisis estructural, dinámica regenerativa del tipo forestal siempreverde en la Cordillera de la Costa de la provincia de Valdivia. Tesis

Ing. For. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile.

70. URBINA, C. 1966. Indices de sitio y densidad para Pino insigne (Pinus radiata D. Don) en las series de suelos Constitución, Cauquenes y San Esteban. Santiago. U. de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal. 70 p.
71. URZUA, D. 1963. Indices de sitio para Pino insigne (Pinus radiata D. Don) en las provincias de Malleco y Bío-Bío. Santiago, U. de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal. 55 p.
72. ————. 1966. Clases de sitio para Pinus radiata D. Don en las provincias de Malleco y Bío-Bío. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Agronomía, U. de Chile. Boletín Técnico Nº 11. pp. 3 - 7.
73. URZUA, V.; COX, F.; REAL, P. y CUEVAS, H. 1980. Inventario Forestal zona de ñadis, provincia de Llanquihue. U. Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal. Serie Técnica. Valdivia, Chile. 257 p.
74. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1982. Evaluación de la productividad de sitios forestales. Actas de Reunión de Trabajo. Valdivia, Chile. 362 p.
75. VALDES, A. 1967. Determinación de índices de sitio para plantaciones de pino insigne (Pinus radiata D. Don) mediante análisis de tallo. U. de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal. 62 p.
76. VALENZUELA, G. s.f. El canelo (Drimys winteri Forst) y

su distribución en Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Silvicultura y Manejo. Seminario Cátedra Botánica Forestal.

77. VITA, A. 1978. Los tratamientos silviculturales. Texto Nº 1. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 234 p.

A P E N D I C E 1
INTERPOLACION DE LAGRANGE

Sean $n + 1$ valores distintos del argumento : $x_0, x_1, x_2 \dots x_n$, en un intervalo $[a, b]$ y sean conocidos los valores correspondientes de la función $y = f(x)$:

$$f(x_0) = y_0, \quad f(x_1) = y_1, \quad \dots, \quad f(x_n) = y_n$$

se debe construir un polinomio $L_n(x)$, de grado no superior a n y que tenga por los puntos x_0, x_1, \dots, x_n , los mismos valores de la función $y = f(x)$, tal que

$$L_n(x_i) = Y_i \quad (i = 0, 1, 2, 3, \dots, n)$$

Su expresión es :

$$L_n(X) = \sum_{i=0}^n Y_i \frac{(x - x_0) \cdot (x - x_1) \cdot \dots \cdot (x - x_n)}{(x_i - x_0) \cdot (x_i - x_1) \cdot \dots \cdot (x_i - x_n)}$$

$$L_i^{(n)}(x) = \frac{\prod_{j=0, j \neq i}^n (x - x_j)}{\prod_{j=0, j \neq i}^n (x_i - x_j)}$$

la fórmula de Lagrange, toma la forma

$$L_n(X) = \sum_{i=0}^n L_i^{(n)}(X) Y_i$$

Los coeficientes se establecen así :

Se establecen las diferencias como sigue :

$$\begin{array}{cccc}
 \underline{x - \lambda_0} & \lambda_0 - \lambda_1 & x_0 - \lambda_2 \dots x_0 - x_{11} & \\
 x_1 - x_0 & \underline{x - x_1} & x_1 - x_2 \dots x_1 - x_{11} & \\
 x_2 - x_0 & x_2 - x_1 & \underline{x - x_2} \dots x_2 - x_{11} & \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 x_{11} - x_0 & x_{11} - x_1 & x_{11} - x_2 \dots \underline{x - x_{11}} &
 \end{array}$$

El producto de los elementos de la diagonal principal será $\Pi_{n+1}(x)$, de donde se deduce :

$$L_i^{(n)}(x) = \frac{\Pi(n+1)(x)}{D_i} \quad (i = 0, \dots, n)$$

en consecuencia :

$$L_n(x) = \Pi(n+1)(x) \sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{D_i}$$

A P E N D I C E 2

ANALISIS DE VARIANZA

Las comparaciones se realizaron bajo el siguiente Análisis de Varianza :

A N D E V A

Causas de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado
Parcelas	t - 1	T_{YY}	$T = T_{YY}/(t-1)$	T/E
Error	N - t	E_{YY}	$E = E_{YY}/(N-t)$	
Total	N - 1	S_{CT}		

donde :

$$S_{CT} = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

$$T_{YY} = \sum_i \frac{Y_{i.}^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

$$E_{YY} = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{\sum_i Y_{i.}^2}{n_i}$$

