

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn

durch Prof. Dr. Carl Troll und Fritz Bartz

Schriftleitung: Hans Voigt

Heft 23 E

Peter-Paul von Bauer

Silvicultura en el Sur de Chile

**Investigaciones ecológicas y experiencias
recogidas en una forestación
en La Ensenada
(prov. de Llanquihué)**

1960

In Kommission bei
Ferdinand Dümmlers Verlag - Bonn

Peter-Paul von Bauer / Silvicultura en el Sur de Chile

Bonner Geographische Abhandlungen

Herausgegeben vom Geographischen Institut
der Universität Bonn

durch Carl Troll

Schriftleitung: Hans Voigt

Vol. 23 E

Peter-Paul von Bauer

Silvicultura en el Sur de Chile

Investigaciones ecológicas y experiencias
recogidas en una forestación
en La Ensenada
(prov. de Llanquihué)



1960

Editada en comisión

por

Ferd. Dümmlers Verlag · Bonn

Silvicultura en el Sur de Chile

Investigaciones ecológicas y experiencias
recogidas en una forestación
en La Ensenada
(prov. de Llanquihué)

por

Peter-Paul von Bauer

con 15 cuadros, 3 diagramas, 18 fotos en papel couché,
1 figura en el texto y 2 fuera.



Editada en comisión
por

Ferd. Dümmlers Verlag · Bonn

1960

Es propiedad

Impreso por Richard Mayr, Wurzburg (Alemania)

Prólogo

En 1955 el profesor Dr. CARL TROLL me pidió amablemente que colaborase, mediante un trabajo sobre el presente tema, en la publicación del libro «Investigaciones en Chile», que preparaba el Instituto Geográfico de la Universidad de Bonn.

El profesor TROLL y yo habíamos estudiado juntos Geografía con el profesor VON DRYGALSKI en la Universidad de Munich, después de la primera guerra mundial. Posteriormente organicé en Colombia la Sociedad Colombo-Alemana de Transportes Aéreos (SCADTA), director de la cual fui largos años. El profesor TROLL efectuó durante el año 1928—29 viajes de estudio e investigación en Ecuador, Colombia y Panamá, como colaborador científico de la Sociedad mencionada, iniciándose así nuestras comunes experiencias andinas.

Muy a mi pesar tuve que abandonar mi corta carrera científica para dedicarme a actividades lucrativas, y por eso me ha sido bastante difícil acceder a la petición del profesor TROLL.

En el último decenio me he dedicado a la silvicultura en mi propiedad «Nueva Carintia», cerca de la Ensenada, en el paisaje de lagos, bosques y volcanes del Sur de Chile, y he recogido a través de los años material y experiencias que pueden justificar su publicación.

Me decidí finalmente a elaborar el material reunido y a poner a disposición de los especialistas las experiencias recogidas en la realización de una gran forestación en el Sur de Chile. Como este trabajo se redactó al borde de la civilización y a 1.000 km. de la biblioteca adecuada más cercana, careció de la orientación de expertos y no fué posible la comparación con los resultados de las investigaciones de autoridades competentes en la materia. El trabajo tiene lagunas e imprecisiones que en otras circunstancias se habrían evitado. Si de todas maneras he resuelto entregar a la publicidad el resultado de mis investigaciones, ello se debe al hecho de ser Chile tierra científicamente inexplorada, pues falta una investigación sistemática básica y no se han publicado aún trabajos especiales sobre problemas ecológicos chilenos.

Quiero expresar aquí mi agradecimiento al profesor Dr. CARL TROLL, no sólo por la sugerencia, sino también por su amistosa ayuda y colaboración en la publicación de este trabajo. Mi gratitud también a los Srs. Dr. HELMUT HAHN y Dr. HANS VOIGT y al Instituto Geográfico de la Universidad de Bonn que en forma generosa se hicieron cargo de la impresión de este trabajo. En Chile fué el Dr. W. LAUER, profesor de la Universidad Austral de Valdivia, quien me ayudó en la redacción del trabajo y quien amablemente compuso y dibujó el mapa especial de la Cuenca de Ensenada, así como también una serie de diagramas, por lo cual le quedo

especialmente agradecido. El Sr. MAX P. FISCHER, químico diplomado de Osorno, a pesar del exceso de trabajo profesional, efectuó 12 análisis de muestras de suelos, escribiendo detallados informes al respecto. Le expreso aquí mi reconocimiento por su amable colaboración. Finalmente quiero recordar a mis dos colaboradores en la granja forestal, en primer lugar a la señora OLGA HEIM, viuda de STANGE, que supervigila con conocimiento y éxito los experimentos de aclimatación y el vivero, y al Sr. Don OSCAR SANTIBÁNEZ TOELG, quien realizó en forma minuciosa los fatigosos recuentos y medidas de los ensayos de abonado forestal. Sin la ayuda de ellos, tampoco habría dispuesto del tiempo libre que dediqué a la redacción de este trabajo.

Quisiera mencionar por último a los Sres. G. VOULLIEME y Lic. F. FERNÁNDEZ que se encargaron respectivamente de la traducción y corrección y adaptación de la edición castellana de esta obra.

Dr. PETER-PAUL VON BAUER

CONTENIDO

<i>Preámbulo</i>	9
<i>I. Ubicación de la plantación</i>	11
Comunicaciones 11 — Los volcanes 12 — La Sierra de Santo Domingo 13 — La Cuenca de Ensenada 14 — El río Petrohué 14 — Las arenas volcánicas 15 — Las corrientes de lava 17 — La erosión del agua corriente 19 — La Angostura 20 — El abanico aluvial 21 — El curso inferior del Petrohué 22 — Formación y edad del abanico aluvial 22 — La reconquista vegetal de diversos suelos 24 — Los límites de la plantación 26 — El Hualve Grande 27	
<i>II. El clima</i>	30
Observaciones meteorológicas propias 32 — Fines y métodos 34 — El clima de la estación ecológica 35 — Medias diarias extremas 38 — Variación diaria de la temperatura 40 — Duración del período vegetativo 42 — Las heladas nocturnas 42 — La presión atmosférica 45 — Presión del vapor de agua y humedad relativa del aire 48 — Las precipitaciones 49 — La nieve 54 — Duración de la insolación 54 — Granizo 55 — Heladas del suelo 55 — Nieblas y tormentas 57 — Comparación Granja Forestal - Puerto Montt 57 — Comparación con el clima de los países de origen de las especies forestales exóticas 61 — Régimen estacional del tiempo 62	
<i>III. El suelo</i>	68
El suelo de landa 69 — Análisis físico del suelo de landa abierta 70 — El suelo de landa arbolado 72 — Substancias coloidales 73 — El suelo de helechos 74 — Suelo de bosque alto y de pantano 75 — Análisis químico de los suelos 76 — Suelos de huerta 78	
<i>IV. El agua</i>	81
Las precipitaciones 81 — Las aguas subterráneas 82 — Construcción de pozos 83 — Nivelación 83 — Afloramientos de aguas subterráneas 84 — Altura absoluta del nivel del agua subterránea 85 — Agua subterránea y vegetación 86 — Agua de condensación 88	
<i>V. La silvicultura</i>	91
Condiciones naturales de la plantación 91 — Instalación de la plantación 92 — División de la plantación 92 — El vivero 94 — Animales dañinos en el vivero 94 — Elección de la especie 96 — Roza y limpieza del terreno 97 — La operación de plantar 99 — Preparación de los agujeros de plantar 99 — Colocación de las plantas 100 — Época de plantación y distancia de hileras 100 — Cuidado de la plantación 101 — Estado actual de la plantación 102 — Síntomas carenciales 103 — Ensayos de abonado forestal 103 — Micoriza 105 — Animales perjudiciales 105	
<i>Epilogo</i>	107
<i>Bibliografía</i>	109

Indice de planos:

Figura 1: Croquis de la Cuenca de Ensenada	10
„ 2: Planos de nivelación de la Granja Forestal	
„ 3: Plano catastral de la Granja Forestal	Fuera de texto

Indice de diagramas:

Diagrama 1: Temperatura, presión atmosférica y precipitaciones en el observatorio de la Granja Forestal, cerca de la Ensenada	36
„ 2: Medias compensadas de los meses primaverales críticos de 1951-1956	64
„ 3: Condiciones meteorológicas durante las semanas hábiles de los meses de invierno de 1951-1956	65

Indice de cuadros:

Cuadro 1: Medias mensuales de la temperatura de los años 1951-56	36
„ 2: Media diaria de la temperatura. Promedio de seis años (1951-56)	37
„ 3: Ritmo diario de la temperatura en 1956	39
„ 4: Valores medios de los elementos del clima a base de 6 años de observaciones (1951-1956)	41
„ 5: Frecuencia y duración de las heladas en 1955	46
„ 6a: Días de lluvia, totales mensuales y anuales e intensidad pluviométrica durante los años 1951-56	52
„ 6b: Resumen de las observaciones pluviométricas. Medias de las series de 6 años (1951-1956)	53
„ 7: Medias de 30 años de observaciones	55
„ 8a: Presión atmosférica, temperatura y precipitaciones. Medias de los años 1951 a 1956 (Observatorio de Puerto Montt)	58
„ 8b: Presión atmosférica, temperatura y precipitaciones. Medias de los años 1951 a 1956 (Observatorio de la Granja Forestal)	59
„ 8c: Comparación de las medias de 6 años (1951-56) de la presión atmosférica, temperatura y precipitaciones de Puerto Montt y Granja Forestal	60
„ 9: Climas de los países de origen de algunas coníferas exóticas plantadas en Chile, comparados con los climas de observatorios costeros chilenos	67
„ 10: Análisis químicos de suelos	77
„ 11: Determinación del nivel del agua subterránea el 16-4-1957	85
„ 12: Resultado de un ensayo de abonado forestal	104

Preámbulo

El bosque es una realidad determinada por condiciones geográficas. El emplazamiento, el clima y el suelo son factores naturales que facilitan o entorpecen la formación y el desarrollo del bosque. Como los factores citados cambian de un lugar a otro, el emplazamiento determina dónde crecen o dónde pueden crecer bosques. La investigación de la influencia armónica de los factores generadores sobre el bosque es tarea de la ecología forestal.

Cuando el autor decidió en 1948 forestar algunos cientos de hectáreas de terreno en la zona del Sur de Chile, en la cual no se habían hecho hasta entonces experiencias silviculturales de tal envergadura, fué necesario, y esto también para el éxito futuro de la plantación, observar permanentemente las condiciones naturales de la estación ecológica, elaborar los resultados de las observaciones y sacar así las conclusiones para la disposición de la forestación. Los resultados de tales investigaciones no pueden, por lo pronto, tener validez general; lo que es adecuado en un lugar, puede ser contraproducente a algunos kilómetros de distancia, en otro lugar y con otro suelo. Pero si tales investigaciones se realizan en varias estaciones y si en cada plantación importante se realizan observaciones meteorológicas y análisis de suelos, podrían obtenerse conclusiones de validez general al menos para zonas determinadas, dando así sólida base científica a los ensayos de tanteo de la silvicultura chilena.

Si el autor entrega a la publicidad el resultado de sus experiencias, por muy local y restringida que sea su validez, lo hace con la esperanza de estimular a los colegas silvicultores chilenos a realizar investigaciones similares en sus plantaciones, y en la creencia de aportar algo al conocimiento científico-forestal de Chile.

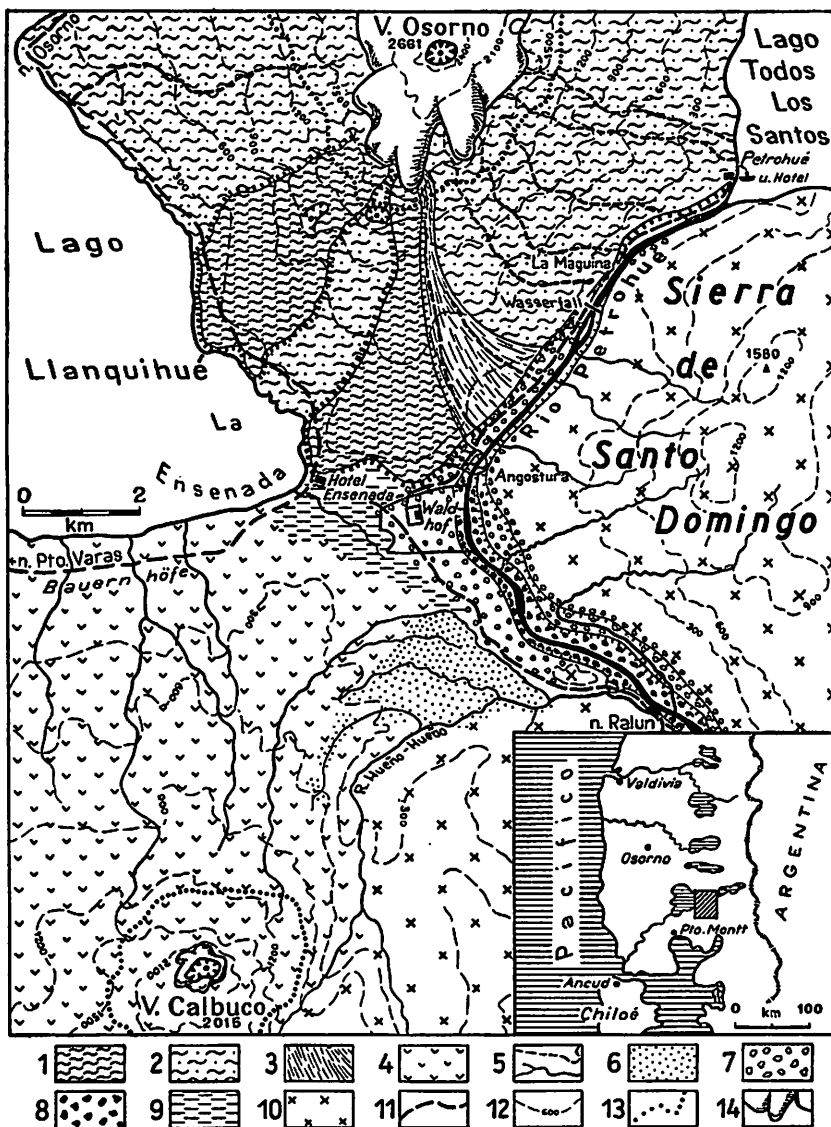


Figura 1: Croquis de la Cuenca de Ensenada.

1. Lavas modernas del volcán Osorno con escasa vegetación.
2. Lavas más antiguas, tobas y cenizas del volcán Osorno cubiertas en su mayoría por bosques.
3. Gran corriente de fango (zanjón) del volcán Osorno, con vegetación incipiente.
4. Lavas, tobas y cenizas del volcán Calbuco.
5. Arroyos o bien corrientes de fango de los volcanes (zanjones).
6. Gran cono de deyección del Calbuco.
7. Cenizas transportadas y aluviones del río Petrohué.
8. Terrazas fluviales más recientes del río Petrohué.
9. Pantano (Hualve Grande) en la zona límite de las arenas del Calbuco y Osorno (antiguo desagüe del Lago Llanquihue).
10. Rocas plutónicas de los Andes centrales (diorita, granito).
11. Caminos principales.
12. Curvas de nivel de 300 en 300 m.
13. Límite de la nieve en invierno.
14. Límite de las nieves perpetuas.

I. Ubicación de la plantación

Comunicaciones. — La Ensenada es un caserío que se extiende varios kilómetros a lo largo de la orilla Sureste del Lago Llanquihué; administrativamente pertenece a la comuna de Puerto Varas y a la Provincia de Llanquihué. El tráfico procedente de la frontera argentina se divide aquí, dirigiéndose en parte al Oeste, a la pequeña ciudad de Puerto Varas, distante 50 km., y en parte al Norte, a Osorno, capital de la provincia del mismo nombre, situada a 100 km. de distancia. Los caminos de acceso a las ciudades citadas son transitables durante todo el año con vehículos de todo tipo. Puerto Montt, Puerto Varas y Osorno son estaciones importantes de la red Sur de los Ferrocarriles del Estado de Chile y tienen, especialmente en verano, cómodas comunicaciones con la capital del país, Santiago, ubicada a 1.200 km. de distancia. Al Sur de Puerto Montt comienza la Patagonia occidental con sus innumerables islas, fiordos y canales antepuestos a la estrecha, mal comunicada y despoblada faja continental chilena.

La Ensenada se encuentra, por lo tanto, dentro del valle longitudinal chileno, en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, pero ya muy cerca del límite Norte de la Patagonia occidental. Sus coordenadas geográficas, determinadas en 1954 en el patio del Hotel de Turismo por personal del Observatorio Astronómico de la Universidad de Chile, son 41° 12' 24" de latitud sur y 72° 32' 46" de longitud Oeste de Greenwich.

Nos encontramos aquí en uno de los paisajes más bellos de Chile. Al fondo, la enorme cordillera de los Andes con sus elevadas cumbres nevadas y sus cadenas montañosas cubiertas de bosques; en primer término, el ancho valle central chileno con sus lagos marginales, praderas y fértiles campos, y en lontananza, la Cordillera de la Costa y el Océano Pacífico. Este cuadro atrae, año tras año, gran número de turistas que vienen a pasar sus vacaciones de verano a esta región, llamada con justicia la «Suiza Chilena».

Por Ensenada pasa también la corriente de viajeros que en viaje de dos días van, de Puerto Varas y Osorno, a San Carlos de Bariloche en Argentina a través del Lago Todos los Santos y del paso Pérez Rosales. Esta comunicación internacional se mantiene abierta en invierno y permite atravesar los Andes incluso cuando el Ferrocarril Transandino, Santiago-Mendoza, se ve obligado a paralizar su tráfico por exceso de nieve. La Ensenada no está en modo alguno tan aislada como pudiera deducirse del mapa; tiene un cómodo y acogedor hotel, Oficina de Correos y Telégrafos, un almacén, una Escuela Pública y un Retén de Carabineros. Aquí se habla casi exclusivamente alemán, pues las orillas del Lago Llanquihué fueron colonizadas por alemanes que emigraron a Chile a mediados del

siglo pasado. A su dura y centenaria labor se debe la transformación de una selva inhabitada en una de las provincias más florecientes de Chile.

El nombre de Ensenada proviene de una bahía de la orilla Noroeste del Lago Llanquihué, el mayor de los lagos chilenos. Según el mapa más reciente del Instituto Geográfico Militar, este lago está situado a 51 m. sobre el Océano Pacífico y su superficie es de 740 km²., notablemente mayor que la del lago de Constanza (540 km²)¹). Desde Ensenada se aprecia la mayor anchura de esta superficie lacustre a menudo azotada por el viento; la distancia a la pequeña ciudad de Frutillar, situada en la ribera Noroeste opuesta, es de 40 km.

Los volcanes. — El paisaje aparece dominado por el enorme cono del volcán Osorno, que desde los 51 m. se eleva hasta 2.661 m. sobre el nivel del mar. Con sus grandes campos de lava y corrientes de arena, el Osorno cubre — incluido el cerro de La Picada (1.710 m. de altura), que puede considerarse como ruina de una antigua caldera — una superficie de más de 25.000 Ha. Sus masas de materiales sueltos están inmovilizadas por glaciares suspendidos y neviza, los cuales cubren el tercio superior del volcán en todas las épocas del año. El Osorno, que es un volcán típico de estratos, debe a esta coraza de hielo, la conservación de su forma cónica, regular en todas direcciones. En el invierno el límite de la nieve desciende por debajo de los 300 m. y cubre también el bosque que se extiende hasta los 1.000 m. de altura por las faldas de la montaña. En parte, ese bosque ha sido destruido por corrientes de lava y arena. El Osorno es fácilmente accesible desde el Norte y el Este; en la ladera Norte hay algunos refugios. En invierno es punto de reunión de esquiadores y escaladores procedentes de las provincias de Llanquihué y Osorno. Pero también a los morfólogos ofrece un muestrario instructivo de todos los fenómenos imaginables del volcanismo.

DARWIN relata que el Osorno entró en actividad el 20 de Enero de 1835 y que siguió activo algunos meses ²). La erupción del 5 de Diciembre del mismo año sobrepasó en violencia a todas las anteriores.

Desde entonces no se han mencionado erupciones, lo que no quiere decir que el volcán pueda considerarse en modo alguno como extinguido. Según REICHERT, a través del cráter, tapado por un cono de hielo, siguen emanando vapores calientes³) y hacia el Noroeste se observa una franja negra sobre la cual no se acumula la nieve y donde los turistas pueden calentar sus provisiones. REICHERT, que había escalado trece veces el volcán Osorno, constató que la temperatura del vapor de agua que salía en 1913 del cráter era de 40° C; en 1938 los bordes del cráter estaban tan calientes «que la nieve colocada en latas de conservas enterradas en el suelo se derretía rápidamente, alcanzando el agua una temperatura adecuada para cocinar cómodamente». Sin embargo, 10 años de observaciones propias sobre las condiciones de la nieve en el volcán, desde el lado Sur, no indican que aumente continuamente la temperatura del Osorno.