- Y = Altura dominante (m) a la edad de comparación
- t = Número de parcelas (grupos)
- N = Número total de individuos
- n_i = Número de repeticiones de la parcela (grupo)

A P E N D I C E 3
AJUSTE DE SERIES CRONOLÓGICAS

Supóngase la siguiente expresión :

$$Y^* = k + ab^x$$

En esta curva \underline{k} representa una asíntota, \underline{a} es la distancia entre la asíntota y el valor de Y^* para $x = 0$; y \underline{b} es la relación constante entre los incrementos sucesivos.

Para efectuar el ajuste se dividen los datos en tres grupos \underline{i} iguales de n observaciones. Se requiere que la suma de las observaciones de cada uno de los tres grupos (S_i) sea igual a la respectiva suma de los valores estimados mediante la función :

$$S_1 = (k + a) + (k + ab) + (k + ab^2) + \dots + (k + ab^{n-1})$$

$$S_2 = (k + ab^n) + (k + ab^{n+1}) + (k + ab^{n+2}) + \dots + (k + ab^{2n-1})$$

$$S_3 = (k + ab^{2n}) + (k + ab^{2n+1}) + (k + ab^{2n+2}) + \dots + (k + ab^{3n-1})$$

Como $S = 1 + b + b^2 + \dots + b^{n-1} = \frac{b^n - 1}{b - 1}$, entonces

$$i) S_1 = nk + S_a$$

$$ii) S_2 = nk + b^n S_a$$

$$iii) S_3 = nk + b^{2n} S_a$$

Luego :

$$S_2 - S_1 = (b^n - 1)S_a$$

$$S_3 - S_2 = (b^n - 1)b^n S_a$$

Por división se obtiene :

$$b^n = \frac{S_2 - S_2}{S_2 - S_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

Por otra parte :

$$S_2 - S_1 = (b^n - 1)S_a$$

de donde :

$$a = \frac{S_2 - S_1}{(b^n - 1)} = \frac{d_1(b - 1)}{(b^n - 1)^2}$$

Finalmente de la i) se desprende que :

$$k = \frac{1}{n} [S_i - S_a] = \frac{1}{n} \left\{ S_1 - \frac{b^n - 1}{b - 1} = \frac{d_1(b - 1)}{(b^n - 1)^2} \right\}$$

$$k = \frac{1}{n} \left(S_1 - \frac{d_1}{(b^n - 1)} \right)$$

A P E N D I C E 4

INDICE DE FURNIVAL

CALCULO DEL INDICE DE FURNIVAL

La función de verosimilitud se forma como el producto de la densidad de probabilidad en el espacio muestra de la variable dependiente. Las funciones de verosimilitud así construidas, son comparables solo en el mismo espacio muestra.

Para su cálculo se determina :

1. Error estándar de la función

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (Y_r - Y_e)^2}{n - k}}$$

donde :

Y_r = Valor observado

Y_e = Valor estimado por la función

n = Número de datos

k = Número de parámetros

2. $f(Y_r)$ = Variable dependiente transformada

Se calcula luego la primera derivada de la función transformada respecto a la variable dependiente sin transformar.

$$\frac{df(Y_r)}{dY_r} = f'(Y_r)$$

Luego se calcula el logaritmo natural del inverso de la primera derivada de la función transformada.

$$\ln \{f'(Y_p)\}^{-1}$$

Luego se calcula el promedio de la expresión para todos los datos :

$$W = \frac{\sum \ln \{f'(Y_p)\}^{-1}}{n}$$

En seguida se calcula el antilogaritmo natural de W.

3. Se calcula el índice de Furnival como :

$$\text{Anti Ln } W \cdot S_{yx}$$

Este valor expresa el error estándar de la función en la unidad de la variable dependiente sin transformar.

A P E N D I C E 5

DOCIMA DE HIPOTESIS PARA PROBAR IGUALDAD DE
COEFICIENTES ENTRE DOS FUNCIONES LINEALES

Sea :

$$\hat{Y}_1 = \alpha_1 + \beta_1 \cdot X_1, \text{ regresión para una subpoblación 1}$$

$$\hat{Y}_2 = \alpha_2 + \beta_2 \cdot X_2, \text{ regresión para una subpoblación 2}$$

Se docima la siguiente hipótesis :

$$H_0 : \begin{pmatrix} \alpha_1 - \alpha_2 \\ y \\ \beta_1 - \beta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$H_1 : \begin{pmatrix} \alpha_1 - \alpha_2 \\ y \\ \beta_1 - \beta_2 \end{pmatrix} \neq \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Para docimar la hipótesis nula, se utilizó el estadígrafo F, siendo éste :

$$F(2, n - 4) = \frac{Q}{n \cdot S_p^2} \times \frac{(n - 4)}{2}$$

donde :

$$Q = n(\alpha_1 - \alpha_2)^2 + 2n\bar{x}(\alpha_1 - \alpha_2)(\beta_1 - \beta_2) + \sum X_i^2 (\beta_1 - \beta_2)^2$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 2)S_1^2 + (n_2 - 2)S_2^2}{(n_1 + n_2) - 4}$$

$$\bar{x} = \frac{n_1 \cdot \bar{x}_1 + n_2 \cdot \bar{x}_2}{n_1 + n_2}$$

$$x_i^2 = \sum_{i=1}^{n_1} X_{i1}^2 + \sum_{i=1}^{n_2} X_{i2}^2$$

$$n = n_1 + n_2$$

$$S_1^2 = (1/(n_1 - 2)) (\sum Y_1^2 - \alpha_1 \cdot \sum Y_1 - \beta_1 \cdot \sum X_1 Y_1)$$

$$S_2^2 = (1/(n_2 - 2)) (\sum Y_2^2 - \alpha_2 \cdot \sum Y_2 - \beta_2 \cdot \sum X_2 Y_2)$$

Se compara F calculado con F tabulado.

Si F calculado < F tabulado, se acepta H_0 .

A N E X O N º 1

FORMULARIOS DE TERRENO

•

•

•

•

•

•

FORMULARIO INVENTARIO (N°2)

CONGLOMERADO N°				PARCELA N° TAMAÑO			
Arbol N°	S P	DAP (cm)	H(m)	Arbol N°	S P	DAP (cm)	H (m)
1				39			
2				40			
3				41			
4				42			
5				43			
6				44			
7				45			
8				46			
9				47			
10				48			
11				49			
12				50			
13				51			
14				52			
15				53			
16				54			
17				55			
18				56			
19				57			
20				58			
21				59			
22				60			
23				61			
24				62			
25				63			
26				64			
27				65			
28				66			
29				67			
30				68			
31				69			
32				70			
33				71			
34				72			
35				73			
36				74			
37				75			
38				76			

77			——	118			
78			——	119			——
79				120			——
80			——	121			
81			——	122			——
82				123			——
83			——	124			
84			——	125			——
85				126			——
86			——	127			
87			——	128			——
88				129			——
89			——	130			
90			——	131			——
91				132			——
92			——	133			
93			——	134			——
94				135			——
95			——	136			
96			——	137			——
97				138			——
98			——	139			
99			——	140			——
100				141			——
101			——	142			
102			——	143			——
103				144			——
104			——	145			
105			——	146			——
106				147			——
107			——	148			
108			——	149			——
109				150			——
110			——	151			
111			——	152			——
112				153			——
113			——	154			
114			——	155			——
115				156			——
116			——	157			
117			——	158			——

FORMULARIO REGENERACION (N° 7)

CONGLOMERADO N°:

PARCELA N°:

FECHA:

MUESTRA N°:

FOTO N°:

CARTA:

USO ACTUAL:

ESTRUCTURA

ESTRATA	Spp. DOMINANTES	COBERTURA
1. HIERBAS		
2. CAÑAS		
3. 0 - 0.5		
4. 0.5- 1		
5. 1 - 4		
6. 4 - 8		
7. 8 - 16		
8. > 16		

\bar{d} (m. dm.):

\overline{dap} (cm. mm):

ORIGEN:

Cob. Total:	Suelo desnudo:	Hojarasca:
-------------	----------------	------------

Spp.	DOMINANCIA	Est.	Obs.
1. CANELO			
2. CANELO			
3. CANELO			

Obs. Vegetacionales:

Obs. Silvícolas:

Información histórica origen:

SUBPARCELA A:

Nº PLANTAS :

Planta dom. Nº:	1	2	3	4
Altura				
Forma				
Vigor				
Origen				
Estado sanitario				

SUBPARCELA B:

Nº PLANTAS :

Planta dom. Nº:	1	2	3	4
Altura				
Forma				
Vigor				
Origen				
Estado sanitario				

SUBPARCELA C:

Nº PLANTAS :

Planta dom. Nº:	1	2	3	4
Altura				
Forma				
Vigor				
Origen				
Estado sanitario				

SUBPARCELA D:

Nº PLANTAS :

Planta dom. Nº:	1	2	3	4
Altura				
Forma				
Vigor				
Origen				
Estado sanitario				

A N E X O N º 2

CODIFICACION FORMULARIOS

INSTRUCCIONES PARA EL LLENADO DEL FORMULARIO AMBIENTAL

1. Altitud : En msnm, se lee en el punto con el altímetro.

2. Exposición general

1. Plano	4. E	7. S - 0
2. N	5. S - E	8. 0
3. N - E	6. S	9. N - 0

3. Exposición local para parcelas de productividad*

Exposición local para parcelas de regeneración

1. Plano	1. N
2. 337,5 - 22,5	2. NO
3. 22,5 - 67,5	3. NE
4. 67,5 - 112,5	4. S
5. 112,5 - 157,5	5. SE
6. 157,5 - 202,5	6. SO
7. 202,5 - 247,5	7. E
8. 247,5 - 292,5	8. 0
9. 292,5 - 337,5	9. Plano

* Medida en azimut

4. Pendiente G : Se obtiene de la carta I.G.M. 1:50.000.

5. Pendiente L : Se registra en terreno y corresponde a la existencia entre las dos puntas de la parcela. Se anota en porcentaje.

6. Forma de la pendiente para parcelas de productividad. Forma de la pendiente para parcelas de regeneración.

- | | |
|----------------|--------------------|
| 1. Muy cóncava | 0. Muy cóncava |
| 2. Cóncava | 1. Cóncava |
| 3. Plana | 2. Plana |
| 4. Convexa | 3. Convexa |
| 5. Muy convexa | 4. Muy convexa |
| | 5. Caso particular |

7. Sustrato (**)

1er. código	2do. código
0	1 Rocosos
1	2 Pedregoso
2	3 Arenoso
3	4 Terroso-pedregoso
4	5 Terroso
5	6 Orgánico
6	7 Acuoso

8. Geomorfología (**)

1er. código	2do. código
0	1 Llano
1	2 Terraza
2	3 Valle
3	4 Lomajes
4	5 Piedmont
5	6 Cerro
6	7 Cordillera
7	8 Cono

9. Situación topográfica (**)

1er. código	2do. código
0	1 Plano
1	2 Plano brevemente ondulado
2	3 Depresión
3	4 Fondo de quebradas
4	5 Bajos de laderas
5	6 Descanso
6	7 Media ladera
7	8 Alto de ladera
8	9 Cumbre redondeada
9	10 Ladera escarpada