A doce kilómetros al Noroeste de Ensenada se yergue un volcán algo menor, el Calbuco (2.015 m.), pero que ha sido en épocas recientes mucho más activo que el Osorno. Por su escasa altura, no tiene coraza de hielo,

sus materiales deleznable han sido arrastrados y las vertientes rocosas, cubiertas de nieve en invierno, impiden reconocer su naturaleza volcánica. Además no aparece tan aislado como el Osorno; se prolonga hacia el Suroeste en una cadena montañosa, llamada Cerros Rollizos, que alcanza hasta el estuario o fiordo de Reloncaví.

Mr. DOUGLAS, hombre de confianza de DARWIN, que efectuó sus observaciones en una isla al Este de Chiloé, informa que en 1835 entraron en actividad simultáneamente el Osorno y el Corcovado, situado algunos cientos de kilómetros al Sur, no mencionando el Calbuco, a pesar de encontrarse éste frente a la Isla Caucaihué, lugar de observación. Sabemos que el Calbuco estuvo en actividad en 1890 y que el 30 de Abril de 1917 hubo una prolongada erupción. De la última erupción del 6 de Enero de 1929 se acuerdan, por supuesto, todos los habitantes adultos de Ensenada. REICHERT⁴⁾ describe muy gráficamente en sus memorias cómo fué sorprendido por la lluvia de ceniza la mañana del día de la erupción, cerca de su propiedad a orillas del Lago Todos los Santos, y cómo remó durante dos horas en la más completa oscuridad, rodeado de fuegos de San Telmo, sin poder alcanzar la ribera totalmente invisible, a pesar de tener sólo 2,5 km. de ancho la larga bahía a orillas de la cual residía. La oscuridad duró desde las nueve de la mañana hasta el mediodía; todo el contorno, hasta el interior de Argentina, estaba cubierto de una capa de polvo gris de lava de varios centímetros de espesor; la nieve de los cerros se había ennegrecido; cadáveres de insectos y aves cubrían el lago. El análisis químico de la ceniza indicaba la presencia de algo de cal y ácido fosfórico, además de sales potásicas; transcurrió todo el verano hasta que las lluvias otoñales restablecieron las condiciones normales de la vegetación.

Cerca de Ensenada descendieron al valle enormes corrientes de fango, como resultado de la repentina fusión de la nieve por el calentamiento del volcán y tal vez también por lluvias locales. (En Cayutúe, propiedad de REICHERT, no llovió el día de la erupción, a pesar de la presión atmosférica extraordinariamente baja indicada por el barómetro). Muchos animales perecieron arrastrados por la corriente de arena y los que sobrevivieron pasaron hambre porque no encontraban alimento en los campos cubiertos de ceniza. Del cráter salió alguna lava que quedó en la ladera. El Osorno no mostró actividad alguna durante la erupción del Calbuco. Es digno de mencionar que estos volcanes, a pesar de encontrarse sólo a 24 km. de distancia, son totalmente independientes en su actividad, hecho que ya ha sido comprobado en otros lugares donde hay volcanes vecinos.

La Sierra de Santo Domingo. — Hacia el Este tenemos a 6 km. de Ensenada las escarpadas vertientes de un macizo granítico que se eleva hasta los 1.600 m. de altitud, llamado Sierra de Santo Domingo, atravesado interiormente por numerosos valles, y que ocupa en dirección Norte-Sur la zona entre el lago Todos los Santos y el estuario de Reloncaví. Aquí nos enfrentamos con la cordillera de los Andes, la Cordillera Real, la verdadera cordillera.

Como un bastión avanza la Sierra de Santo Domingo desde el Noroeste hacia Ensenada, para cambiar allí de dirección en el lugar más angosto

entre el lago y la Cordillera, dirigiéndose luego hacia el Sureste. Sus granitos claros se distinguen visiblemente de los oscuros basaltos de los volcanes descritos. Al pie de la Sierra de Santo Domingo se desliza el caudaloso río Petrohué, de aguas color esmeralda, que viene del lago Todos los Santos, formando cascadas y rápidos primero, y desembocando luego con curso tranquilo en el extremo Norte del estuario de Reloncaví, situado aproximadamente a 30 km. de Ensenada.

La Cuenca de Ensenada. — El Osorno al Norte, al Calbuco y sus contrafuertes al Sur y la Sierra de Santo Domingo al Este limitan una cuenca de unas 3.000 Ha., situada entre los 10 y 20 m. sobre el nivel del Lago Llanquihué, y que sólo está abierta hacia él, o sea, al Noroeste. Nos ocuparemos de los detalles de esta cuenca, porque en ella se encuentra la forestación que estudiaremos en este trabajo.

El origen de la cuenca puede deducirse fácilmente de las formas y cortes geológicos de los alrededores. Las terrazas lacustres que se observan en la ribera sur del Lago Llanquihué, a 10 km. de Ensenada, indican que en época postglaciar ese lago llegaba hasta el pie de la Sierra de Santo Domingo. Sin duda alguna, el lago desaguaba hacia el fiordo de Reloncaví por el mismo cauce que ahora sigue el río Petrohué para llegar al mar ⁵). Las corrientes de fango del Calbuco y los materiales sueltos del Osorno comenzaron ya entonces a rellenar este entrante del lago. El antiguo desagüe del lago, el cual se extiende desde Ensenada a lo largo del cono de deyección del Calbuco hasta llegar al pié de la Sierra de Santo Domingo donde se junta con el Petrohué, se reconoce aún hoy en forma de bajo pantanoso. Parece que en tiempos recientes, un ancho río de lava, que puede observarse a poca distancia detrás del Hotel Ensenada, obstruyó el desagüe del lago. Actualmente el lago desagua cerca de la pequeña ciudad de Llanquihué, en la ribera opuesta, atraviesa un paisaje típicamente morrénico y desemboca en el río Maullín, de 60 km. de longitud, el cual desagua finalmente en el Océano Pacífico. Esta situación fué ya notificada por PEDRO DE VALDIVIA al Emperador Carlos V después de descubrir en 1552 el río Maullín y el Lago Llanquihué ⁶). El desagüe da, incluso en los mapas, la sensación de una formación reciente, obstruyéndose con frecuencia, lo que origina una elevación del nivel del lago. Las condiciones de desnivel entre el río Petrohué y el Lago Llanquihué son actualmente tales que podría desviarse el río al lago al pie del volcán Osorno, o también derivar el lago al río dragando el desagüe antiguo al pie del Calbuco. La nivelación de precisión, efectuada a petición mía por el ingeniero KURT ACKERMANN (Puerto Montt), lo demuestra fehacientemente.

El río Petrohué. — Según W. MEYER-RUSKA⁷), el nombre Petrohué significa «el lugar donde se levantan las nieblas». El río ha intervenido decisivamente en la formación de la cuenca de Ensenada; observaremos primero su curso superior. Nace en el Lago Todos los Santos a algunos cientos de metros del puerto de igual nombre. Ese lugar es estación importante de trasbordo de los autobuses a los barcos y de restauración de viajeros; aquí almuerzan los turistas que vienen de Argentina y Chile, los primeros el segundo día y lo otros el primer día de su viaje de Puerto

Varas a San Carlos de Bariloche. El Puerto de Petrohué está a 18 km. de distancia de Ensenada; el curso superior del río Petrohué, encajonado entre la Sierra de Santo Domingo y el volcán Osorno, tiene unos 13 km. de longitud.

Si se asciende por un camino detrás del Hotel Petrohué al borde del valle, se puede observar el lado Este y Norte del volcán. El cono de deyección del Osorno tiene ya aquí muy poca inclinación, formando superficies, ora cubiertas de musgos y arbustos, ora arenales sin vegetación surcados por quebradas abruptas y a veces anchos valles dirigidos hacia el río. Normalmente las quebradas y los valles en estos arenales no llevan agua. Las aguas de deshielo de los glaciares suspendidos y campos de nieve sólo son visibles mientras discurren sobre lava; al alcanzar las masas sedimentarias del piedemonte se infiltran y llegan subterráneamente al río o al nivel de las aguas freáticas de la llanura. También las grandes corrientes de lava del lado poniente están totalmente secas, no encontrándose allí cursos superficiales de agua ni siendo posible obtener agua de pozo; los obreros forestales que habitan el lugar deben traer agua para bebida y consumo en carros cisternas desde el lago. Sólo cuando las aguas de deshielo y las fuentes aumentan su caudal más allá de lo normal, debido a situaciones meteorológicas extraordinarias, la arena no puede absorber toda el agua y el exceso se precipita al valle, arrastrando arena y piedras e incluso grandes bloques rocosos. Tales situaciones meteorológicas no son muy frecuentes; se suelen presentar cuando masas de aire tropical ascienden sobre el límite de las nieves y al producirse el deshielo repentino acompañado de lluvias intensas y persistentes. Crecidas catastróficas de los cursos de agua se presentan también cuando llueve sobre el nivel del límite momentáneo de las nieves. Tal fenómeno meteorológico fué observado el 28 de diciembre de 1956: después de un largo período de sequía, la mayoría de los torrentes llevaban agua color pardo-rojizo oscuro. Había niebla alta y la temperatura media del día fué de unos 17°C; un día, pues, de verano medianamente caluroso y sin lluvia; sin embargo, los torrentes traían agua. La explicación fué dada por el piloto de un avión que los dos días anteriores constató una inversión de temperatura, debido a la cual a 500 m. de altura se registraban 20°C y a 1.500 m., 26°C. La temperatura de las capas superiores de la atmósfera produjo la fusión de la capa de nieve y hielo del volcán Osorno. El mapa más reciente del Instituto Geográfico Militar presenta las quebradas y vaguadas como arroyos normales; hay aquí una interpretación errónea de las fotografías aéreas, las quebradas conducen agua sólo ocasionalmente, por lo cual habría sido más acertado indicarlas, con líneas de trazos, como torrentes. La gente del lugar los llama zanjones.

Las arenas volcánicas. — Cubren grandes superficies en las laderas Este y Norte del Osorno y son en gran parte materiales que fueron expulsados al aire por la presión de la erupción y que cayeron a considerable distancia del volcán, transportados por el viento. Las erupciones del Osorno han producido cantidades extraordinarias de material suelto, todo el cual parece haber sido expulsado por el cráter central. En contraposición a lo anterior, las masas de lava más recientes surgieron de

cráteres laterales que agrupados forman un saledizo a 1.200 m. de altura en el lado Suroeste del volcán. También al Sureste de la montaña, hacia el río Petrohué, se observa claramente desde abajo otro cráter secundario. En el año 1929, el Calbuco lanzó primero lapilli de pumita, arena y grandes cantidades de ceniza; recién terminada la erupción, surgió lentamente lava incandescente del cráter principal. Las erupciones del Osorno, espaciadas largamente, deben haber sido de mucha mayor consideración. Al viajar de Ensenada al Norte y a 8 km. de distancia, se atraviesa un campo compacto de lavas, pobre en vegetación y no meteorizado, que dá la sensación de ser reciente. El ya mencionado Mr. DOUGLAS comunicó a DARWIN que el Osorno «había lanzado enormes cantidades de cenizas y humo» durante 14 días a partir del 5 de Diciembre de 1835. En la orilla del Lago Llanquihúe opuesta al volcán Osorno se observan capas de cenizas de varios metros de espesor que cubren como guirnaldas las terrazas de sedimentación, cortadas ahora por obras camineras. A orillas del Petrohué se encuentran por todas partes arenas volcánicas del Osorno, las cuales cubren también, como veremos después, gran parte de la cuenca de Ensenada. Hay que darse cuenta de la enorme magnitud de las fuerzas que en el pasado modificaron la faz de la tierra y no debe olvidarse que el Osorno sólo descansa y en ningún caso está apagado. No hay que subestimar el riesgo que significa construir obras cerca de un volcán. Con los vecinos, que no se han amilanado con la presencia de dos volcanes, se comparte este riesgo, pero también la esperanza de que el gigante adormecido desde 1835 no despierte demasiado pronto.

La arena volcánica del Osorno es negro-azulada en estado húmedo, y gris claro a oscuro, en estado seco. Está constituida por granos de cantos vivos que no son más que trozos negros de basalto, piedra pómez o pomita y granos de escorias rojas. El tamaño de los granos es muy variable, según la posición y el lugar, y varía desde 10 mm. para la pumita hasta 2 mm. y menos para la lava pulverizada. Más irregular aún es la composición de las arenas transportadas por las corrientes de agua, encontrándose piedras de todos tamaños y bloques de basalto de varias toneladas de peso mezclados con bancos de grava y arenas gruesas y finas. Es de notar que las arenas húmedas desarrollan una importante fuerza adhesiva, formando bajo presión masas compactas.

La erosión del agua corriente forma en ellas taludes muy escarpados, y cuando la cohesión es considerable, taludes casi verticales de algunos metros de altura. Si esta arena se seca por efecto del viento y el sol, se desmorona paulatinamente; se desliza toda la capa seca, las piedras entremezcladas pierden su sustentación y caen, pero el talud vertical permanece porque la humedad de las capas interiores lo mantiene. No existen sustancias terrosas que tengan efectos cohesivos, pero en los depósitos más antiguos hay cenizas y arenas finas, es decir, la arena se aglutina solamente por la película de agua que rodea sus partículas y por las aristas dentadas de sus granos. Esta propiedad tiene gran importancia práctica: en una región en que escasean los períodos de sequía prolongada, pueden hacerse caminos sobre estas arenas y se trafica con vehículos ligeros por los mismos arenales, sin camino alguno. Las gravas y arenas

volcánicas pueden emplearse en la preparación de hormigones, dando además buen resultado como material para caminos cuando se le agrega escoria volcánica roja, pumita o ceniza (toba) como aglutinante.

Sobre la petrografía del Osorno son escasos los datos bibliográficos. Únicamente W. BRUHNS⁸⁾ estudió las lavas y cenizas recogidas en su expedición de 1852 al Osorno por el Dr. PHILIPPI y el cónsul Dr. OCHSENIUS, y que con fines científicos enviaron a Alemania en aquel entonces⁹⁾. El Dr. LAUER (Valdivia) me facilitó el acceso a tan especial publicación. En este breve trabajo describe BRUHNS brevemente 13 muestras de roca y concluye que las rocas eruptivas del Osorno deben considerarse como transición entre augita-andesita y basalto. Químicamente son basaltos. Se trata, pues, de una roca básica y pobre en ácido silícico que el autor define como «feldespato basáltico a veces sin olivino».

Las corrientes de lava. — Durante el estudio del curso alto del Petrohué efectuamos observaciones en los grandes arenales del lado Este del Osorno. Al bajar de nuestro mirador al valle vemos en la orilla opuesta del río las escarpadas y boscosas laderas del cerro Santo Domingo que llegan hasta el mismo río. Los deslizamientos y caídas de piedras son allí frecuentes y los arroyos que se precipitan sobre las escarpadas laderas arrastran derrubios al Petrohué; por tal razón, el río no sólo transporta materiales sueltos oscuros y rocas eruptivas del Osorno, sino también, y a veces, rocas plutónicas de color claro y de distintos tamaños que provienen del Santo Domingo. En nuestra orilla del río nos acompaña al caminar aguas abajo una faja boscosa que nos oculta una pared vertical, la cual discurre paralela al río y está constituida por viejos conos de deyección erosionados. Pero pronto advertimos que también hay masas de lava de espesor creciente y cortadas verticalmente, situadas sobre los detritos antiguos y que finalmente desaparece totalmente la arena y que la pared de lava no sólo llega hasta el nivel del río, sino que se levanta aislada hasta una altura de 10 m. en un lugar llamado «La Máquina».

En este lugar y en una distancia de unos 400 m., el lecho del río está constituido por rocas de lava que en el talweg aparecen fuertemente agrietadas y erosionadas, pero que en la otra orilla ascienden a considerable altura, uniéndose firmemente a los granitos del Santo Domingo. Si al comienzo, la anchura del valle — medida desde las laderas abruptas del Santo Domingo hasta la pared de lava — es de 80 a 120 m., en La Máquina tiene sólo 40 m., por lo cual la carretera internacional se construyó dinamitando la cubierta de lava. Más allá de La Máquina, la pared de lava retrocede algo y la capa de lava desaparece después de algunos cientos de metros, pero el escalón excavado de nuevo en materiales sueltos puede observarse a lo largo de 10 km. La pared de lava de La Máquina tiene aspecto reciente, carece de vegetación y la roca dura y compacta que para simplificar llamamos basalto¹⁰⁾, posee un ligero brillo grasiento, es de fractura concoidea y carece de grietas o estratificaciones. La superficie de esta corriente de lava, que no tiene capa de bloques sueltos, está cubierta de arena humífera y bosque bajo. Al pie de la pared de 10 m. de altura, en el lugar donde surgió un corte con explosivos, la roca tiene estructura

de columnas exagonales de algunos metros de longitud y de 80 a 100 cm. de diámetro. Antaño una ancha corriente de lava se desplazó del Osorno hasta las escarpadas laderas del Santo Domingo, bloqueando el valle del río Petrohué y represando durante largo tiempo el río y el lago Todos los Santos. Lentamente el río excavó el obstáculo, dejando la pared vertical como testimonio de su perseverancia. Pero allí donde la corriente de lava tiene mayor profundidad, tal vez por haber llenado el cauce de algún antiguo torrente, el río no ha podido hender la lava enteramente. El Petrohué, cuyas aguas tienen aquí color verde esmeralda, recorre 400 m. sobre rocas de lava, las cuales ha excavado, dejando atrás islotes rocosos de contornos pulidos y formando rápidas cascadas, para caer por un salto de 6 m. de altura a una amplia cubeta. Desde aquí el cauce ya no está formado por una roca sólida, sino por bloques sueltos y grandes piedras, producto de la labor destructora del río. La cubeta aguas abajo del salto constituye el nivel de base; la corriente de lava ha sido totalmente hendida hasta su base, estando aquí también situado el contacto con los detritos sobre los cuales discurrió la lava originariamente. Antes del salto, el río se bifurca; un brazo corre encajado formando grandes cascadas y rodea una isla que tiene alrededor de 300 m. de longitud. Río abajo, más allá de esta isla, ha desaparecido todo rastro de corriente de lava, dando así con su fin después de recorrerla en toda su anchura de casi 700 metros, 300 de los cuales los ha hendido el río totalmente, y los 400 m. restantes, sólo parcialmente.

Sobre la pared de lava que bordea el río se precipitan torrentes que provienen de los arenales y que han formado gargantas en ella y depositado conos de deyección a su pie. En los materiales sueltos consolidados, los torrentes forman gargantas secundarias que nos permiten estudiar el mecanismo de la erosión del agua corriente. Uno de los cortes más interesantes de este tipo se presenta más o menos a 1 km. aguas abajo del puerto de Petrohué, allí donde la carretera cruza el primer abanico detrítico. Si se asciende por este abanico en dirección hacia el Osorno, se llega a una quebrada limitada por paredes escarpadas, excavada en masas de materiales sueltos. Esta quebrada es el camino de un torrente que lleva agua sólo cuando llueve o después de una tarde calurosa, sin contar las crecidas ocasionales. El fondo de la quebrada está constituido por arena dura de reciente dispersión. El cauce varía en su anchura según la magnitud de la última crecida y a veces llega a ocupar toda la quebrada. Por todas partes aparecen grandes piedras y árboles delgados que han caído de las laderas. Las oscuras paredes están cubiertas de musgos y líquenes diversos; de vez en cuando se ven algunos calveros allí donde se ha desprendido una delgada capa de la pared juntamente con la vegetación. En los nichos húmedos crecen grandes helechos y magníficos ejemplares de ruibardo. (*Gunnera chilensis*, Lam.) Aquí podemos observar también en interesantes microformas el poder cohesivo de las arenas húmedas; donde la corriente de agua no las ha destruido, vemos a menudo diminutas pirámides de arena fina de 2 a 5 cm. de alto que tienen en la cúspide una piedrecita que a modo de sombrero las defiende de la erosión pluvial.

La erosión del agua corriente. — Continuando nuestra marcha llegamos a un lugar donde hay grandes bloques rocosos en el fondo de la quebrada. Mirando hacia arriba vemos que sobre la pared de arena se presenta ahora una nueva capa de lava. Es la misma corriente de lava que vimos descubierta en toda su potencia en La Máquina. Llama la atención el hecho de que la lava y la arena formen una pared lisa sin escalonamiento alguno; tal fenómeno no sólo se limita a las quebradas estrechas y sombrías, sino que es general en todos los cortes donde una capa de lava se superpone a las masas de materiales sueltos. Veremos inmediatamente como cambia el cuadro cuando el agua discurre sobre la capa de lava. Del lugar donde aparece la capa de lava por primera vez en la pared, hay que avanzar 100 m. hasta el término de la quebrada, la cual se ha ensanchado aquí y está cerrada hacia el Osorno por una pared vertical. La capa de lava tiene 2 m. de espesor, la de materiales sueltos, 4 m. Si se escala, no sin dificultad, la quebrada, se observa que ella es la continuación del cauce de un torrente que viene del volcán. Si bien la capa de lava está cubierta con arena, lo que impide su observación, el agua se ha encauzado en la arena, discurrendo ya antes de llegar a la quebrada sobre la capa de lava a través de un cauce sinuoso, cayendo finalmente a la quebrada. En las crecidas debe ser un espectáculo fascinante, aunque no es aconsejable subir entonces a la quebrada, porque está ocupada totalmente por el torrente. En esas crecidas son arrastradas hacia el valle cantidades fantásticas de arena y piedras. La expresión «corriente de fango» no es adecuada en este caso; nada recuerda aquí al fango, sino que se trata más bien de una espesa papilla de arena en la cual pueden flotar grandes piedras e incluso bloques.

A esto se añade la pronunciada pendiente del río Petrohué que, con arreglo a la diferencia de nivel entre los lagos Llanquihué y Todos los Santos, puede calcularse que asciende a 100 m. cada 10 km. También los torrentes pueden resultar peligrosos para el tráfico sobre la carretera que los cruza. ¡Ay del automovilista que se queda detenido en ellos cuando la corriente de agua empieza a aumentar! En pocos minutos, la masa de agua y arena llega hasta los ejes, el vehículo actúa como un dique, la arena penetra por debajo del capó en el interior del automóvil y el conductor puede darse por satisfecho si al día siguiente los habitantes de las inmediaciones se deciden a prestarle ayuda, desenterrando materialmente el vehículo con pico y pala. Casos de tal naturaleza se producen con relativa frecuencia a lo largo de la carretera internacional que conduce al puerto de Petrohué, la cual se ve obligada a atravesar siete torrentes o zanjones. Una vez que estos torrentes han desaguado en las épocas de crecida en el río Petrohué, puede imaginarse fácilmente que el río acaba saturándose rápidamente de masas sedimentarias.

Cuando esas masas pastosas de arena se precipitan sobre una capa de lava, socavan la pared en la superficie de contacto entre la lava y la arena, formando cavidades de forma lenticular. Cuando la cavidad ha profundizado bajo la capa de lava, ésta se quiebra, cayendo los escombros a la cubeta y siendo transportados a distancias variables según su tamaño. La capa de lava socavada se derrumba, pues, por su propio peso. Las super-

ficies de fractura son verticales, como corresponde a la estructura de estas rocas eruptivas. Este proceso es claramente observable en la cubeta final de la quebrada de referencia. Mientras que por lo común la capa de lava y las masas de derrubios forman una pared lisa, sin escalonamiento alguno, aquí la capa de lava está socavada fuertemente por las aguas de las crecidas anteriores; entre lava y arena se ha formado una cueva de 1,5 m. de altura, tomando la mayor altura bajo el cauce y reduciéndose hacia los lados. A diez metros de distancia de la pared yacen aún los escombros de la última fractura de la capa de lava; se midió el más grande de los bloques: tenía un volumen de casi 5 m³. y, por lo tanto, un peso de 15 toneladas, a pesar de lo cual ya había sido arrastrado unos metros aguas abajo por la corriente de arena. En 1953 aún no estaba allí, por lo cual deducimos que no hace mucho que se ha desmoronado otro trozo de pared. Se trata de la parte central del antiguo salto de agua, pues en su superficie se nota aún el surco excavado por el agua en la roca. Una corriente de agua con arena produce el efecto de una lima y corta la roca más dura; el chorro de arena usado en la técnica aprovecha ese efecto. La figura 7, que reproduce el salto del río Petrohué, aclara mucho ese proceso. Las aguas del río cargadas de arena han excavado su cauce en un enorme bloque de lava; el ahondamiento del cauce puede observarse de año en año y puede preverse claramente que este enorme bloque rocoso será aserrado pronto y, socavado, caerá a la cubeta y que el espectáculo tan atrayente del salto tendrá de improviso otro aspecto.

La Angostura. — Dos kilómetros aguas abajo del salto se ensancha el valle del Petrohué, y el bosque, que cerca del salto no sólo cubre las laderas del volcán, sino también su base, desaparece, y nos encontramos al seguir la marcha, sobre un ancho cono de deyección carente de árboles y dividido en forma de delta por algunos torrentes. Mientras los torrentes observados hasta ahora descienden del volcán como radios de una rueda, vemos que las aguas que bajan de la ladera Sureste cambian de dirección al pie del volcán, dirigiéndose al Este antes de desembocar en el Petrohué. La razón de este extraño comportamiento es una ancha corriente de lava de 20 a 100 m. de espesor que discurrió hacia el Este y no al Sur, como era de esperar, desde uno de los cráteres situado en la ladera Noroeste. Esta corriente de lava, antepuesta al pie del volcán al lado Sureste, forma un dique que protege la cuenca de Ensenada. Este dique, que impide que las aguas provenientes del volcán corran hacia el Sur, cruza también con gran anchura el valle del Petrohué, hasta ser detenido a su vez por las laderas escarpadas de la Sierra de Santo Domingo. También esta corriente de lava represó el río Petrohué por lo menos 10 m.; es dudoso que esto haya sucedido en la misma época que el represamiento de La Máquina. Mi impresión es que esta corriente de lava es mucho más reciente que la de La Máquina; más adelante trataremos de fundamentar esta impresión con nuevas observaciones en la misma cuenca de Ensenada.

No cabe duda sobre el represamiento del río, lo cual se puede observar muy bien en las terrazas fluviales ya descritas. Como el valle no está ya comprimido por las laderas del Osorno, la pared de la terraza fluvial se

desvía fuertemente hacia el Oeste, formando un ensanchamiento cónico que se extiende sobre la corriente de lava y desemboca directamente en la cuenca de Ensenada. Mientras duró el efecto de represamiento de esta última corriente de lava, el río esparció enormes masas de sedimentos en la cuenca de Ensenada, formando la superficie plana que constituyó el punto de partida de nuestras consideraciones. Sin duda, debajo de estos aluviones nuevos hay otros, más antiguos, que llegaron directamente desde el Osorno a la cuenca de Ensenada (en el lecho del Petrohué pueden observarse cortes de tal naturaleza en la época de estiaje), pero este fenómeno se produjo antes de formarse la corriente de lava de referencia. Lo que vemos ahora ha sido esparcido por el Petrohué, ya que si no, no encontraríamos bloques diseminados de granito del Santo Domingo en la superficie de acumulación. Sólo el río pudo arrastrarlos, y no los torrentes que bajan del Osorno. Al desaparecer la terraza del curso superior del río en la cuenca de Ensenada, la superficie de acumulación forma el nivel superior de una nueva terraza fluvial que se generó cuando el río comenzó a excavar la corriente de lava. Actualmente este obstáculo está totalmente eliminado en una parte estrecha; allí se levanta en la ribera derecha una pared de 10 m. de altura, mientras que en la otra ribera sólo se conservan restos de la corriente de lava que alcanzan únicamente la mitad de esa altura. El río forma allí una angostura de apenas 60 m. de ancho y, por consiguiente, un punto ideal para construir en ese lugar, en el futuro, un puente sobre el río Petrohué.

El abanico aluvial. — El corte de la corriente de lava por el río, en Angostura, tiene que haber exigido bastante tiempo, aunque la anchura y espesor de la corriente de lava son inferiores a la de La Máquina. Han tenido que formarse varios niveles de base de altura decreciente que se reflejan en las terrazas fluviales aguas abajo de Angostura. La nivelación del ingeniero Sr. *Ackermann*, que se extendió desde el nivel del lago Llanquihué a lo largo de la carretera internacional hasta el río Petrohué, indica que la mayor altura de la carretera es de 28,45 m., o sea, 79,45 m. sobre el nivel del Océano Pacífico. Esta cota se alcanza poco antes de llegar al río Petrohué. Ese sería el nivel de la superficie del gran abanico aluvial próximo a Angostura; luego sigue la primera terraza fluvial, cuyo nivel es 2,75 m. más bajo y que se utilizó para el trazado de la carretera internacional, en la cuenca superior del Petrohué. Desde este escalón se bajan 9,36 m. hasta la orilla del río. Un kilómetro aguas abajo de Angostura el río ya se ha encajado 12 m. en la capa de materiales sueltos. A 1,5 km. de este lugar, aguas abajo, el nivel de la superficie aluvial es de 19,20 m. sobre el nivel del lago, continúa luego una terraza de 8,41 m. de altura, una segunda de 4,59 m. y finalmente un peldaño de 2,44 m. de altura. El nivel del Petrohué cerca de Angostura es de 16,64 m. sobre el lago y a 1,5 km. aguas abajo se reduce a 3,85 m. El río se ha encajado 15,5 m. en la superficie de acumulación de la cuenca de Ensenada, con una pendiente de 12 m. en 2,5 km.; 2,5 km. más allá se ha encajado ya 18 m.

Toda la escarpada orilla derecha del río está constituida por material de acarreo de manifiesta estratificación cruzada o de delta, predominando arenas y gravas, grandes piedras y voluminosos bloques de lava. El fondo

del cauce lo forman solamente grandes escombros de lava; el material fino ha sido arrastrado y los grandes bloques han quedado formando el lecho. Pero también estos bloques, que pesan toneladas, pueden ser a veces movidos; durante las crecidas suele oírse et ruido sordo que producen al chocar entre sí.

El curso inferior del Petrohué. — Cinco kilómetros más adelante, río abajo, la pendiente del Petrohué disminuye apreciablemente; su curso se hace más tranquilo, bancos de arena reemplazan a las piedras y rocas y el río comienza su curso medio e inferior. Antes de abandonar la cuenca de Ensenada para buscar su salida al mar entre el cono del Cerro Téllez y los contrafuertes del Cerro de Santo Domingo, desemboca en el río Hueño-Hueño, que acarrea gran cantidad de aluviones y que baja del volcán Calbuco. Desde allí, el Petrohué se hace navegable para botes a remo y motor. Para el silvicultor es importante saber que no sólo se puede balsear madera en este tramo hasta el estuario de Reloncaví, sino que las balsas pueden ser remolcadas hasta el puerto de Cochamó, donde pueden fondear para cargar la madera buques de altura de gran calado. Dados los elevados fletes por carretera y ferroviarios, el transporte por río y mar, a apenas 35 km. de distancia, debe ser más económico que el transporte por carretera a Puerto Montt, con un recorrido doble del anterior.

El estudio de las condiciones especiales del curso superior del Petrohué nos ha evidenciado importantes conocimientos sobre la formación y estructura de la cuenca de Ensenada. Hemos estudiado primero el material suelto lanzado por el Osorno y comprobado que cuando el agua corriente discurre con una pendiente adecuada es capaz de transportar cantidades considerables de este material. Hemos constatado que dos corrientes de lava cruzaron el angosto valle entre el Osorno y el Santo Domingo represando el río. En un ejemplo comprobamos cómo el río con aguas cargadas de arena hiende estos obstáculos, eliminándolos lentamente por fractura y socavación. Finalmente observamos en las terrazas fluviales que la corriente de lava que cerraba el valle fué superada por el río y que las masas de agua esparcieron — como saliendo por una tobera — el material arrastrado en la cuenca de Ensenda.

Formación y edad del abanico aluvial. — Hubo, pues, un tiempo en que la cuenca de Ensenada era una gran zona de inundación; el río estaba dividido en varios brazos que modelaron la superficie de la cuenca, formando cauces poco profundos de aguas lentas, lo cual se puede observar aún hoy. El río Petrohué, sin embargo, no ha variado su curso ni ha desembocado en el lago Llanquihué; todo indica más bien que si ocasionalmente corría agua sobre la barrera, los brazos con agua volvían al valle fluvial propiamente dicho después de describir una curva, y el Petrohué, después de discurrir por la cuenca, seguía su curso entre el Cerro Téllez y el Santo Domingo.

La repartición del material arrastrado se regía por el principio: «a menor peso del material, mayor distancia de transporte». Cerca de la ribera escarpada del río y hasta una distancia de 1 km., la superficie del abanico aluvial y, por lo tanto, también las capas profundas, presentan

grandes trozos de lava diseminados, de varias toneladas de peso, que tendrían que dinamitarse para poderlos apartar. Pero ya a 2 km. del río, en el lugar donde hemos cavado algunos pozos, las piedras que aparecen en las capas no excedían de las dos toneladas, y, por lo tanto, podían ser extraídas con relativa facilidad mediante polipastos. En todas partes se encuentran bancos de grava, no muy gruesa, pero la gran masa del material de acumulación es arena volcánica de distinto grado de finura, tal como fué expulsada por el Osorno en sucesivas erupciones. A 3 km. del río cavamos un pozo de 5 m. de profundidad, y hallamos sólo arena gruesa y ninguna piedra, pero desgraciadamente tampoco agua. El lugar estaba más o menos en la divisoria de aguas entre la zona de inundación del Petrohué y el bajío pantanoso al pie del Calbuco. Si se pasa este límite o se cava un foso se encuentran capas de material negro fino y compacto de ceniza y toba. Las aguas de inundación formaron aquí grandes charcas y el agua así estancada ha precipitado los materiales suspendidos. Cuanto más se aleja uno del río, más fino es el material de acumulación.

El abanico aluvial del Petrohué estaba cubierto en 1948 de arbustos y renovales tan tupidos, que sólo se podía atravesar por senderos macheteados al efecto. Cuando se cortaron los matorrales para construir la casa y dependencias, y sobre todo cuando se limpió el terreno para la plantación, quedaron a la vista detalles que arrojan mayor luz sobre la formación y edad de la superficie de acumulación. Lo primero que nos llamó la atención al limpiar la zona de la casa, a 2 km. al Oeste del río, fueron varias zanjas de 10-12 m. de largo y 50 a 60 cm. de diámetro que en general presentaban una orientación Este-Oeste y que al ser limpiadas tenían restos de madera muy descompuesta. Se trata al parecer de grandes árboles caídos al suelo por acción del viento o la socavación de las aguas de inundación. La caída de los árboles sucedió antes o durante la inundación, como lo demuestra el hecho de que tales zanjas se encuentren generalmente sobre elevaciones del terreno; el agua encontraba allí un obstáculo y tenía que rodearlo erosionándolo. Nada tiene, pues, de extraño que algunos bloques de roca hayan formado elevaciones del terreno en la zona de inundación, pero del hecho de que hayan sido formadas por árboles caídos podemos deducir que la cuenca de Ensenada en la época de las inundaciones estaba cubierta de selva virgen, destruída por el río Petrohué en toda la zona inundada. La existencia de selva virgen indica que el lago Llanquihué tenía entonces aproximadamente el mismo nivel que tiene ahora. Es de suponer que los troncos enterrados se descompusieron con relativa lentitud, pero el hecho de encontrar restos de madera en las zanjas indica que la gran superficie de acumulación del Petrohué es de formación reciente. En la zona de inundación no hay actualmente ningún árbol de más de 80 años; fuera de ella los hay que tienen por lo menos 200 años.

Antes de profundizar en este asunto, llamamos la atención sobre otro fenómeno situado más cerca del río, a 3 km. aguas abajo de Angostura. Aquí se encuentran en el suelo algunos orificios redondos de 8 a 10 m. de profundidad. En la superficie, estos agujeros tienen un diámetro de 80 cm.

y en el fondo seguramente más; están totalmente vacíos y piedras y arena limpiamente ordenadas forman sus paredes verticales. Este fenómeno sólo puede tener la interpretación siguiente: algunos grandes árboles quedaron en pie durante la inundación y fueron tapados por el aluvión, ya no muy violento en esa zona. La madera se ha descompuesto totalmente sin dejar resto alguno, quedando como molde el espacio que ocupaba el árbol. Esos orificios profundos, que son un peligro para el hombre y los animales, pueden observarse también río abajo, en terrenos pertenecientes a mi vecino. A este respecto surge la pregunta de cuántos decenios puede conservarse tal agujero con paredes de arena y piedra débilmente aglutinadas.

La reconquista vegetal de diversos suelos. — Ya hemos indicado que los árboles más viejos de la superficie aluvial tienen de 70 a 80 años. Si por lo tanto las grandes inundaciones destruyeron el bosque originario y cubrieron el antiguo suelo nemoral con un potente manto de material volcánico estéril, el tiempo necesario para que, bajo las circunstancias dadas, fuese recuperada por el bosque una superficie devastada de casi 1.000 Ha., nos suministra otro elemento de juicio para determinar la fecha en que se produjo la catastrofe. El doctor WOLFFHÜGEL, recientemente fallecido, el cual vivió durante varios decenios en Cayutúe, en el lago Todos los Santos, relata en una de sus últimas publicaciones¹¹⁾ sus observaciones sobre el particular, en lava de bloque y en los arenales del Osorno. Para comenzar, constata que todos los volcanes del Sur de Chile constituyen, en relación con la revegetación de sus suelos eruptivos, un tipo especial. En la lava de bloque reciente puede crecer bosque con ayuda de bacterias y algas azules, así como también con ayuda del musgo *Rhacomitrium Hypnoides*, el cual sirve de suelo y proveedor de agua a las especies arbóreas autóctonas, especialmente al coihué (*Nothofagus dombeyi*). WOLFFHÜGEL estima probable que la corriente de lava estudiada por él, la cual se extiende cerca y al Norte del Hotel Ensenada, se produjo durante la erupción de 1835 del volcán Osorno, opinión a la que me adhiero. Donde hay humedad suficiente, esto es, allí donde la corriente de lava se hunde en el lago Llanquihué, ya se ha formado un cinturón de bosque cerrado de igual edad y asociación que el de la zona aluvial del Petrohué. Donde no hay agua subterránea, continúa la revegetación forestal en forma de manchas que, según observé personalmente, se secan totalmente en años poco lluviosos; sólo el musgo resiste las más largas sequías y sirve de nuevo como suelo de almácigo a las semillas de los árboles. Este musgo ha alcanzado gran extensión en la cuenca de Ensenada en las partes donde el suelo es rocoso o arenoso; cubre extensas áreas de los arenales basales del Osorno, formando almohadillados de 10 a 15 cm. de espesor, tiene color gris blanco durante la sequía y se torna verde oscuro inmediatamente después de la lluvia. Las condiciones de revegetación sobre lava de bloque seca, en la cual el árbol sucede inmediatamente al musgo, tiene menos importancia, según WOLFFHÜGEL, para nosotros que la repoblación vegetal de las superficies arenosas. También aquí el musgo desempeña un papel preponderante, pero aquí le suceden — al menos al comienzo — ericáceas asociadas con el musgo, como

la chaura (*Pernettya mucronatta*, Dc.) y mirtáceas como la murta (*Ugni molinae*, T.), arbustos bajos que dan a las superficies arenosas recién repobladas un marcado carácter de landa. La permeabilidad del terreno, o sea, la capacidad de retener y almacenar agua, es aquí, por supuesto, de gran importancia. Cuanto más antigua sea la capa de musgo, cuanto más restos vegetales impermeabilicen la arena, tanto mayor será la capacidad de acumulación de agua, tanto más espesas crecerán las plantas de landa, hasta que eliminen al musgo y se adueñen del terreno. Todos los arbustos citados tienen frutos carnosos comestibles que sirven de alimento a numerosas especies de aves. Las semillas, expulsadas sin digerir por las aves y acompañadas a su vez de sus excrementos, germinan prontamente en los suelos cubiertos de musgo. En las superficies arenosas, los árboles exigen para su desarrollo la sombra y la protección de los arbustos de landa más arriba mencionados. Esta formación vegetal se ha llamado en Chile «landa de chaura», y tal designación también es aplicable a la vegetación aluvial del río Petrohué. Cuando más permeable es el suelo, tanto más predomina el carácter de landa, y en partes totalmente secas no crece ni la chaura, y sólo el musgo cubre el suelo. Cuando más impermeable es la superficie o cuanto más alto el nivel de las aguas subterráneas, tanto más espeso crece el boque. Pero si en lugar de capas de arena, el suelo está compuesto por capas de ceniza y toba, que tienen gran capacidad de retención del agua y que pueden ser impermeables, entonces los helechos reemplazan al musgo y al matorral de landa: *Gleichenia Spec.* en terrenos donde no hay aguas detenidas y *Blechnum chilensis* (Mett.) en terrenos húmedos y pantanosos. WOLFFHÜGEL comprobó que en Chile, contrariamente a lo observado en otros países, los helechos no desempeñan ningún papel en la repoblación vegetal de las regiones volcánicas estériles del Sur, sino solamente el musgo *Racomitrium*. Esto, sin embargo, sucede sólo en corrientes de lava y arenas permeables, las cuales habrían permanecido probablemente sin vegetación en zonas menos lluviosas. En Ensenada, con un promedio anual de 2.500 mm. de lluvia, sobreviven los musgos y sus sucesores. En aquellas partes donde los materiales volcánicos son finos y pulverulentos y forman suelos impermeables sólo crecen los helechos.