10. Drenaje (**)

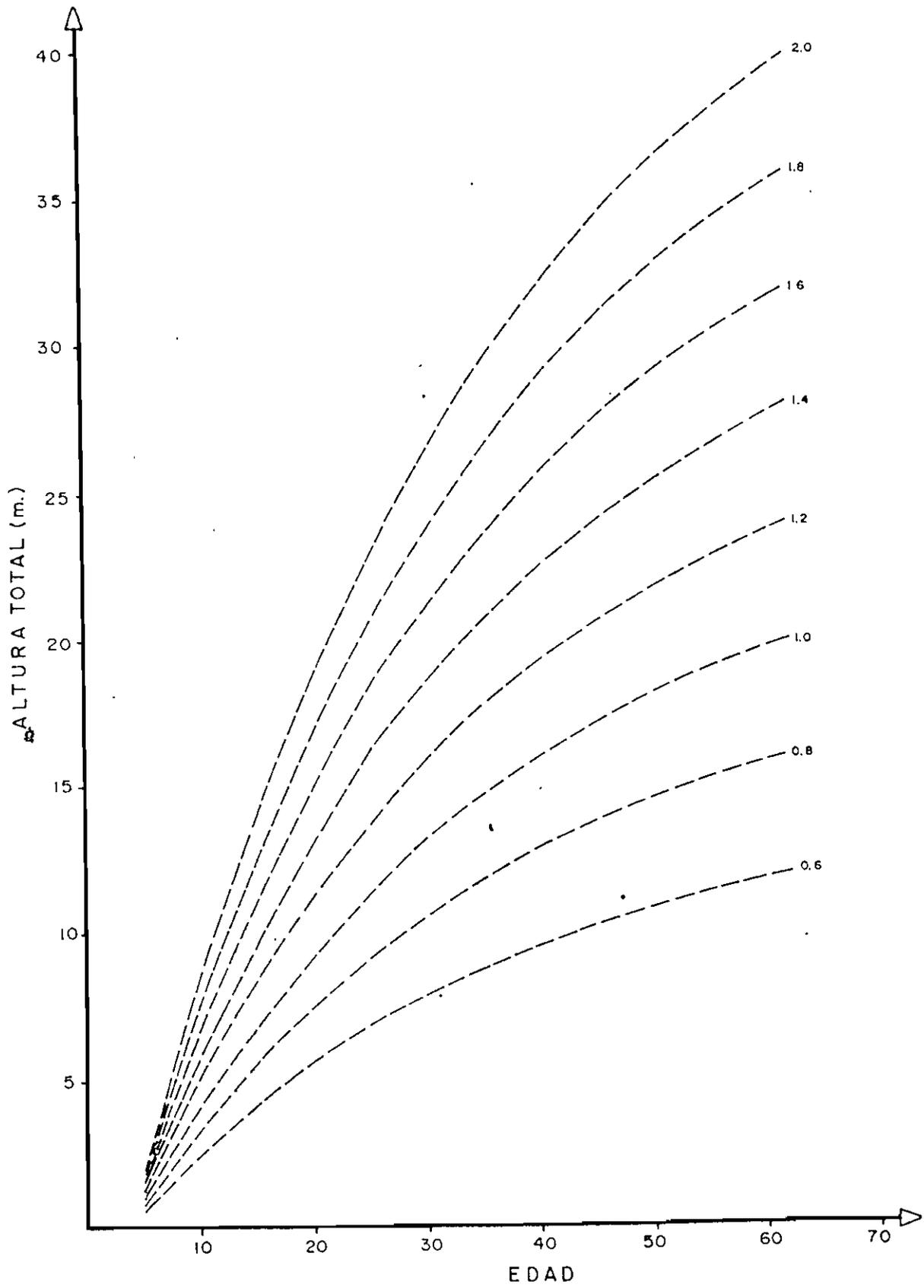
1er. código	2do. código
0	1 Excesivo
1	2 Bueno
2	3 Moderado
3	4 Imperfecto
4	5 Pobre
5	6 Muy pobre

** El primer código corresponde al estudio de regeneración y el segundo al estudio de productividad.

A N E X O N º 3

CURVAS DE TROZADO

CURVAS DE TROZADO PARA EL CANELO



CURVA INDICE

0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
ALTURAS DE CORTE							
ALTURA TOTAL							
11,6	15,8	19,4	23,6	27,5	31,4	35,4	39,2
11,3	15,2	18,9	22,7	26,4	30,4	34,2	37,8
10,8	14,5	18,0	21,6	25,3	29,0	32,6	36,0
10,2	13,8	17,0	20,4	24,0	27,4	30,8	34,2
9,5	12,9	15,8	19,1	22,4	25,5	28,7	31,8
8,8	11,8	14,6	17,6	20,5	23,5	26,4	29,2
7,9	10,5	13,2	15,8	18,5	21,0	23,6	26,4
6,8	9,0	11,3	13,7	16,0	18,3	20,5	22,6
5,4	7,4	9,0	11,0	13,0	14,9	16,8	18,6
4,1	5,6	6,8	8,4	9,6	11,1	12,4	14,0
2,4	3,2	4,0	5,0	5,8	6,6	7,6	8,4
0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
TOCON							

INSTRUCCIONES PARA SU USO

1. Mida la altura total del árbol
2. Calcule la edad (número de anillos al tocón mas K*)
3. Ubique en la curva de trozado el punto (altura, edad)
4. Ubique, siguiendo paralelamente al eje de la edad, la curva más próxima al punto.
5. Troce a las alturas indicadas en la tabla.

K* : Debe determinarse empíricamente en cada sitio.