Esto se puede corroborar por una antigua descripción de la repoblación vegetal del Krakatoa. El Dr. TREUB, director del Jardín Botánico de Buitenzorg, quien visitó la isla de Krakatoa en junio de 1886, o sea, 3 años después de la gigantesca erupción, en compañía del ingeniero VERBEEK, relata¹²⁾ que la nueva vegetación de la isla devastada estaba constituida exclusivamente por criptógamas. Observó también que toda la zona estaba cubierta por una capa de ceniza de 1 a 60 (!) m. de espesor. Las algas azules hicieron aquí también el trabajo de colonización para los helechos, tal como sucede con el musgo en el Osorno. Krakatoa pertenece a las pequeñas islas de la Sonda, de clima tropical y cuya pluviosidad anual podría ser similar a la del Sur de Chile.

Ya sea que los volcanes de Ensenada producen más arena que ceniza o bien que es rápidamente arrastrada al valle por las lluvias, en realidad las capas de ceniza sólo se encuentran en lugares de acumulación secundaria, por lo que predominan la arena y el magma solidificado alrede-

dor del Osorno y del Calbuco. Por eso, la repoblación vegetal de estas superficies secas se realiza con aquellas plantas que pueden resistir la sequedad del suelo y la aridez estival. Los helechos no pertenecen, por cierto, a las plantas xerorresistentes. El tipo y la duración de la repoblación vegetal dependen del suelo y del clima; están condicionados por la estación ecológica y varían con ella.

De lo anterior se desprende que una corriente de lava, formada en 1835, está cubierta de bosque a orillas del lago Llanquihué hasta donde alcanza el agua subterránea, y que este bosque es semejante en edad y aspecto al que cubre las superficies aluviales del Petrohué en las zonas donde hay agua subterránea. Cuanto más nos acercamos al río encajado en el material aluvial, esto es, cuanto más profundo es el nivel de las aguas subterráneas, tanto más raro se hace el bosque y tanto más se acentúa el carácter de landa del paisaje. Propietarios más antiguos me han relatado que en su juventud las partes de la cuenca de Ensenada cercanas al río estaban descubiertas, podía transitarse por doquier y sólo crecía chaura. Los animales se dejaban sueltos y se podían controlar fácilmente gracias a la buena visibilidad. Por este motivo de tipo práctico han conservado este hecho en la memoria. Hace 50 años, por lo tanto, el suelo era aún demasiado permeable e inadecuado para producir un bosque cerrado. En 1948, estas partes de la zona aluvial estaban cubiertas de matorrales impenetrables de chaura, murta y renovales, entre los que predominaban el muermo (*Eucryphia cordifolia*, Cav.) y el avellano (*Guevina avellana*, Mol.) de hoja caediza, al lado de algunos coihúes aislados, y de mayor edad. Si es, pues, posible que en 50 años se cubra una landa de árboles, gracias al clima especialmente favorable del Sur de Chile y a pesar de las condiciones del suelo, francamente desfavorables, no estaremos desacertados en concluir, después de nuestras investigaciones, que han bastado 120 años para repoblar, con la vegetación que hoy observamos, la zona de inundación — totalmente devastada y estéril — del río Petrohué.

El resultado de nuestras investigaciones ha aclarado, pues, que la corriente de lava que interceptó el valle en Angostura se produjo en el último período de gran actividad del Osorno, esto es, entre 1832 y 1835. Al bloqueo del valle se sumó otra circunstancia que aumentó el caudal del río, pues el calor de las erupciones tuvo que derretir la nieve y la coraza de hielo del volcán, de tal forma que enormes cantidades de agua juntamente con los materiales arrastrados llenaron pronto el valle, aguas arriba de Angostura. En una catástrofe natural inigualable, estas masas de agua desbordaron el dique de lava, precipitándose en la cuenca de Ensenada y cubriéndola con espesas capas de material arrastrado. Como vimos anteriormente, se encuentran en la cuenca muchos testimonios de tal acontecimiento.

Los límites de la plantación. — Hemos tratado detalladamente todo lo concerniente a la superficie aluvial del Petrohué, porque allí está localizada la plantación principal del autor. La plantación limita al Norte con una larga recta de la carretera internacional que va de Ensenada al lago Todos los Santos. Al otro lado de la carretera se encuentra una faja de bosque de 200 a 300 m. de anchura; así como también el extremo Sur

de la corriente de lava que se extiende de Este a Oeste y que alcanza hasta Angostura. Hasta la próxima gran erupción del Osorno, este dique de lava defenderá la cuenca de Ensenada de los torrentes del volcán. Ya hemos visto que la corriente de lava mencionada obliga a desviarse hacia el Este, o sea, hacia el río, a las aguas de deshielo que descienden por la vertiente Sur del Osorno. El relieve de la superficie aluvial es escaso, el terreno llano y el suelo duro y permeable, permitiendo en todas partes el empleo de vehículos con neumáticos, si bien sólo hasta la ribera escarpada del río. La zona de terrazas de la orilla derecha del río es tan accidentada y está de tal forma rellenada de grandes bloques de roca, que se hace inadecuada para una plantación, a pesar de presentar partes bastante anchas y de no ser muy profundo el nivel del agua subterránea. La plantación llega, por consiguiente, hasta el borde de la última terraza y está limitada hacia el río por un barranco, aunque los derechos, de propiedad llegan hasta el río mismo. La plantación limita al Oeste con un camino público que va de Ensenada a Ralún en el estuario de Reloncaví. Este camino es transitable con vehículos sólo hasta el río Hueño-Hueño, desde allí se sigue a caballo hasta el mar. Existe, sin embargo, el proyecto de convertir esta importante vía en carretera para tráfico de vehículos. 13 km. de esta nueva carretera ya han sido trazados y en parte construídos, existiendo dentro del predio del autor una ruta definitiva con la cual limita la plantación al Oeste. Al Sur, una cerca separa la plantación de la propiedad del vecino. La zona comprendida dentro de los límites mencionados tiene forma de trapecio oblicuo: su longitud máxima en dirección Norte-Sur es de 2,5 km.; su anchura máxima normal a la dirección anterior es apenas de 2 km., lo que da una superficie útil de 300 Ha. La plantación está enteramente sobre la superficie aluvial del río Petrohué y forma, por lo tanto, una unidad en cuanto se refiere a los factores ecológicos: emplazamiento, clima y suelo.

El Hualve Grande. — El camino nuevo a Ralún discurre casi exactamente por el límite entre el abanico aluvial del Petrohué y la zona basal del Calbuco que desciende hacia el pantano (hualve). Aquí tenemos a disposición 100 Ha. más para plantaciones. La faja entre la carretera y el pantano tiene alrededor de 500 m. de ancho, y posee en parte un carácter esencialmente distinto al de la zona aluvial del Petrohué. Al Oeste hay landa de «pernettya», pero a medida que nos acercamos al pantano, el bosque se torna más espeso, aparecen más helechos y mirtáceas que sobrepasan en altura a un jinete con su cabalgadura y forman un sotobosque que reemplaza a la chaura. Quedan en pie aquí algunos coihúes muy viejos que han sobrevivido a las erupciones e inundaciones. Pero todos ellos están enterrados en una capa de un metro de espesor de material fino; si se descubren sus raíces se comprueba que, en lugar de uno, formaron dos horizontes de raíces, para adaptarse así a la capa sedimentaria. Estos coihúes están, según nivelación, a 3 m. sobre el nivel del agua del pantano, que a su vez está a 10 m. sobre el lago Llanquihué. Las orillas del pantano, que tampoco se inundan en invierno, están cubiertas en un ancho de 60—100 m. por un bosque alto predominantemente de coihué, con un desarrollo en altura inhabitual en esta especie. También el ave-

llano, que se presenta sólo como arbusto alto en la landa de «pernettya», se desarrolla aquí como árbol de tronco alto. Si el coihué alcanza apenas 12 m. de altura en la landa, a orillas del pantano hemos medido coihúes de 80 cm. de diámetro a la altura del pecho y 33 m. de altura. Hay además coihúes de sólo 25 cm. de diámetro y la misma altura. El agua subterránea está a 1 m. de la superficie y el suelo está húmedo aún en verano, debido a la sombra y a los efectos de la capilaridad. Este es el dominio de los helechos «blechnum», que también cubren grandes extensiones del pantano. La faja de bosque alto es única en la comarca, y constituye una excepción que demuestra que el coihué, que es un árbol de suelos permeables que depende de las precipitaciones, puede adaptarse y crecer bien en suelos húmedos.

Las condiciones del suelo serán tratadas en un capítulo posterior; aquí mencionaremos únicamente que el suelo del pantano está compuesto de arena fina y ceniza. Para simplificar llamaremos toba a esta tierra negra. Cuando se seca se deshace en polvo gris; la humedad la aglutina, y con exceso de agua forma una masa pastosa.

El pantano que se extiende a lo largo del pie Norte del Calbuco y que ocupa las partes Sur y Suroeste de la cuenca de Ensenada, está formado principalmente por esta papilla de toba, cuyo espesor varía, según el lugar, de 0,5 a varios metros. Las aguas se dividen en el pantano a 3,5 km. aproximadamente del lago Llanquihué. Un arroyo que baja de la vertiente Norte del Calbuco ha formado un escalón del terreno: al Oeste de este escalón, las aguas del pantano corren hacia el lago Llanquihué; al Este, al río Hueño-Hueño, que nace también en el Calbuco, pero más al Este del arroyo ya citado. La zona occidental del pantano llamado «Hualve Grande», recibe sus aguas subterráneas de la superficie aluvial, aguas que corren de Este a Oeste y que afloran en los puntos bajos. Desde el Osorno se infiltran aguas a través de la última corriente de lava, las cuales brotan a borbotones en el pantano, cerca del Hotel, en días de intensa lluvia o deshielo. Las aguas del «Hualve Grande», coloreadas por su contenido de hierro bacteriígeno, desembocan en el lago Llanquihué cerca del Hotel Ensenada y aún más al Sur, a través de varios arroyos. La zona oriental del hualve recibe agua casi exclusivamente del Calbuco, cuyas masas sueltas han sido casi totalmente lavadas. Las aguas de este volcán bajan, por lo tanto, formando arroyos visibles, sin dar lugar a torrentes como los del Osorno en sus laderas Norte y Este. Mientras que la zona occidental del hualve tiene de 200 a 500 m. de anchura, la oriental se hace cada vez más estrecha, porque un gran cono de deyección que acompaña al río Hueño-Hueño en ambas orillas, ha colmatado en gran parte el bajo. Un arroyo sin nombre avena el pantano, cruza varias veces el camino de Ralún y desemboca finalmente en el Hueño-Hueño.

El pantano está cubierto por helechos y juncos y de bosque en sus orillas firmes, bosque en el cual encontramos al lado del coihué siempre verde, el ñire (*Nothofagus Antarctica*, *Oerst*) caducifolio y otras especies típicas de los pantanos del Sur de Chile, como el canelo (*Drimys winteri*, *Forst*), el tepú (*Tepualia Stipularis*, *Gr.*) y el arrayán (*Eugenia chequen*, *H. et. A.*). El hualve no se puede recorrer en invierno ni a pie ni a caballo; en verano,

con aguas mínimas, puede irse saltando de raíz en raíz o haciendo camino con tablas o palos. Sólo en un lugar estrecho cerca de la línea divisoria de aguas se ha construido un camino con troncos que une las dos orillas del pantano. El drenaje y cultivo de esta zona pantanosa serían en todo sentido antieconómicos, ya que las zanjas de desagüe se obstruirían constantemente con el fango; la forestación u otro tipo cualquiera de aprovechamiento es, por lo tanto, imposible. Únicamente en el borde no inundado del pantano, donde el suelo está constituido por toba, hay partes donde puede obtenerse buen suelo para cultivo y pastos, mediante roza y drenaje. También el gran abanico aluvial del río Petrohué es improductivo, ya que los viejos coihúes de la landa se utilizan solamente para leña. El bosque artificial convertirá esta zona estéril de landa en productora de madera de sierra. Se necesitarán a lo menos 60 años de mejoramiento del suelo por medio del bosque artificial, antes que sea posible entregar estos terrenos al aprovechamiento agrícola.

Hemos finalizado nuestra gira por la cuenca de Ensenada. Partiendo de las comunicaciones hemos encontrado que la cuenca está rodeada por tres lados de altas montañas y que sólo está abierta hacia el lago. Hemos analizado la historia de ambos volcanes y encontramos en el cauce alto del río Petrohué testimonios de la enorme actividad del volcán Osorno. Ello nos condujo al estudio de la formación y edad de la superficie aluvial que ocupa gran parte de la cuenca de Ensenada. Sobre esta superficie, al pie meridional del Osorno, está el lugar objeto de este estudio, esto es, la estación ecológica* donde está situada la plantación del autor, cuyos límites ya han sido descritos. Al final hemos estudiado el gran pantano en la parte Suroeste de la propiedad, explicando la situación de la estación. Tras de analizar los factores morfogenéticos, vamos a estudiar la ubicación de la plantación desde el punto de vista silvicultural.

* N. del T.: El término alemán „Standort“ será traducido de aquí en adelante por la locución castellana „estación ecológica“ o, simplemente, „estación“, versión propuesta en la única *Geobotánica* de autor de lengua castellana: la de E. HUGUET DEL VILLAR, Barcelona, 1929, pp. 15 y ss.

II. El clima

La República de Chile pertenece a aquellos países sudamericanos cuyo clima general o macroclima ha sido mejor investigado. Existe una red de observatorios meteorológicos desde 1868¹³⁾ y, en consecuencia, nos podemos orientar muy bien, a base de la bibliografía existente, sobre las condiciones climáticas del país. Del cúmulo de detalles solo nos referiremos, pues, a los más importantes.

Chile está situado casi enteramente al poniente de la Cordillera de los Andes. Tres factores principales determinan su clima: la corriente fría de Humboldt, la zona subtropical de altas presiones al Oeste de Juan Fernández y la zona de bajas presiones ubicada al borde de la Antártida, al Occidente de la Tierra de Graham. Mientras que la influencia de la corriente de Humboldt es constante, no lo es así la de las zonas de presión, la cual varía según su posición e intensidad. La zona subtropical de altas presiones se desplaza en invierno hacia el Norte, siguiendo al sol; en verano, hacia el Sur. Debido a la influencia de la corriente de Humboldt, la mayor parte de la costa de Chile tiene clima demasiado frío para su latitud geográfica. El territorio nacional abarca 38° de latitud y, en consecuencia, el clima no es uniforme, sino que varía con la latitud. Se distinguen 4 zonas climáticas: 1) la zona seca del Norte de Chile, hasta los 29° de latitud Sur; 2) la zona Central cálida, hasta los 38,5° de latitud Sur; 3) la zona Sur lluviosa, incluida la provincia de Chiloé, hasta el Golfo de Huafo a los 43° de latitud Sur, y 4) la zona de Patagonia y Tierra del Fuego, hasta el extremo Sur. A nosotros sólo nos interesa la tercera zona, especialmente la provincia de Llanquihué, con el observatorio meteorológico de primer orden de Puerto Montt (41° de latitud Sur).

El Dr. CARL MARTIN, fallecido en 1907 en Puerto Montt, cuya benéfica labor como médico y naturalista se extendió a través de seis lustros en las provincias de Puerto Montt y Chiloé, tiene el mérito de haber sido el primero en efectuar observaciones meteorológicas minuciosamente exactas¹⁴⁾. En los Anuarios de la Oficina Central de Meteorología de Santiago se publicaron sus valiosos datos de 1870—71 y 1888—1906. El servicio meteorológico chileno, reorganizado en 1910 por el Dr. W. KNOCH, proporciona desde entonces material de observación fidedigno. La Oficina Meteorológica de Chile estaba, por lo tanto, en condiciones de calcular los valores medios para Puerto Montt a base de una serie de observaciones de 30 años (1911—1940) y de ponerlos a disposición de los interesados. Quiero agradecer aquí al actual Jefe del Servicio Meteorológico de Chile, DON UBALDO MATASSI IVALDI, su cooperación reiterada y sus sugerencias.

Los valores medios de las observaciones de 30 años en Puerto Montt no se alejan mucho de los promedios de 14 años (1911—1924) que KNOCH

indica en su Climatología ¹⁵), así como tampoco de los que se encuentran en la Climatología de HANN¹⁶) y que se refieren a 22 años de observaciones. En la Climatología de KNOCH, las temperaturas, especialmente las invernales, son algo más bajas comparadas con la tabla oficial de valores; en la Climatología de HANN estadeseviación se acentúa aún más. Ello ya se manifiesta en la temperatura media anual: Tabla Oficial: 11,1; KNOCH: 11,0, y HANN: 10,8 grados Celsius. En los promedios de precipitación anual, las diferencias son aún más notorias: Tabla Oficial (1911—1949): 1.946,1 mm.; KNOCH (1862—1915): 2.188 mm. y HANN (26 años): 2.300 mm. En lo sucesivo nos referiremos a la Tabla Oficial en nuestras investigaciones, porque las observaciones se refieren a un solo lugar y con iguales métodos y presentan datos más homogéneos que aquéllos que abarcan las series de observaciones del siglo pasado.

Puerto Montt está situado a orillas de la gran bahía de Reloncaví, la cual se extiende desde la ciudad hacia el Sur. Al Oeste de la ciudad se extiende una faja continental de 75 km. de ancho, con contrafuertes de la Cordillera de la Costa, que separa Puerto Montt del Océano Pacífico. Al Suroeste y Sur, la Isla Grande de Chiloé cierra la bahía de Reloncaví. Por eso el observatorio meteorológico de Puerto Montt, situado a 3 m. sobre el nivel del mar, no está expuesto tan directamente a las influencias oceánicas como otros observatorios de la costa de Chile. La estación de Punto Coronó¹⁷), ubicada en pleno océano en el extremo Norte de la Isla de Chiloé y con una latitud sólo $\frac{1}{4}$ de grado más meridional que Puerto Montt, indica un clima mucho más oceánico: veranos frescos, inviernos muy suaves y sin heladas. Puerto Montt tiene veranos algo más calurosos, inviernos de temperaturas casi 1 grado Celsius más bajas y heladas nocturnas ocasionales. Cuanto más nos dirigimos al Este, alejándonos del mar, tanto más se acentúa el contraste del clima oceánico puro con el clima interior de influencia continental. Por cierto que no hay que comparar tal continentalidad con condiciones europeas. La provincia de Llanquihué tiene una distancia de los Andes al mar de apenas 165 km., está casi totalmente abierta al mar y protegida por la cordillera por el Oriente. La influencia moderadora del mar tiene, pues, acceso libre a la citada provincia, mientras que los Andes limitan la influencia continental que viene del Este

La provincia de Llanquihué posee, por lo tanto, un clima uniforme, con veranos cortos relativamente frescos e inviernos suaves. La pluviosidad anual es en general superior a los 1.000 mm., cayendo las mayores cantidades en invierno. Son relativamente frecuentes los veranos lluviosos y las primaveras frías y secas. Esto último significa que el calor no es siempre suficiente para que maduren a tiempo los cereales en el período seco. El trigo madura entonces en Marzo (otoño), y si el nuevo período de lluvia comienza ya en ese mes, se atrasa aún más la cosecha, y el cereal germina en el mismo tallo (en 1956 sucedió esto). Este hecho es sorprendente, dado el suave clima del Sur de Chile y comparándolo con el próspero cultivo del trigo en el Norte del Canadá, de clima muy caluroso en verano e intenso frío en invierno. A pesar de las temperaturas no muy altas en verano, maduran limones y duraznos en las laderas septentriona-

les protegidas, soleadas y libres de heladas. Las cerezas y ciruelas prosperan muy bien en la orilla occidental del lago Llanquihué y las variedades más duras de manzanas y peras dan en todas partes buenas cosechas. Son conocidas las condiciones extraordinariamente favorables del clima del Sur de Chile para el crecimiento forestal: en condiciones ecológicas medianamente favorables, toda área desarbolada protegida de los animales con cercas se reforesta naturalmente. Desde el punto de vista silvícola, la provincia de Llanquihué constituye la transición entre las condiciones forestales de las provincias de Valdivia y la de Chiloé. Las maderas más apreciadas del bosque valdiviano se encuentran en Llanquihué sólo en estaciones ecológicas muy favorables, de tal modo que en los bosques de Llanquihué predominan el coihué (*Nothofagus dombeyi*), olivillo (*Aextoxicum punctatum*) muermo (*Eucryphia cordifolia*) y huahuán (*Laurelia serrata*).

Observaciones meteorológicas propias. — Durante la construcción de la casa y a lo largo de los 2 años que el autor vivió en el Hotel Ensenada efectuó observaciones meteorológicas con el objeto de analizar el clima local de la cuenca de Ensenada. Debido a la influencia directa del lago Llanquihué, en cuyas orillas está el Hotel, se ha podido comprobar que esas observaciones no son adecuadas para analizar las condiciones climáticas de la plantación, ubicada más al Este. Desde 1951, todas las observaciones se efectuaron, por consiguiente, en la Granja Forestal, situada en el borde Noroeste de la plantación y a 3,5 km. del Hotel Ensenada.

La tarea de instalar en tan apartado lugar un observatorio meteorológico que suministrara datos científicamente aprovechables, no fué fácil. Los primeros instrumentos de medida fueron adquiridos en Santiago, donde poco después de la segunda guerra mundial no había mucho que escoger. En 1951 se trajeron algunos buenos aparatos de Suiza, y el instrumental fué completándose con adquisiciones hechas en los viajes a Europa del autor y sus parientes. Pero elementos tan simples como la veleta y la caseta constituyeron problemas que no pudieron ser resueltos durante largo tiempo, por no encontrarse en los alrededores ningún artesano capacitado o interesado en construir dichos elementos. Aún los mejores instrumentos importados fallan a veces y deben ser enviados a Europa para su reparación. Aun enviándolos por vía aérea, tal situación se traduce en una larga ausencia del instrumento por las engorrosas tramitaciones aduaneras. Como, quiera que además el jefe de una gran plantación debe pasar gran parte de la jornada de trabajo en el campo, y, por lo tanto, sólo puede dedicarse en las horas de descanso al cuidado de los instrumentos meteorológicos y a la elaboración de los datos, a excepción de las horas de observación de los instrumentos, bien distribuidas en relación con la jornada de trabajo. Es además necesario entrenar a un empleado como observador para cuando el jefe esté ausente o enfermo.

Toda empresa silvícola que desee formarse juicio cabal sobre el clima de sus plantaciones deberá contar con un termómetro contrastado para la determinación de la temperatura del aire, un barómetro aneróide de buena marca para la medida de la presión atmosférica, un higrómetro graduable de cabello para la determinación de la humedad del aire, un

termómetro de máxima y mínima y un pluviómetro. También el autor comenzó con tal equipo básico. De 1951 a 1953 se trabajó sólo con esos elementos. La temperatura del aire se determinó con un termómetro que se hacía girar en el aire; el pluviómetro no ha cambiado su emplazamiento hasta hoy, el barómetro se encontraba entonces en la oficina del jefe y el higrómetro en la pared meridional de la casa. El método de trabajo se asemejaba, pues, más bien al de un observatorio de campo, no pudiendo compararse la precisión de los datos recogidos con los de un observatorio europeo. Con la instalación de una caseta reglamentaria en 1954 y con la adición de nuevos instrumentos en ese año y el siguiente, el observatorio «Granja Forestal» está totalmente equipado y proporciona datos fidedignos, comparables a los de un observatorio alemán de 2° orden. A continuación describimos la estación y sus instrumentos:

Las coordenadas geográficas de la Granja Forestal (La Ensenada) son 41° 12' 36" de latitud Sur (corresponde a la latitud de Estambul, Nápoles y Lisboa en el hemisferio Norte) y 72° 31' 46" de longitud Oeste de Greenwich. La caseta está en un lugar despejado en todas direcciones, bien ventilado, cubierto de césped y dista 18 m. de la construcción (de madera) más cercana. La puerta se abre hacia el Sur. El suelo bajo la caseta tiene una altura de 64 m. sobre el nivel del mar, los instrumentos están en la caseta exactamente a 2 m. más de altura, o sea, a 66 m. sobre el nivel del mar y a 15 m. sobre la superficie del lago Llanquihué. En la caseta se encuentran los siguientes instrumentos: 1 barómetro aneroide marca Zenith (Suiza), 1 termómetro seco (certificado de contraste 116 T de la Dirección de Contrastes de Berlín), un termómetro húmedo con depósito para agua destilada y mecha (con certificado), un higrómetro graduable de cabello de precisión de la firma N. Buchner (Munich), un psicómetro de aspiración modelo Hänni (Jegenstorf, Suiza), un meteorógrafo de Lufft (Stuttgart, modelo B T H) y un instrumento indicador de la velocidad del viento No. 1477 E de la firma W. Lambrecht (Gottinga). Fuera de la caseta se instaló un heliógrafo (según Campbell-Stokes) de W. Lambrecht (Gottinga) a 1,10 m. sobre el suelo, y en un depósito de agua de 14 m. de altura se colocó al hélice para la transmisión eléctrica del indicador de la velocidad del viento No. 1647, también de Lambrecht. Los 3 termómetros de máxima y mínima (sistema Six) están distribuidos en la forma siguiente: uno se encuentra en la caseta, uno sujeto a un poste de 1,65 m. sobre el suelo, al aire libre y a la sombra, pero sin techo; el tercero se ha colocado a 5 cm. sobre el suelo. En las cercanías se ha instalado también el pluviómetro (Hellmann); el nivel de las precipitaciones se determina diariamente a las 14 horas con vaso graduado. El indicador de la dirección del viento, construido bajo dirección propia y equipado con rodamientos a bolas, se colocó a 8 m. de altura sobre el remate de un almacén aislado. En la ventana de la sala de estudio se ha colocado un mapa meteorológico «Lufft» para orientación rápida. Sin embargo no se usa regularmente ni se anotan los resultados.

Para la estación se fijaron las horas de observación siguientes: 7 h 50' 14 h 50' y 21 h 50' hora oficial chilena, lo que corresponde a un horario local verdadero de 7 h, 14 h y 21 h, o sea, a las horas de observación internacionales. La hora oficial de Chile se ha fijado legalmente, suponiendo

una longitud de 4 h al O. de Greenwich; en realidad, Ensenada tiene una longitud de 4 h 50' al O. de Greenwich. La hora oficial se adelanta, pues, 50' a la hora local. Las observaciones se realizan según las «Instrucciones para observadores de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Alemán» (Bad Kissingen, 1951); la evaluación de los datos es efectuada por el autor según las mismas instrucciones.

Fines y métodos. — La silvicultura chilena emplea especies extranjeras por razones de mayor rentabilidad. De ahí que el objeto de las observaciones meteorológicas fuese el de determinar el clima local de la Granja Forestal, para compararlo con el de los países de origen de las especies exóticas. En los ensayos de aclimatación pudieron eliminarse desde un principio ciertas especies, de las que, por razones climáticas, podía suponerse, que no prosperarían en la Granja Forestal. Pero no menos importante se consideró el estudio del ritmo climático a lo largo del año, para determinar así qué tipo de tiempo estimula o impide el crecimiento forestal. También debía estudiarse la influencia del clima sobre el rendimiento del obrero al aire libre, problema que, a mi juicio, no ha sido estudiado en Chile.

El estudio del clima local se efectuó con los métodos usuales; el ritmo climático, sin embargo, podía captarse mejor y asimismo representarse gráficamente por la media de 5 días. Si se ordenan cronológicamente y se resumen estacionalmente las medias citadas de los elementos climáticos más importantes (presión atmosférica, temperatura, humedad del aire, duración de la insolación, pluviosidad y frecuencia de heladas nocturnas), se obtienen gráficas que indican cierta regularidad en el ritmo climático estacional, por muy distinto que éste sea de un año a otro. Para estudiar la influencia de las condiciones meteorológicas sobre el trabajo humano al aire libre, conviene considerar la semana de trabajo de 5 días (lunes a viernes) sin tomar en cuenta el sábado, en que sólo se trabaja por la mañana al aire libre, y el domingo. Las lluvias copiosas y persistentes, muy frecuentes en invierno en el Sur de Chile, son las más molestas para este tipo de trabajo. Siendo el invierno la época que interesa al silvicultor para plantar, el carácter del tiempo en esta estación decide si es posible o no realizar el plantío previsto. Las heladas entorpecen también la labor, porque no puede plantarse en suelo helado. Un invierno frío y con poca lluvia ejercerá una influencia negativa sobre el resultado de la plantación, aumentando considerablemente el número de plantas que mueren. No se hicieron investigaciones microclimatológicas por ser ellas campo para especialistas e institutos de investigación. Tampoco pudieron realizarse regularmente medidas de las temperaturas del suelo por falta de instrumentos adecuados; sólo se realizaron medidas a 5 y 25 cm. de profundidad en días de condiciones meteorológicas extremas. Las heladas nocturnas, que se presentan en todas las estaciones del año, fueron observadas atendiendo especialmente a su frecuencia y duración. El nivel de las aguas subterráneas fué determinado varias veces al mes en un pozo de la Granja Forestal, para establecer la relación entre la pluviosidad y ese nivel. Desde un comienzo se observó también la nubosidad; por medio de signos convencionales se anotaba a las horas de observación si el cielo

estaba $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ o totalmente cubierto. Un análisis exacto, el cual tendría que extenderse a todas las horas del día, es prácticamente imposible. A esto hay que añadir que en esta región la nubosidad parcial se presenta sólo en momentos de transición; en general, el cielo está totalmente cubierto o totalmente despejado. La dirección del viento no tiene gran importancia en una plantación protegida, como la Granja Forestal, lo que no sucede en estaciones ecológicas más despejadas. Parecía, sin embargo, importante desde el punto de vista silvicultural determinar la velocidad del viento de aquellos vendavales que preceden a los períodos de mal tiempo. Los vientos huracanados no son muy frecuentes, pero producen grandes daños en los bosques naturales; se diferencian de los vendavales frontales por un descenso de la curva barográfica en forma de embudo. El indicador de la velocidad del viento traído de Alemania se averió pocas semanas después de su instalación, y su reparación duró meses, por lo cual no se cuenta de momento con series de observaciones a este respecto. Este asunto se seguirá investigando, para determinar la sensibilidad al viento de algunas especies forestales. En general, se han determinado valores medios de los elementos climáticos importantes para la silvicultura, a base de las observaciones efectuadas con precisión creciente durante seis años, obteniéndose una visión clara del clima local de la plantación que se llevó a cabo durante esos años.

El clima de la estación ecológica. — Analizaremos ahora el clima de la estación partiendo de la temperatura. El cuadro I nos indica para los años 1951 a 1956 inclusive, el ritmo anual de la temperatura, la cual se deduce de la media diaria (fórmula: $I+II+III+III:4$). La lectura nocturna tiene así doble importancia, y las comparaciones con las curvas del termógrafo, de las cuales se obtienen los valores horarios y de las que puede calcularse la media de 24 horas, dan una aproximación a la media diaria suficientemente exacta para este clima, a pesar de sus bajas temperaturas nocturnas. Sólo en días de verano, con altas temperaturas diurnas y muy bajas temperaturas al amanecer, se pudieron constatar desviaciones; la fórmula anterior daba valores medios algo altos para esos días; se prescindió, sin embargo, de una corrección. Para economizar tiempo, las evaluaciones fueron realizadas personalmente por el autor con una máquina de calcular «CURTA».

Los distintos años indican notorias variaciones en el ritmo anual de la temperatura: los años de veranos tibios e inviernos fríos alternan con años de veranos calurosos e inviernos fríos (como 1955) o de veranos tibios e inviernos cálidos (1956). Todos tienen, sin embargo, de común que las temperaturas de los tres meses de invierno (Junio, Julio y Agosto) son muy parecidas y sólo se diferencian en décimas de grados. Las condiciones son similares en los tres meses de verano, pero los períodos estivales de mal tiempo, como en Diciembre de 1955 y Enero de 1956, tienen mayor influencia en la desviación de la temperatura que en invierno. Además, seis años son, naturalmente, pocos para obtener medias exactas; de todas maneras, la curva de las medias mensuales de los seis años indica un desarrollo equilibrado. Ante todo, llama la atención la caída casi recta del nivel de las temperaturas de verano a las invernales (véase diagrama 1). El otoño

Cuadro 1: Medias mensuales de la temperatura de los años 1951—1956. Observatorio Granja Forestal - La Ensenada, Comuna de Puerto Varas, Chile.

Latitud: $-41^{\circ} 12'$ Longitud: $72^{\circ} 32' W$ Altitud: 66 m. s. n. m.

Año	1951 ° C	1952 ° C	1953 ° C	1954 ° C	1955 ° C	1956 ° C	Medias ° C
Enero	15,2	14,9	14,1	13,1	15,5	12,8	14,3
Febrero	14,4	14,9	14,8	14,0	13,1	13,8	14,2
Marzo	11,0	11,3	12,3	13,2	11,5	11,6	11,8
Abril	9,6	10,6	10,5	10,1	9,9	8,5	9,9
Mayo	9,2	8,6	10,2	7,4	6,9	8,0	8,4
Junio	6,7	4,5	6,95	7,0	5,5	7,1	6,3
Julio	7,1	5,8	5,5	5,5	4,5	7,3	6,0
Agosto	7,9	5,4	6,6	6,6	4,2	7,6	6,4
Septiembre	8,6	7,4	7,8	5,8	6,4	7,35	7,2
Octubre	12,1	9,5	8,5	7,8	9,2	10,5	9,6
Noviembre	10,8	11,9	10,95	11,95	14,2	13,6	12,2
Diciembre	14,55	14,1	13,4	13,85	12,8	15,6	14,0
Medias anuales	10,6	9,9	10,1	9,7	9,5	10,3	10,0

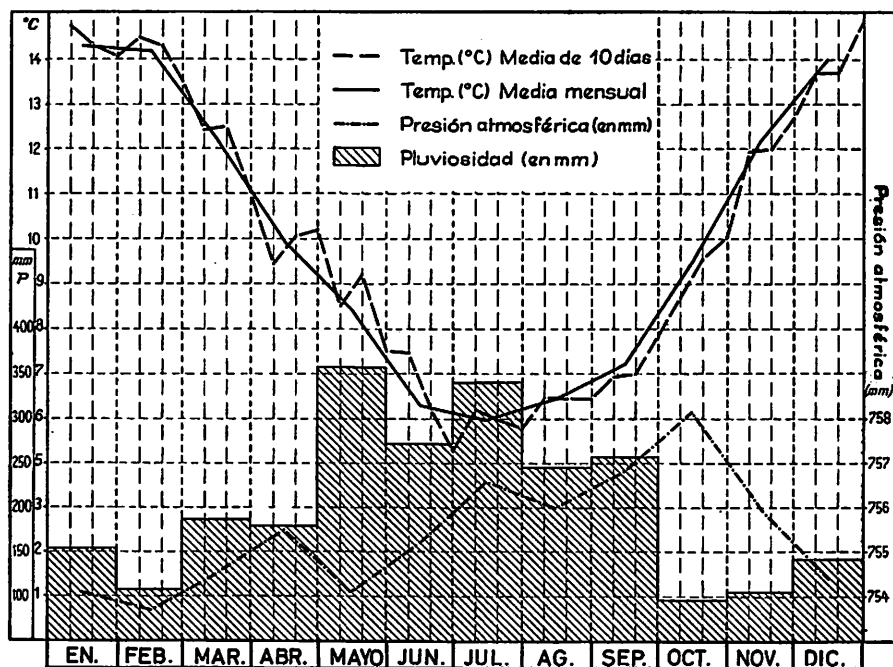


Diagrama 1: Temperatura, presión atmosférica y precipitaciones en el observatorio de la Granja Forestal, cerca de La Ensenada

Cuadro 2: Media diaria de temperaturas (°C). Promedio de 6 años (1951-56)
(Observatorio Granja Forestal)

Día	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
1.	15,35	14,3	12,4	10,5	9,5	8,6	4,4	4,1	5,3	8,4	12,8	13,7	
2.	15,6	14,6	12,8	10,8	7,8	9,3	4,1	5,1	4,8	8,6	10,9	13,3	
3.	15,6	15,2	11,7	10,0	8,1	7,65	7,3	5,0	5,6	7,5	11,4	12,7	
4.	14,1	13,2	12,1	11,2	8,4	5,5	7,6	6,6	6,9	7,6	12,9	13,4	
5.	14,75	13,7	12,5	8,6	10,4	7,0	7,15	5,6	8,6	8,6	12,0	13,7	
6.	14,0	15,3	12,6	7,7	8,3	7,25	7,8	6,7	9,55	8,3	11,1	14,4	
7.	14,1	14,55	12,45	9,6	7,2	7,0	6,5	8,6	7,3	8,9	11,6	14,2	
8.	15,3	14,6	12,5	7,7	8,3	6,4	7,1	7,0	6,9	9,2	12,2	14,0	
9.	14,9	13,9	12,3	8,4	8,0	7,1	5,7	7,2	7,4	9,9	12,6	14,1	
10.	13,3	15,7	12,2	9,4	8,7	7,4	4,5	8,05	6,2	9,7	11,8	13,1	
1ª Década													
σ:	14,7	14,5	12,4	9,4	8,5	7,4	6,2	6,4	6,9	8,7	11,9	13,7	
11.	13,8	15,0	12,0	9,8	10,1	6,2	5,6	8,0	5,9	8,8	12,3	12,6	
12.	14,5	15,1	12,1	9,0	10,0	6,6	7,1	6,6	5,6	8,55	12,5	12,6	
13.	15,5	15,1	12,2	9,85	9,1	5,9	7,7	6,3	5,6	9,5	13,4	12,6	
14.	16,35	15,6	12,2	10,0	10,4	7,4	7,8	7,2	6,5	10,2	10,6	14,3	
15.	14,6	14,5	12,5	9,0	9,8	7,1	7,1	6,8	6,8	8,8	12,1	13,8	
16.	13,2	14,0	12,9	10,45	9,4	5,6	5,7	5,3	7,0	10,1	12,4	13,3	
17.	13,9	13,9	13,1	11,9	8,9	4,9	7,0	5,9	7,4	9,1	12,2	14,0	
18.	13,8	13,1	12,9	10,9	9,2	6,0	4,3	5,7	8,05	9,2	10,7	15,4	
19.	13,9	14,15	13,15	10,3	7,6	5,9	4,1	6,75	8,8	10,5	11,65	13,7	
20.	13,8	12,6	12,2	9,8	7,65	6,2	3,8	5,6	8,5	11,7	12,6	14,3	
2ª Década													
σ:	14,3	14,3	12,5	10,1	9,2	6,2	6,0	6,4	7,0	9,6	12,0	13,7	
21.	13,1	13,0	11,0	9,8	8,0	6,6	4,5	6,2	7,05	11,2	12,5	15,8	
22.	12,3	14,8	10,6	10,9	7,8	6,0	6,6	6,7	6,8	11,2	12,9	14,9	
23.	13,8	13,4	12,0	10,2	7,8	5,3	7,5	6,9	7,4	11,15	12,8	15,2	
24.	14,4	12,5	12,1	9,7	7,7	5,1	6,0	6,15	6,4	9,4	12,8	14,3	
25.	14,5	14,6	9,8	10,4	7,35	5,2	5,7	5,9	7,9	9,4	12,6	14,6	
26.	15,2	14,0	12,6	11,5	7,0	4,6	5,8	7,8	8,8	10,4	12,8	14,6	
27.	14,8	12,6	10,4	11,0	6,35	4,2	5,4	7,05	8,25	9,4	12,75	15,2	
28.	14,7	12,9	10,4	9,9	6,8	5,3	5,0	6,9	8,8	8,3	12,15	14,4	
29.	14,5	(15,9)	9,5	9,4	7,8	5,9	5,9	5,7	8,1	9,5	12,5	14,9	
30.	13,9	.	11,1	9,1	8,35	4,6	5,8	4,3	9,0	10,7	13,4	15,1	
3ª Década													
σ:	14,1	13,5	10,95	10,2	7,5	5,3	5,8	6,4	7,85	10,1	12,7	14,9	
31.	12,1	.	9,7	.	8,0	.	4,4	6,0	.	12,2	.	13,2	
Media:	14,3	14,2	11,9	9,9	8,4	6,3	6,0	6,4	7,2	9,6	12,2	14,0	10,0

(Marzo, Abril) fué sólo durante dos años (1953 y 1954) más caluroso que el promedio de seis años; se podrá contar, pues, rara vez con un otoño caluroso y agradable. El año 1954 se caracterizó además por una regresión de la temperatura en primavera (Septiembre y Octubre), después de un invierno relativamente suave. Tales primaveras frías son también perjudiciales para la silvicultura, pues los inviernos suaves tienen por consecuencia el brote prematuro de los árboles, y un descenso de la temperatura en Octubre puede destruir con las heladas tardías todos los brotes tiernos. Esto sucede también en Europa, pero la frecuencia de primaveras desfavorables puede ser de capital importancia para la estación ecológica. La temperatura media anual de la estación es de 10,0° C; el año más frío fué 1955, con temperaturas extraordinariamente bajas en invierno y una media anual de 9,5°; el año más caluroso fué 1951 con una media de 10,6°.

En el cuadro 2 aparecen las medias mensuales de 6 años para cada día civil, ordenados en décadas y meses. Vemos así que la media diaria mayor corresponde al 14 de Enero con 16,35°, y la menor, al 20 de Julio con 3,8° la media máxima de 10 días corresponde a la 3ª década de Diciembre con 14,9° y la mínima con 5,3° a la 3ª década de Junio. Esta última correspondería al mes de Enero en el Hemisferio Norte (ver diagrama 1). La curva de las medias de las diversas décadas indica calentamiento en la época de descenso de la temperatura, especialmente en Abril y Mayo, y enfriamiento en la época de aumento de la temperatura; le falta, pues, la continuidad de las medias mensuales, adoptando la forma de «sierra». Si esto es casual o si se presenta igualmente en otros lugares, no puedo juzgarlo por falta de material de comparación.

Las medias diaras de los distintos años indican, con más claridad que las decenales, la lucha constante entre las masas de aire caliente y húmedo que vienen del Norte y las masas frías y secas provenientes del Sur. Las primeras traen en invierno periodos de mal tiempo cálidos, y en verano, fríos; las segundas producen, con tiempo despejado y en verano, calor de insolación, pero en invierno, frío y heladas nocturnas de irradiación.

En esta lucha está la clave del ritmo climático, así como también del presupuesto térmico anual; su origen reside en la energía solar, cuyas variaciones desplazan a la zona de altas presiones del Pacífico más o menos profundamente hacia el Sur, dando a cada año su carácter específico. Los inviernos lluviosos son tibios, los secos son fríos; en verano sucede lo contrario.

Medias diarias extremas. — La media diaria extrema de los 6 años se presentó el 13 de Noviembre de 1955 con 26,7°; ese día soplaban constantemente de Argentina hacia la cuenca de Ensenada un viento Este que elevó a 32° el termómetro de máxima. El día antes, las condiciones meteorológicas fueron similares y la temperatura máxima alcanzó también 32°. La lectura de los instrumentos en estos días fué la siguiente:

12 de Noviembre

I	24,0°	761,0 mm.	38%	0	E 3	$\phi = 22,3^\circ$
II	31,0°	758,0 mm.	25%	0	E 5	
III	17,1°	758,5 mm.	73%	0	W 2	

Cuadro 3: Ritmo diario de la temperatura según las lecturas de 1956. (Observatorio Granja Forestal).

		Febrero				Abril				Julio				Octubre			
		a	h	r	t	a	h	r	t	a	h	r	t	a	h	r	t
Número de días		29	13	4	12	30	10	13	7	31	3	19	9	31	13	6	12
7 horas	I	11,0	12,45	10,5	11,9	6,6	3,2	9,2	7,4	5,9	3,3	6,4	6,3	9,0	8,1	8,9	10,0
14 horas	II	18,6	20,5	14,7	18,0	13,0	14,6	11,5	12,7	9,6	10,1	9,0	10,6	15,2	16,1	14,0	14,9
21 horas	III	12,4	12,55	12,3	12,6	7,4	5,0	8,8	8,4	6,9	5,2	6,7	7,8	8,8	7,4	10,5	9,5
Ø		13,8	14,6	12,45	13,8	8,5	6,95	9,6	9,2	7,3	5,95	7,2	8,1	10,5	9,8	11,0	11,0
Amplitud		7,6	8,05	4,2	6,1	6,4	11,4	2,7	5,3	3,7	6,8	2,6	4,3	6,2	8,7	5,1	5,4
Extremas absolutas	Máx.	19,1	21,5	15,75	19,3	13,7	15,0	12,4	13,6	10,9	11,1	10,3	11,1	16,7	17,4	15,5	16,6
	Mín.	5,3	4,5	11,0	6,65	4,1	0,2	7,5	4,8	4,8	3,3	5,2	5,0	3,5	1,5	3,7	5,6
	Ampl.	13,8	17,0	4,75	12,65	9,6	14,8	4,9	8,8	6,1	8,8	5,1	6,1	13,2	15,9	11,8	11,0
	Máx.	23,5	23,5	17,0	23,0	19,0	19,0	14,0	17,0	15,8	13,0	15,8	15,0	28,5	28,5	18,5	26,0
	Mín.	-1,0	-1,0	8,0	1,0	-4,0	-4,0	2,0	-2,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	-5,0	-5,0	-2,0	0,0
	Ampl.	24,5	24,5	9,0	22,0	23,0	23,0	12,0	19,0	16,8	14,0	15,8	15,0	33,5	33,5	20,5	26,0

a = todos los días
h = días despejados

r = días de lluvia
t = días cubiertos

13 de Noviembre

I	22,0°	758,5 mm.	50%	0	E 3	
II	31,3°	753,2 mm.	22%	0	NE 4	$\phi = 26,7^\circ$
III	26,7°	754,0 mm.	52%	1	N 4	

Humedad relativa con higrómetro de cabello

0 = despejado

1 = semicubierto

Intensidad del viento según Beaufort.

Los chilenos llaman «puelche» a este viento Este caliente y seco parecido al «foehn»; es poco frecuente, pero constituye un serio peligro para el bosque, ya que, como secuela, suelen producirse grandes incendios forestales. En Enero algunas medias diarias alcanzan los 19° y 20°, si bien son poco frecuentes medias tan altas: se presentaron el 13-I-55 con 20,0°, y el 26-XII-56 con 20,4° C. En Febrero se registró un sola media diaria de más de 18,7°, el día 14-II-51 con 20,5°.

La media diaria absoluta mínima de la serie de observaciones de 6 años se produjo el 27 de junio 1954 con $-1,25^\circ$, siendo la única media diaria de signo negativo. Esta media se produjo así: en la 1ª lectura a las 7 horas aun se mantenía la helada nocturna con $-3,0^\circ$, y a las 21 horas ya había comenzado una nueva helada nocturna con $-4,0^\circ$. Al mediodía, el termómetro indicaba 6° sobre cero. En los 6 años no se registraron nunca temperaturas negativas a las 14 horas. Los días 10-VII-1952 y 10-VII-1954 se produjeron medias diarias de $0,0^\circ$. Los días 24 y 25 de Junio 1951 se registraron medias de $0,25^\circ$. La 2ª década de 1952 tuvo 6 medias diarias inferiores a $2,0^\circ$; la primera década de Julio de 1955 tuvo 5 días con media inferior a $2,0^\circ$. Sabemos por el cuadro que el de 1955 fué el invierno más riguroso de toda la serie de observaciones.

Variación diaria de la temperatura. — Para visualizar la variación diaria de la temperatura se confeccionó el cuadro 3 con las medias de tres lecturas diarias para los meses de Febrero, Abril, Julio y Octubre de 1956. Los distintos días del mes se agruparon en días despejados, días nublados y días de lluvia y se anotaron los valores medios de todos los días del mes. Se completó el cuadro con el agregado de las medias y extremas absolutas de cada uno de los grupos. Como consecuencia de la insolación e irradiación, las variaciones diarias de la temperatura son mayores en los días despejados y menores en los días de lluvia. Mientras que en los días despejados el termógrafo traza una curva sinusoidal de gran pendiente, esta curva se aplanan los días nublados, acercándose a una recta los días de lluvia constante. Sólo las variaciones de la temperatura producidas por los sucesivos chubascos marcan algunas sinuosidades en esta recta. La expresión numérica de la variación diaria de la temperatura es la amplitud; en días despejados es muy superior a la media mensual, pero baja los días de lluvia, en invierno, a décimas de grado y en la media desciende a valores que oscilan entre $4,0^\circ$ y $3,2^\circ$. En el grupo de los días despejados se incluyen las extremas absolutas, pues con sol (viento Sur) hay en general días calurosos y noches frías y a veces heladas nocturnas. Notable es también la media diaria de los distintos grupos: en el verano, la media

Cuadro 4: Valores medios de los elementos climáticos a base de 6 años de observaciones (1951—1956)
Observatorio Granja Forestal, La Ensenada, 41° 12' lat. Sur; 72° 32' long. Oeste; altitud: 66 m. s. n. m.

		En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
Temp. en °C	Media mensual	14,3	14,2	11,9	9,9	8,4	6,3	6,0	6,4	7,2	9,6	12,2	14,0	10,0	caseta
	Amplitud diaria σ	8,3	9,3	8,8	6,5	4,6	4,5	4,8	5,8	6,4	6,3	6,4	7,5	6,7	"
	Máx.	20,4	20,5	18,7	15,8	12,9	11,1	10,8	12,0	12,8	15,5	19,8	20,7	15,9	"
	Mín.	5,7	5,5	6,0	5,2	4,1	3,1	2,2	2,2	2,3	2,4	4,7	5,6	4,1	"
	Méx. absolutas	27,0	26,0	23,0	21,0	18,0	15,8	5,8	17,5	18,0	28,5	32,0	32,8	32,8	aire libre
	Min.	-1,5	-1,5	-1,9	-4,0	-2,5	-6,0	-6,0	-5,0	-6,0	-5,0	-2,0	-3,0	-6,0	" "
Presión atmosférica															
	Media mensual	754,1	54,7	55,2	56,1	55,1	55,9	56,5	57,1	57,5	58,6	56,7	55,3	756,1	en mm.
	Máx.	760,8	62,6	62,3	65,8	63,8	65,8	67,8	68,3	67,3	64,8	64,0	65,5	768,3	en mm.
	Min.	740,8	41,8	39,1	39,6	31,6	31,8	30,1	35,6	37,6	44,8	45,0	44,5	730,1	en mm.
Presión del vapor de agua															
	Humedad relat. %	9,7	10,0	8,7	7,5	7,1	6,1	6,1	6,2	6,2	6,9	7,8	8,8	7,6	en mm.
	„ relat. a las 14h ⁰⁰	78	80	82	82	85	82	83	83	80	77	73	73	80	higrómetro
	„	63	64	67	70	76	77	76	75	69	61	60	60	68	"
Precipitaciones															
	σ Suma mensual	152	118	188	181	360	274	343	246	260	98	105	135	2460	en mm.
	Nov.-Feb.			510 = 20,7% de la suma anual (t = 13,7°)											
	Oct.-Mar.			796 = 32,4% de la suma anual (t = 12,7°)											
Nivel agua subterránea		2,80	2,97	3,05	3,04	2,59	2,05	1,76	1,64	1,76	2,05	2,43	2,64	2,40	en m., t = 9,8°
Número de días con	t \geq 10°	30,3	27,0	25,3	13,6	6,2	2,2	2,2	3,5	3,8	12,7	24,2	29,7	181	media diaria
	t \geq 6°	31,0	28,3	30,5	28,2	21,2	14,2	14,6	15,8	19,7	27,3	30,0	31,0	291	" "
	t = 0,0° a -2,0°	1,0	2,0	1,5	3,2	6,2	6,0	6,8	6,5	5,2	6,2	5,8	4,5	54,9	mínima
	t < -2,0°	.	.	.	2,0	0,7	2,0	4,2	3,8	4,8	6,0	2,2	1,0	26,7	"
	Sol	11,7	12,7	12,5	10,7	7,3	8,0	7,3	7,0	7,3	9,3	13,3	16,7	123,8	20% cubierto
Lluvia	11,0	7,2	11,4	12,3	18,4	16,8	18,1	16,8	16,5	11,3	9,1	9,4	158,3	\geq 1 mm.	
	Capa de nieve	.	.	.	.	.	2	1	1	1	.	.	.	4	suma
	Granizo	.	1	.	1	1	1	.	2	1	.	.	.	7	1956
	Niebla	2	14	23	17	10	8	5	6	3	4	4	7	103	suma
	Tormenta	3	4	2	3	4	1	3	1	3	3	4	8	39	"
	Escarcha blanca (Kammfrost)	.	.	.	6	3	3	.	4	7	4	.	.	27	1956
41	Duración insolación	20 días													
	en horas	...	124,8	134,1	131,0	120,0	74,1	43,4	112,5	113,6	188,4	240,9	309,0	1956	

diaria de los días despejados es superior a la media mensual; en todas las demás estaciones es inferior. Al revés sucede con los días de lluvia: en verano su media es inferior a la mensual y en el resto del año, superior. Ya indicamos al hablar del cuadro 2 que los inviernos lluviosos son suaves y que los secos con muchos días despejados son muy fríos; el cuadro 3 da la prueba numérica a este respecto.

Duración del período vegetativo. — Un importante elemento climático para la silvicultura es la duración del período vegetativo. Un punto de partida a este respecto lo ofrecen los días con medias diarias de 10 grados o más. Si se cuentan estos días se obtienen sumas comprendidas entre 170 y 190 días para los distintos años; la media de seis años son 181 días, lo que concuerda con el período vegetativo en Europa Central¹⁶⁾. La pausa vegetativa duraría, por la tanto, los meses de Junio, Julio y Agosto como claramente se desprende del cuadro 4. Esto es sólo cierto en algunos casos, pues el *Pinus Radiata*, por ejemplo, crece sin duda en ese período, ya que los brotes pardos de esta especie se forman en el otoño avanzado y crecen, aunque lentamente, durante todo el invierno, si bien no se cubren de acículas hasta Octubre. Esto puede deberse al hecho de que las temperaturas invernales del Sur de Chile no alcanzan ni remotamente el bajo nivel de Europa Central. No sólo la media diaria ordenada según los días civiles (cuadro 2), sino también la suma de los días con temperaturas iguales o superiores a 6,0° nos indican esto. En nuestra estación ecológica, aún los meses más fríos tienen a lo menos 14 días con temperaturas medias iguales o superior a 6°. En otras coníferas, talos como *Pinus sylvestris*, *Pinus excelsa*, *Pinus Strobus*, *Pseudotsuga*, etc., se produce también en nuestra estación ecológica la total paralización vegetativa en los meses de invierno. El brote primaveral de las coníferas indicadas se desarrolla, al igual que el de las frondosas, rápidamente, pudiendo ser fácilmente víctima de las heladas tardías.

Las heladas nocturnas. — Esto nos conduce al análisis de una de las más graves desventajas del clima de la estación, esto es, al análisis de las causas, frecuencia y duración de las temperaturas inferiores a cero grados. De las temperaturas extremas indicadas en el cuadro 4 se desprende que nuestra estación tiene temperaturas medias y mínimas absolutas considerablemente más bajas que Puerto Montt (cuadro 7). Para el macroclima de los observatorios meteorológicos de la costa de la provincia de Llanquihué no es típico este fenómeno; es más bien una característica del clima local de la estación, condicionado por el encajonamiento de la Granja Forestal en la cuenca de Ensenada. Las heladas perjudiciales y su evitación fueron estudiadas detenidamente en 1927 por R. GEIGER¹⁶⁾. Se sumaron a éste otros trabajos, de manera que el problema puede considerarse resuelto. No cabe duda que se trata de condiciones locales, pues a pocos kilómetros de la Granja Forestal hay lugares donde no hiela prácticamente nunca. Si se viaja de Ensenada a Puerto Varas en una fría mañana de invierno, los trozos de camino con y sin escarcha se alternan, pudiendo anotarse su situación fácilmente en un mapa. ¿Cómo se producen tales heladas nocturnas en una estación dada, y cómo se desarrolla tal helada en la naturaleza? Desde tiempos remotos se sabe que los valles y las cuencas alpinas

rodeados de altas montañas tienen temperaturas de invierno muy bajas. Por lo común, los primeros pobladores evitaban por lo tanto habitar en el fondo de los valles y lo hacían en las laderas o en el borde de los valles. Sabemos hoy que el aire frío de las altas montañas desciende a esos parajes cerrados, formando lagos de aire frío en los bajos, y que ese aire puede permanecer allí semanas enteras, por falta de ventilación adecuada. El ejemplo clásico es la cuenca de Klagenfurt (Carintia), que presenta el invierno más riguroso de los Alpes²⁰). Hasta mediados de Marzo este aire frío no es absorbido por una zona de bajas presiones situada sobre el Adriático, y sucede que con gran rapidez el aire tibio primaveral reemplaza al frío invernal. Otro ejemplo²¹) es la dolina de Gstettneralm cerca de Linz, en la Baja Austria, estudiada por W. SCHMIDT. Se trata de un embudo de 150 m. de profundidad en el que en Enero de 1930 se midió una temperatura de $-28,8^{\circ}$ en el fondo, mientras que en los bordes no pasaba de los $-2,0^{\circ}$. Aquí se observó también en el crudo invierno 1928/29 la temperatura mínima más baja de toda Europa Central, esto es, -48° .

Al describir la ubicación de la cuenca de Ensenada hemos indicado que está casi totalmente rodeada de montañas y que sólo está abierta al NO. A esto hay que añadir que la cuenca limita al Norte con el volcán Osorno (2.661 m.) cubierto de nieve y glaciares suspendidos en invierno y verano. La ladera meridional del Osorno desciende en curva continua sin interrupción a la cuenca de Ensenada. Similares son las condiciones en el volcán Calbuco (2.015 m.) que constituye el límite Suroeste de la cuenca y que está cubierto de nieve hasta bien entrado el verano. El cerro de Santo Domingo, de 1.580 m. de altitud, aparece cubierto también de nieve en invierno. Parece, sin embargo, que la fuente de aire frío es el Osorno, pues su ladera de pendiente uniforme de 2.600 m. de altitud facilita el deslizamiento del aire frío directamente a la plantación en todas las épocas del año.

A una helada nocturna le precede habitualmente un día de sol con viento Sur, alta presión barométrica y aire seco. Generalmente se trata del primer día despejado después de un largo período de mal tiempo. Durante el día hace calor al sol, pero en la sombra, más bien, fresco. Esta sensación subjetiva no engaña, pues en estos casos la temperatura máxima en la caseta protegida de la radiación es siempre más baja que la temperatura del termómetro colocado también a la sombra, pero al aire libre y sin techo. La variación brusca de la temperatura media en días despejados se observa, por ejemplo, en Abril (cuadro 3) con $14,6^{\circ}$ a las 14 horas y $5,0^{\circ}$ a las 21 horas. Cuando inmediatamente después de la puesta del sol se aprecia un claro descenso de la temperatura, tenemos el primer indicio de que habrá helada nocturna. Este descenso brusco después de la puesta de sol es obra del viento Sur que ya durante el día ha transportado masas de aire frío de la Patagonia. No calentadas ya por la radiación solar, estas masas de aire manifiestan su verdadera temperatura al ponerse el sol. Este acarreo de aire frío ha creado las condiciones previas para una noche de helada, al bajar el nivel general de la temperatura y producir aire seco y cielo despejado. (Con viento Oeste y Noroeste no se presentan generalmente heladas nocturnas después de días despejados; estas corrientes traen generalmente aire caliente al Sur de Chile). Entre las 7 y las 9 de

la noche se presenta por lo general calma total, la cual dura toda la noche y cesa después de la salida del sol. La noche es, por consiguiente, tranquila y totalmente despejada, y el magnífico cielo estrellado con la Cruz del Sur se extiende por todo el horizonte. Entonces es cuando alcanza su máxima intensidad la irradiación terrestre, otra causa de las bajas temperaturas. Esta es también la hora en que el aire frío de las montañas, en especial del Osorno, se desliza al valle, formando en el fondo de la cuenca un lago de aire frío. Estos tres factores combinados: el aire frío del Sur, la irradiación terrestre y el aire procedente de las montañas nevadas, hacen descender la temperatura del aire por debajo de los cero grados, congelando el suelo volcánico en forma de columnitas de hielo y cubriendo de escarcha al amanecer todas las plantas.

La hora a la cual la temperatura baja de 0° y la duración de la helada dependen, al igual que la extensión de la zona helada, de la estación del año. En el invierno, cuando es breve la insolación y el nivel de temperaturas en general bajo, la helada comienza poco después de la puesta de sol y puede durar hasta la salida del mismo. En el verano, la helada dura algunas horas y comienza a veces inmediatamente antes de la salida del sol, durando entonces generalmente de $1\frac{1}{2}$ a 3 horas. En el cuadro 5 se ordenan las temperaturas y la duración de las heladas en el año frío de 1955, a base de las curvas termográficas del meteorógrafo de Lufft. Según dicho cuadro, la duración media de las heladas oscila entre 1,5 horas en Diciembre y 10,0 horas en Agosto. Si se suman las temperaturas bajo cero mes a mes, se observa que de Diciembre a Abril prácticamente no ha habido heladas. Así ocurrió en 1955, pero no puede generalizarse; la media de 6 años indica más bien que puede haber heladas en todas las estaciones del año, aunque excepcionalmente en verano y otoño. En Agosto, con 15 heladas y con una suma de las temperaturas bajo cero de 40, la duración total de las heladas es de 150 horas. En Agosto (Febrero) estas heladas no causan daño; perjudiciales son las heladas en Septiembre y sobre todo en Octubre y Noviembre, meses para los cuales el cuadro da los valores de 21,25 y 8 para las sumas de las temperaturas bajo cero. Para nuestra estación ecológica, el mes de Octubre es, pues, el más crítico en cuanto a heladas perjudiciales se refiere.

Del cuadro se desprende además que en invierno y también en primavera las noches de helada se agrupan en series de varios días sucesivos. Como regularmente a una noche de helada sucede un día desol, las plantas, afectadas en la circulación de su savia por el frío, sufren aún más por la evaporación producida por la radiación solar. Los años suaves y húmedos provocan también heladas tardías en nuestra estación. La suma de las temperaturas negativas fué de 28 en Julio de 1953, 3 en Agosto y 0 en Septiembre; por el contrario, fué de 19 en Octubre con noches de helada hasta $-2,0^{\circ}$ de 10 y 2 noches de heladas con $-3,0^{\circ}$. La temperatura mínima absoluta medida en la Granja Forestal hasta la fecha fué de $-6,0^{\circ}$ en los meses de Junio, Julio y Septiembre. La temperatura de $-5,0^{\circ}$ es más frecuente, presentándose en Agosto y también en Octubre.

El cuadro 5, así como también las medias de 6 años del cuadro 4, indican inequívocamente la persistencia de las heladas en los meses de primavera

de Septiembre, Octubre y hasta bien entrado Noviembre. Esto corresponde a los meses de Marzo, Abril y Mayo en el hemisferio Norte. Si bien en Europa se consideran como heladas tardías o perjudiciales las de Mayo y Junio, en Ensenada las heladas de Septiembre (Marzo) producen ya daños apreciables — como se desprende de las anotaciones de los diarios fenológicos —, porque después de inviernos suaves los ciruelos florecen ya en Agosto (Febrero), los perales a mediados de Septiembre y los manzanos prematuros y cerezos a fines de Septiembre. Siendo las heladas de Septiembre y Octubre frecuentes y características de la estación ecológica, los ciruelas y cerezas no fructificaron nunca y las peras sólo una vez durante los años de observación. En el último capítulo indicaremos las consecuencias desfavorables que tiene en la silvicultura este factor climático adverso, especialmente para las coníferas. De todas maneras podemos establecer que las heladas de los meses de Septiembre hasta Noviembre, características de la estación, ponen límites al silvicultor en lo que a la plantación de especies exóticas se refiere, límites que a pesar de un clima aparentemente tan suave, no se habrían podido deducir de los datos climáticos de Puerto Montt, lo que confirma la necesidad de un estudio minucioso del clima de la estación.

La presión atmosférica. — Las variaciones de la presión atmosférica influyen directamente en las condiciones climáticas de la estación. El diagrama de las medias de 5 días da un buen ejemplo de ello. Aumento de presión indica por lo general viento Sur y tiempo despejado; presión en descenso, vientos de los cuadrantes septentrionales, nubosidad en forma de estratos y cúmulos y lluvia. Un trabajo puramente climatológico debería verificar un análisis de la presión atmosférica tan minucioso como el realizado con la temperatura del aire. Nos conformaremos aquí con analizar las variaciones de la presión a través de todo el año. Si se anotan en una gráfica, como se hizo en el diagrama, las medias mensuales de la presión atmosférica de las series de observaciones de 6 años, se observa que la curva resultante coincide con el Tipo VII de la clasificación dada por KNOCH²²) para el Sur de Chile (a partir de 40° de latitud Sur). En nuestra estación hay un máximo de presión muy notorio en Octubre y un mínimo en Mayo. KNOCH estima irreal este mínimo, esto es, por lo menos no válido para todo Chile. En realidad, el mínimo de las medias de 30 años de la presión atmosférica en Puerto Montt, se sitúa en Junio (cuadro 7). En igual forma sucede con la lluvia, la cual tiene su máximo en Mayo en la Granja Forestal y en Junio en Puerto Montt, lo cual no es por cierto una casualidad. El máximo de Octubre es común a Puerto Montt y Granja Forestal. Esta es probablemente la razón por la cual el mes de Octubre es el más crítico del año en la Granja Forestal: alta presión, viento Sur, días secos y despejados, heladas nocturnas frecuentes y poca lluvia, justamente durante el período de floración de los árboles y el brote de las especies forestales exóticas, son condiciones que pueden anular totalmente los restantes factores favorables del clima de la estación. La tendencia a las primaveras secas, general en toda la provincia, puede ser consecuencia del máximo de presión que se presenta en Octubre en todo el Sur de Chile.

Cuadro 5: Frecuencia y
Observatorio Granja Forestal: Termómetros de Máx. y Mín. sistema
Altura instrumentos

Día	En.		Feb.		Mar.		Abr.		May.		Jun.	
	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h
1.	0,0	2,0	.	.	-2,0	9,0
2.	0,0	4,0	.	.	.	.
3.
4.
5.	0,0	0,4	.	.
6.
7.
8.
9.	0,0	3,0	.	.	.	.
10.	-1,0	10,0	.	.
11.
14.
13.	-1,0	1,0
14.
15.
16.	-1,0	2,0
17.
18.	0,0	6,0	.	.
19.	-2,0	8,0
20.	-3,0	7,0
21.
22.	-1,0	6,0	0,0	6,0
23.
24.	0,0	6,0	.	.
25.	-1,0	1,0	.	.
26.
27.	0,0	1,0	.	.
28.	-2,0	6,0	.	.
29.	-1,0	2,0	.	.	-1,0	4,0	-1,5	9,0
30.	-2,0	8,0	-2,0	12,0
31.	-2,0	6,0	.	.
Número y duración: t = 0,0° a -2,0°	1	2,0	3	0,0	11	58,0	7	47,0
Número y duración: t = -2,1° a -3,0°	1	7,0
Número y duración: t < -3,9
Σ					1	2,0	3	9,0	11	58,0	8	54,0
Suma de las temperaturas negativas:	± 0,0		± 0,0		-1,0		± 0,0		-10,0		-12,0	
Σ duración de la helada:					2,0		3,0		5,3		6,7	

duración de las heladas en 1955

Six, sin protección y al aire libre; altura del suelo s. n. m.: 66 m.
sobre el suelo: 1,65 m.

Jul.		Ag.		Sep.		Oct.		Nov.		Dic.		Año	
°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h		
-3,0	14,0	-2,0	14,0	-3,0	12,0	-2,0	3,0	.	.	.	.	.	.
-2,0	12,0	0,0	6,0	-4,0	11,0	-2,0	4,0	.	.	.	.	.	.
-1,5	12,0	-5,0	14,0	-2,0	2,0	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-5,0	14,0	-1,0	2,0	-3,0	8,0	.	.	.	.	.	.
-2,0	10,0	-4,0	12,0	.	.	-1,5	4,0	.	.	0,0	1,0	.	.
0,0	14,0	-4,0	12,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0,0	4,0	-2,5	6,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-1,0	7,0	-1,5	5,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-4,0	4,0	-2,0	9,0	.	.	.	.	0,0	1,0	.	.	.	.
-2,0	13,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-1,5	6,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-2,5	10,0	0,0	1,5	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-1,5	3,0	-2,0	5,0	.	.	.	.	0,0	2,0	.	.
.	.	.	.	.	.	0,0	3,0	.	.	.	.	.	.
-2,0	12,0	.	.	.	.	.	.	-2,0	5,0	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	-2,0	2,0	.	.	.	.
0,0	2,0	-4,0	14,0	.	.	-3,0	8,0	-1,0	2,0	.	.	.	.
-1,0	4,0	.	.	0,0	2,0	-3,0	7,0	.	.	.	.	.	.
-3,0	10,0	.	.	.	.	.	.	0,0	2,0	.	.	.	.
.	.	-2,5	13,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	0,0	2,0	.	.	.	.
.	.	.	.	-1,0	1,0	.	.	.	.	.	.	.	.
-3,5	11,0	.	.	.	.	-3,5	4,0	.	.	.	.	.	.
-4,0	15,0	.	.	.	.	-2,0	4,0	.	.	.	.	.	.
-1,0	6,0	.	.	-1,0	2,0	-2,0	4,0	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	-3,0	9,0	.	.	.	.	.	.
0,0	2,0	.	.	-2,0	2,0	-3,0	5,0	-3,0	4,0	.	.	.	.
.	.	.	.	-2,0	7,0	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-2,0	12,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
													h
12	98,0	7	55,0	10	28,5	6	22,0	6	14,0	2	3,0	65	336,5
3	35,0	3	29,0	2	21,0	4	28,0	1	4,0	.	.	14	124,0
2	19,0	5	66,0	1	11,0	1	4,0	.	.	.	.	9	100,0
17	152,0	15	150,0	13	60,5	11	54,0	7	18,0	2	3,0	88	580,0
-30,0		-40,0		-21,0		-25,0		-8,0		± 0,0		-147,0 °	
	8,9		10,0		4,7		4,9		2,6		1,5		6,4

Presión del vapor de agua y humedad relativa del aire. — Antes de referirnos a las precipitaciones, analizaremos brevemente los valores porcentuales referentes a la humedad relativa del aire. El cuadro 4, el cual contiene las medias de 6 años de los elementos climáticos más importantes, nos indica también el ritmo anual de la presión del vapor de agua y de la humedad relativa del aire. El mes más lluvioso, Mayo, tiene también la mayor humedad relativa. En los meses de Marzo a Agosto la humedad relativa es superior al 80%; sólo los meses de Septiembre a Enero presentan valores más bajos, con mínimas de 73% en Noviembre y Diciembre. Se trata, naturalmente, de medias, y aunque varían poco para los distintos meses de cada año, la humedad relativa es el elemento del clima de la estación sujeto a mayores oscilaciones diarias. Por la mañana, la humedad relativa es generalmente alta y superior al 90%, el rocío es frecuente y el suelo desarbolado aparece muy húmedo. Pero si no llueve, la humedad del aire se reduce notablemente, el suelo se seca y la humedad alcanza su valor mínimo entre las 14 y las 16 horas. Inmediatamente después vuelve a subir la curva del higrógrafo, alcanzando su valor máximo entre medianoche y la salida del sol. En días despejados y con viento del Este, las variaciones presentan amplitudes extraordinarias. La plumilla del higrógrafo oscila entre el 95% y el 30%, y en tardes especialmente secas el papel del inscriptor se hace insuficiente, a pesar de admitir registros de hasta un 28% de humedad relativa. Esto sucedió 14 días en 1955, comenzando con una serie de 4 tardes de los días 2 al 5 de Septiembre, 1 día en Octubre y 4 días en Noviembre, concretamente los días 6, 12, 13 y 28. Los 5 casos restantes se repartieron 2 en Enero, 2 en Julio y 1 en Agosto.

El 28 de Junio de 1956 tal período de aire seco duró 25 horas, desde las 9 horas del 28 hasta las 10 horas del 29. Los valores del psicrómetro fueron para ese período los siguientes:

I 48%, II 27%,

I 43%, II 76%,

III 38% el 28 - VI - 1956.

III 91% el 20 - VI - 1956.

El mínimo psicrométrico determinado para 1956 es del 22%. Por desgracia no le fué posible al autor hacer observaciones con un psicrómetro de aspiración desde 1951 a 1953; la humedad relativa se determinó solamente con higrómetro de cabello. Estos instrumentos son imprecisos aún ajustándolos a menudo minuciosamente; exageran los valores extremos y sólo coinciden entre 80 y 60 con los valores dados por el psicrómetro. Con gran sequedad del aire, el higrómetro de cabello ofrece pocas seguridades.

La fuerte disminución de la humedad del aire, especialmente en los meses de Septiembre a Noviembre y, naturalmente, también en los veranos secos, se traduce en las huertas y en los viveros forestales en una intensa desecación de la capa superficial del suelo durante las horas de la tarde. La creciente insolación de primavera y la alta intensidad de la radiación solar correspondiente a la latitud pueden producir en estos meses el marchitamiento y total destrucción de los almácigos o semilleros. La capa superior del suelo se disgrega hasta convertirse en polvo, y las raicillas, aún muy cortas, no encuentran ni sostén ni humedad. Posiblemente este fenómeno es idéntico a la enfermedad de pie citada por R. GEIGER²³). Esta destrucción de las semillas germinadas debido al calor y sequedad del suelo

no tiene de todas formas nada que ver con la roya de las raíces²⁴), conocida también en Chile como típica enfermedad fungosa de los brotes y que se presenta especialmente en períodos calurosos y húmedos de larga duración.

Como quiera que el suelo volcánico de la Granja Forestal es negro en estado húmedo y gris claro en estado seco, la desecación de los semilleros por la tarde llamó la atención rápidamente. Para analizar climatológicamente este factor se calculó la media de 6 años (cuadro 4) de las lecturas a las 14 horas (II). El máximo se produce en Junio, con un 77%, y baja rápidamente en Septiembre, alcanzando su mínimo en Noviembre y Diciembre.

A las heladas tardías se agregan, pues, en la primavera días con escasa humedad del aire por las tardes. La intensa radiación solar, los vientos secos del Sur o el »puelche« de los cuadrantes orientales se concilian para provocar un calentamiento extremado y desecamiento del suelo que, si no produce la ruina total, cuando menos inhibe el crecimiento de las plantas forestales.

Las precipitaciones. — Parece inverosímil que con 2.500 mm. de lluvias anuales y una repartición favorable de ellas en los distintos meses, prefiramos siempre en la Granja Forestal la lluvia a una serie de días despejados. Ello se debe a las heladas que suceden a los días de sol y a la extraordinaria permeabilidad del suelo en la estación. Con una pluviosidad mensual inferior a los 100 mm., el mes debe ser considerado seco. En la plantación, o sea, en la superficie aluvial, no hay un solo curso de agua; sólo con lluvias muy intensas fluye el agua superficialmente por los caminos, donde el suelo está más compacto, y se forman pequeñas lagunas. En la plantación misma no se conocen los charcos, pues el suelo absorbe aún las precipitaciones más intensas. El suelo arenoso y permeable no forma barro ni légamo pegajoso, ni se hundan tampoco los vehículos en el suelo reblandecido. La falta de lluvia no sólo provoca el desecamiento de la capa superior del suelo, ya mencionado en el párrafo anterior, exigiendo trabajo adicional en las huertas para regar y preservar del sol, sino que inhibe el crecimiento de todas las plantas forestales no adaptadas a períodos de sequía. Si sólo lloviera de 500 a 600 mm. anuales en la Granja Forestal, la cuenca de Ensenada sería una estepa estéril y no habría silvicultura posible. Al investigar, pues, las condiciones de una estación con miras silviculturales, no deben olvidarse las estrechas relaciones entre clima y suelo. 70 mm. de lluvia mensuales en terreno arcilloso o en terreno arenoso permeable son cosas completamente distintas para el silvicultor.

A esto hay que añadir que la cantidad de lluvia de un lugar, más que cualquier elemento del clima, depende de la topografía y ubicación de la estación. Los húmedos vientos oceánicos del Noroeste chocan con las vertientes septentrionales y occidentales de los Andes, ascienden por ellas, enfriándose, condensándose así su humedad y produciendo precipitaciones. Al descender el aire a los valles, el proceso se invierte, de manera que las vertientes orientadas al Sur y al Este reciben menos precipitaciones que las opuestas. Se habla entonces de »pantalla pluvial« o sotavento. Nuestra estación recibiría mayores precipitaciones si no estuviera a sotavento del Osorno. Las masas de aire que vienen directamente del Norte precipitan su humedad en la ladera Norte del volcán, antes de llegar a la cuenca de

Ensenada. Sólo los vientos del Oeste penetran sin dificultad en la cuenca de Ensenada, chocan con el Cerro Santo Domingo y producen las lluvias que favorecen directamente a la estación. Esto se comprueba fehacientemente con los datos de lluvias de Cayutú, en el Lago Todos los Santos, registrados a lo largo de muchos años por el fallecido Dr. WOLFFHÜGEL y continuados por H. MARTIN OHME. Cayutú está situado en una bahía que recoge como en un embudo los vientos del Norte y Oeste. La bahía está cerrada por cerros, a cuyo pie se encuentra el lugar citado. La suma anual máxima de las precipitaciones en Granja Forestal llega casi a 3.000 mm. (1953), mientras que en el mismo año fué de 5.400 mm. en Cayutú. La pluviosidad media de cuatro años en Cayutú excede en 1.880 mm. a la de la Granja Forestal.

El diagrama de columnas (diagrama 1) visualiza la distribución anual de las precipitaciones a base de una media de 6 años. Si comparamos el régimen anual de la pluviosidad en Granja Forestal con los tipos principales del régimen anual de las precipitaciones expuestos por K. KNOCH en la pág. 85 de su „Climatología de Sudamérica“, comprobamos que nuestro tipo no coincide, por ejemplo, con el de Valdivia. Tampoco coincide con el de Puerto Montt. Existe, sin embargo, una coincidencia casi total con el tipo N° 17 de la representación de KNOCH: con el tipo de San Carlos de Bariloche en Argentina. Este lugar está situado en línea recta 100 km. al Este de la Granja Forestal, al pie oriental de los Andes. Aunque la provincia de Llanquihué no está, como el faro Evangelistas, ubicada en el estrecho de Magallanes, 11 grados de latitud más al Sur, en la zona en que el viento Oeste es permanente, también aquí las corrientes de aire provenientes de ese cuadrante son decisivas para las precipitaciones de nuestra zona. Estas corrientes sobrepasan los Andes, según menciona también KNOCH (ibidem, pág. G 86), y descargan precipitaciones aún considerables al otro lado de los Andes. En Bariloche hay bosque bien desarrollado; inmediatamente después de esta ciudad comienza la desarbolada estepa patagónica. Pero para la climatología de Sudamérica es sin duda importante que hayamos demostrado que el ritmo anual de las precipitaciones en la Granja Forestal, situada al pie occidental de los Andes, corresponde al mismo tipo que el de S. C. de Bariloche al lado oriental. Cuando menos a los 41 grados de latitud Sur, el pie occidental y el oriental de la cordillera presentan el mismo régimen anual de las precipitaciones.

Desde el punto de vista silvicultural en la Granja Forestal la repartición de la lluvia en los distintos meses es más importante que su intensidad, ya que toda la lluvia queda en el lugar, sin producirse pérdidas por escorrentía. No tiene importancia para la vegetación si la lluvia cae torrencial o persistentemente, pero sí importa si las precipitaciones faltan durante varias semanas en primavera. Los cuadros 6a y 6b ofrecen un análisis exacto de las condiciones de lluvia de los 6 años de observación. Los días del calendario fueron agrupados atendiendo a la lluvia caída en días de 1,0 a 5,0 mm., de 5,1 a 10,0 mm. y de más de 10 mm., y se sumaron por meses. La suma mensual dividida por los días de lluvia da la intensidad pluviométrica para cada mes, y finalmente se indicaron además las precipitaciones máximas absolutas en 24 horas. Para la silvicultura es también importante la lluvia caída en los meses de Noviembre a Febrero, los cuales

constituyen el período vegetativo principal, la temperatura media mensual de estos meses y la relación porcentual de la cantidad de lluvia respecto a las precipitaciones totales anuales. El mismo cálculo se efectuó para el semestre de verano que comienza en Octubre y termina en Marzo, poniéndose de manifiesto grandes variaciones de un año a otro. La distribución más desfavorable de las precipitaciones se presentó en 1953—54, con sólo el 13,1% de las sumas totales anuales de esos dos años (en 4 meses) y 12,9° de temperatura media; la proporción más favorable se produjo en los años 1954—55 con 23,2% y 13,8° de temperatura media.

El régimen anual de las precipitaciones da una explicación de ello: si consideramos primero la media de 6 años de las precipitaciones en el cuadro 6b, vemos que en la Granja Forestal, como en todo el Sur de Chile, la lluvia se concentra en los meses de invierno. De la media anual de las precipitaciones, un tercio corresponde al semestre de verano Octubre—Marzo y dos tercios al semestre de invierno Abril—Septiembre. A los meses de verano, Noviembre—Febrero, les corresponde algo más de un quinto de la suma total anual de precipitaciones. El mes más lluvioso es Mayo, produciéndose un máximo secundario en Julio; el mínimo corresponde a Octubre, acentuando el carácter crítico de ese mes. Los valores medios de las precipitaciones en los meses restantes indican una distribución relativamente aceptable. Pero de suyo, los valores medios no dan un cuadro real, ya que ha sucedido que cada año de los observados ha habido un mes de verano (y por regla general no siempre el mismo) con más lluvia que los demás. En los valores medios, estas irregularidades se compensan y pueden inducir a apreciaciones falsas.

Si tenemos ahora en cuenta los distintos años representados en el cuadro 6a, llama la atención que en cada año (con el siguiente) haya 2 o 3 meses con precipitaciones inferiores a la media de los 6 años. Así, en Diciembre de 1951 y Enero de 1952 llovió sólo 80 y 70 mm. respectivamente, de Octubre a Diciembre de 1952 llovió 75, 84 y 60 mm.; en Noviembre y Diciembre de 1953, 90 y 75 mm., y en Enero de 1954, 73 mm. De estos ejemplos se deduce que cada verano tiene 2 o 3 meses sucesivos que deben considerarse muy secos para nuestras condiciones edáficas. La influencia de estos períodos de sequía en la silvicultura no es en modo alguno favorable, considerando sobre todo la permeabilidad del suelo de la plantación. Pero las mayores dificultades en el crecimiento fueron observadas en el vivero, donde suelen atrasarse en su desarrollo algunas plantas, especialmente ciertas frondosas. El Dr. SCHWABE²⁵ (Valdivia) realizó investigaciones exhaustivas sobre esta peculiaridad del clima del Sur de Chile. Esta trabajo llegó a mi poder después del término de mis estudios, por lo cual sólo se cita esta importante contribución a la solución de tan vital problema.

El mes más seco de toda la serie fué, caso extraño, Marzo de 1954, con sólo 38 mm. de precipitaciones; fué un fenómeno común a todo el Sur de Chile. El máximo absoluto correspondió al mes de Mayo del año 1953, con 583 mm. totales y 21 días de lluvia, con más de 10 mm. diarios. El máximo de precipitaciones en 24 horas se produjo en Marzo de 1952, con 130,5 mm. Se trató de un aguacero que comenzó la tarde del 11 de Marzo y duró

Cuadro 6a: Días de lluvia, totales mensuales y anuales e intensidad pluviométrica durante los años 1951—1956 (Observatorio Granja Forestal)

1951

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Días con 1,0-5,0 mm.	1	1	.	.	2	3	6	4	8	9	6	2	42
„ „ 5,1-10,0 mm.	3	1	2	2	3	4	2	3	3	1	5	5	34
„ „ > 10,0 mm.	5	5	7	3	15	15	9	7	8	5	6	3	88
Días de lluvia	9	7	9	5	20	22	17	14	19	15	17	10	164
Totales	mm. 207	116	163	59	540	362	267	173	225	155	220	80	2567
Intensidad													
pluviométrica	mm. 23,0	16,6	18,1	11,8	27,0	16,5	15,7	12,4	11,8	10,3	12,9	8,0	15,6
Máx. en 24 h.	mm. 49,3	27,6	54,2	42,9	67,9	47,7	38,4	31,6	45,8	43,5	41,8	14,6	67,9
1950-51: Nov.-Feb.	646 = 25,1% de la media de totales anuales (Temp. media de los mismos meses: 14,85°)												
1950-51: Oct.-Mar.	929 = 36,1% de la media de totales anuales (Temp. media de los mismos meses: 13,7°)												

1952

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Días con 1,0-5,0 mm.	3	.	.	1	.	.	.	4	.	.	.	.	8
„ „ 5,1-10,0 mm.	2	2	2	1	.	2	6	3	5	2	2	1	28
„ „ > 10,0 mm.	2	5	9	5	15	7	10	8	7	5	3	3	78
Días de lluvia	7	7	11	7	15	9	16	15	12	7	5	4	114
Totales	mm. 70	129	386	127	361	158	313	216	256	75	84	60	2183
Intensidad													
pluviométrica	mm. 10,0	18,4	30,6	18,1	24,1	17,3	19,6	14,4	21,3	10,7	16,8	15,0	19,3
Máx. en 24 h.	mm. 28,3	53,7	130,5	32,8	62,2	54,5	56,0	51,5	50,0	32,2	36,8	16,5	130,5
1951-52: Nov.-Feb.:	499 = 21,0% (t = 13,8° C)												
1951-52: Oct.-Mar.:	990 = 41,8% (t = 13,1° C)												

1953

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Días con 1,0-5,0 mm.	4	1	4	4	3	5	5	4	7	6	3	6	52
„ „ 5,1-10,0 mm.	2	1	.	6	4	2	2	4	6	3	5	.	35
„ „ > 10,0 mm.	6	5	11	3	21	12	9	13	15	4	2	3	104
Días de lluvia	12	7	15	13	28	19	16	21	28	13	10	9	191
Totales	mm. 224	108	246	137	583	326	308	320	400	101	90	75	2918
Intensidad													
pluviométrica	mm. 18,7	15,4	16,4	10,5	20,8	17,2	19,2	15,2	14,3	7,8	9,0	8,3	15,6
Máx. en 24 h.	mm. 76,5	46,5	27,7	28,3	49,6	53,7	65,0	45,2	53,7	23,7	24,0	27,0	65,0
1952-53: Nov.-Feb.:	476 = 18,7% (t = 13,7° C)												
1952-53: Oct.-Mar.:	797 = 31,2% (t = 12,8° C)												

1954

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Días con 1,0-5,0 mm.	6	1	3	3	5	5	7	6	2	7	7	1	53
„ „ 5,1-10,0 mm.	6	1	1	7	7	6	4	4	3	2	2	4	47
„ „ > 10,0 mm.	1	4	1	7	10	7	13	8	10	4	4	8	77
Días de lluvia	13	6	5	17	22	18	24	18	15	13	12	12	177
Totales	mm. 73	102	38	232	264	207	395	269	254	113	109	224	2280
Intensidad													
pluviométrica	mm. 5,6	17,0	7,6	13,6	12,0	11,5	16,4	15,0	16,9	8,7	8,4	17,2	12,9
Máx. en 24 h.	mm. 17,0	36,2	27,0	35,0	46,3	57,6	80,0	41,2	56,0	28,8	36,7	87,0	87,0
1953-54: Nov.-Feb.:	340 = 13,1% (t = 12,9° C)												
1953-54: Oct.-Mar.:	479 = 18,4% (t = 12,2° C)												

1955	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Días con 1,0-5,0 mm.	3	2	6	6	3	4	1	1	5	7	3	2	43
" " 5,1-10,0 mm.	.	2	1	2	2	1	3	3	2	2	1	4	23
" " > 10,0 mm.	6	5	4	10	7	16	11	10	5	1	2	9	86
Días de lluvia	9	9	11	18	12	21	15	14	12	10	6	15	152
Totales	mm. 169	163	93	293	169	413	380	212	153	44	43	308	2440
Intensidad pluviométrica	mm. 18,8	18,1	8,5	16,3	14,1	19,7	25,3	15,1	12,8	4,3	7,2	20,5	16,1
Máx. en 24 h.	mm. 43,5	43,1	27,1	46,0	55,4	56,9	62,1	29,4	33,3	10,2	16,9	83,1	83,1
					1954-55: Nov.-Feb.:	665 = 28,2% (t = 13,6° C)							
					1954-55: Oct.-Mar.:	871 = 36,9% (t = 12,3° C)							

1956	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Días con 1,0-5,0 mm.	7	1	3	1	3	1	4	6	.	4	2	2	34
" " 5,1-10,0 mm.	4	.	3	3	2	3	3	3	1	1	2	2	27
" " > 10,0 mm.	5	6	11	10	8	8	14	10	12	5	3	1	93
Días de lluvia	16	7	17	14	13	12	21	19	13	10	7	5	154
Totales	mm. 182	94	255	238	241	173	395	286	273	106	83	62	2388
Intensidad pluviométrica	mm. 11,4	13,4	15,0	17,0	18,5	14,4	18,8	15,0	21,0	10,6	11,9	12,4	15,5
Máx. en 24 h.	mm. 44,6	26,0	39,6	33,9	93,8	26,6	95,5	48,0	56,5	22,6	26,0	33,3	95,5
					1955-56: Nov.-Feb.:	627 = 26,25% (t = 13,4° C)							
					1955-56: Oct.-Mar.:	926 = 38,8% (t = 12,4° C)							

Cuadro 6b: Resumen de las observaciones pluviométricas. Medias de las series de 6 años (1951-1956)

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Días con 1,0-5,0 mm.	4,0	1,0	2,7	2,5	2,7	3,0	3,8	4,2	3,7	5,5	3,2	2,2	38,5
" " 5,1-10,0 mm.	2,8	1,2	1,5	3,5	3,0	3,0	3,3	3,3	3,3	1,8	2,7	2,7	32,1
" " > 10,0 mm.	4,2	5,0	7,2	6,3	12,7	10,8	11,0	9,3	9,5	4,0	3,2	4,5	87,7
Días de lluvia	11,0	7,2	11,4	12,3	18,4	16,8	18,1	16,8	16,5	11,3	9,1	9,4	158,3
Totales	mm. 154,2	118,7	188,5	181,0	359,7	272,8	343,0	246,0	260,2	99,0	105,0	135,0	2463,1
Intensidad pluviométrica	mm. 11,1	16,5	16,0	14,5	19,4	16,1	19,2	14,5	16,3	8,8	11,0	14,4	15,5
Máx.abs. en 24 h.	mm. 76,5	53,7	130,5	46,0	93,8	57,6	95,5	51,5	56,5	43,5	41,8	87,0	130,5
Año	1953	1952	1952	1955	1956	1954	1956	1952	1956	1951	1951	1954	1952
Pluviosidad Nov.-Feb.:			513			Pluviosidad Oct.-Mar.:				801			
% de la pluviosidad anual			20,8%			% de la pluviosidad anual				32,6%			
Temperatura media Nov.-Feb.:			13,7°			Temperatura media Oct.-Mar.:				12,7°			

toda la noche, alcanzando su máximo a las 15 horas del día 12 y declinando poco después. Lo demás puede observarse en los cuadros 6a y 6b, los cuales no requieren mayor explicación.

La nieve. — Una forma de precipitación muy poco común en nuestra provincia climática es la nieve. Por muy baja que se encuentre la nieve en los Andes, las nevadas son un fenómeno extraordinario en las llanuras del Sur. En la Granja Forestal se registraron sólo 5 nevadas en 6 años. Normalmente las nevadas sólo son posibles en las noches, restando en la madrugada una capa de nieve que se derrite en las últimas horas de la mañana y que desaparece por la tarde, aún a la sombra. La primera nevada, observada en Agosto de 1949 en la Granja Forestal, fué una excepción. La capa de 5 cm. de nieve se mantuvo 2 días incluso en lugares despejados, porque esos dos días fueron de cielo totalmente cubierto y la temperatura al mediodía era sólo de pocos grados sobre cero. El día 22 de Agosto de 1953 amaneció con una capa de 6 cm. de nieve, que desapareció durante el día; el 5 de Julio de 1955 nevó 2 noches consecutivas, con 4 y 2 cm. de nieve caída, respectivamente. Finalmente, la noche del 15 al 16 de Septiembre hubo una nevada extraordinariamente intensa en las provincias de Llanquihué, Osorno y Puerto Montt, que alcanzó en las partes altas espesores hasta de 50 cm. Era nieve muy húmeda y pegajosa que produjo graves daños en las provincias citadas, especialmente en líneas telefónicas y telegráficas y en las líneas de alta tensión. Los alambres cargados de nieve se quebraron y se cayeron los postes, interrumpiendo durante 2 días el suministro de energía eléctrica en la provincia de Llanquihué y durante semanas los servicios telefónicos y telegráficos, especialmente en los alrededores de Puerto Varas. El autor viajó en tren, pocos días después de la nevada, de Puerto Varas a Valdivia, y pudo observar los daños ocasionados en las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus*. Los árboles marginales de ambas especies mostraban la fractura del brote terminal y de las ramas laterales. En el interior de las plantaciones el daño fué menor. El bosque natural no sufrió daño, pero los arbustos y matorrales fueron aplastados y quebrados en varios kilómetros a la redonda. En la Granja Forestal cayeron únicamente 2 cm. de nieve, los cuales ya se habían derretido a las 10 de la mañana. No hubo daños en la plantación. En todo caso hay que llamar la atención sobre la posibilidad de tales nevadas catastróficas en el Sur de Chile, pues constituyen un serio riesgo para el bosque artificial, considerando que ni el *Pinus radiata* ni el *Eucalyptus globulus* conocen la nieve en sus países de origen, y que estas especies en ningún caso están adaptadas a este fenómeno de la naturaleza.

Duración de la insolación. — En general, las descripciones meteorológicas dan un cuadro muy sombrío del invierno del Sur de Chile, con lluvias que duran semanas enteras, con nublados permanentes, con temporales de varios días y ausencia total de insolación. Esto puede ser cierto para la zona de la costa y la Patagonia occidental, pero en el valle central y al pie occidental de los Andes no se producen condiciones tan extremas. Aún en el mes más lluvioso — Mayo de 1953 — hubo 2 días despejados (se consideran despejados los días con menos del 20% de nubosidad). La media de 6 años (cuadro 4) de los días despejados da una suma

anual de 123,8. Si consideramos días lluviosos aquéllos en los cuales cae a lo menos 1 mm., obtenemos una media de 158,3 días de lluvia anuales; la diferencia no es, pues, apreciable para la Granja Forestal. No ha sido posible establecer una relación con las medias de 30 años de Puerto Montt (cuadro 7), porque no se ha podido establecer con precisión qué entiende el Servicio Meteorológico Nacional por día de lluvia, día despejado o nublado. Los promedios dan para Puerto Montt 205,3 días de lluvia y solo 31 días despejados, una proporción que no es válida para Granja Forestal. El autor se decidió a instalar un heliógrafo *Campbell-Stokes* en la Granja Forestal, registrando los valores horarios de la duración diaria de la insolación. Desgraciadamente, el instrumento no se puso en servicio hasta mediados de Febrero de 1956, por lo cual carecemos de series largas de observaciones. De todas formas, el heliógrafo dió sumas extraordinariamente altas para el invierno muy benigno de 1956: Marzo, 134,1; Mayo, 120,0; Junio, 74,1; Julio, 43,4; Agosto, 112,5; Septiembre, 113,6; Octubre, 188,4; Noviembre, 240,9 y Diciembre, 309,0 horas. Hay que considerar, además, que la Granja Forestal recibe como consecuencia de la sombra del Cerro Santo Domingo sólo el 85% de la insolación astronómicamente posible. Los días sin insolación alguna fueron: Marzo, 4; Abril, 6; Mayo, 4; Junio, 10; Julio, 10; Agosto, 8; Septiembre, 4; Octubre, 1; Noviembre, 0 y Diciembre, 1. El cuadro 4 da el promedio de 6 años de los días despejados (días de sol) y el número de días con lluvia de 1 mm. a lo menos. Restando la suma de los días de lluvia y días de sol de los días del mes se obtiene el número de los días nublados o de lluvia inferior a 1 mm.

Granizo. — Pedrisco según la definición del Servicio Meteorológico Alemán no se ha observado en la Granja Forestal en todo este tiempo. El granizo es, sin embargo, un fenómeno bien frecuente. Como se trata de fenómenos de corta duración, no fueron registrados en las observaciones de años anteriores. El cuadro 4 da los valores para el año 1956 solamente. En ninguna de las especies forestales o en sus brotes pudieron constatarse daños ocasionados por el granizo; sólo las flores y hortalizas sufrieron ligeros desperfectos. A veces cae un granizo tan tupido que cubre el suelo con una capa de 1 a 3 cm. de espesor; el granizo se presenta habitualmente al finalizar un período de mal tiempo, cuando comienzan a entrar masas de aire frío del Sur en la cuenca de Ensenada.

Heladas del suelo. — Un fenómeno que llama la atención en el Sur de Chile en el invierno es la congelación del suelo desprovisto de vegetación. El suelo no se congela como una capa, sino que se forman prismas o columnitas de hielo de 2—4 cm. de largo y de 5 mm. de espesor que parecen levantarse del suelo. Estas columnitas se presentan en combinación con heladas y sin heladas; en el primer caso se llama en Chile escarcha blanca, en el último, escarcha negra. (En Chile se llama escarcha a la helada del suelo). Estas eflorescencias de hielo en el suelo helado han sido investigadas recientemente por TROLL, quien las ha denominado »Kammeis«, pero por desgracia no hemos podido disponer de las publicaciones²⁶⁾ respectivas. Además, a nosotros nos interesa menos la parte teórica; la escarcha tiene importancia práctica en la silvicultura, ya que las plantitas nuevas o recién transplantadas pueden ser levantadas 2—4 cm. del suelo,

Cuadro 7: Medias de 30 años de observaciones

Observatorio Puerto Montt: 1911—1940, lat. $-41^{\circ} 28'$, long. $72^{\circ} 57' W$, altitud s. n. m. 3 m.

		En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
Temperaturas Extremas absol. med.	Medias mensuales:	15,2	14,8	13,2	11,2	9,3	8,0	7,6	7,8	8,8	10,6	12,2	13,9	11,1	en °C
	Máx.	19,9	19,4	17,5	15,0	12,6	10,9	10,5	11,4	12,9	15,0	16,5	18,3	15,0	en °C
	Mín.	11,1	10,9	9,5	8,0	6,3	5,3	4,6	4,5	5,3	6,7	8,2	9,8	7,5	en °C
	Máx.	28,5	29,0	28,6	24,0	19,0	17,5	20,0	19,5	25,5	23,4	26,5	28,9	29,0	en °C
	Mín.	4,5	4,0	0,5	-2,6	-2,5	-2,5	-4,0	-3,0	-2,1	-1,0	-0,5	2,5	-4,0	en °C
Presión atmosférica:															
Medias mensuales:		760,7	60,55	60,85	60,85	60,25	59,2	60,8	61,75	62,4	62,65	61,9	60,8	761,0	en mm.
Pluviosidad:															
Medias mensuales:		90,1	103,8	138,6	180,4	236,4	257,0	209,4	197,6	157,8	119,1	130,6	125,3	1946,1	en mm.
Nov. a Feb.:		450 = 23,1% de la pluviosidad anual. $t \varnothing: 14,0^{\circ}$													
Oct. a Marzo:		707,5 = 36,3% de la pluviosidad anual. $t \varnothing: 13,3^{\circ}$													
Humedad relativa:		82	84	86	87	88	88	88	86	85	84	83	82	85	en %
Nubosidad:		4,7	4,8	5,2	5,7	6,3	6,1	6,2	5,8	5,3	5,3	5,4	5,3	5,5	0—8
Viento: medias mensuales:		S. 3	S. 3	S. 3	N. 3	N. 3	N. 3	N. 3	N. 3	N. 3	S. 2	S. 2	S. 3	N.S. 3	Beaufort
Máx.:		N. 8	N. 8	N. 8	N. 9	N. 10	NNE.9	N. 10	N. 9	NNW.8	NNW.8	N. 9	N. 9	N. 10	"
Número de días con:	Lluvia:	12,1	11,6	14,1	18,3	22,1	22,0	21,1	20,3	16,8	14,9	16,6	15,4	205,3	Media
	Despejado:	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	31	"
	Nublado:	9	9	12	15	18	18	20	17	13	13	13	12	169	"
	Helada:	.	.	.	1	2	4	4	4	2	.	.	.	17	"
	Nieve:	.	.	.	.	.	.	7	4	4	1	.	.	16	Suma
	Granizo:	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	8	Media
	Niebla:	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	17	"
Tormenta:	6	13	11	12	12	16	9	4	8	7	7	4	109	Suma	

vegetando con dificultad y cayéndose y marchitándose por lo general. Este fenómeno puede tener consecuencias desagradables en viveros y almácigos en los inviernos abundantes en heladas, ya que pueden secarse hileras enteras de plantas o brotes de especies de crecimiento lento, transplantadas a fines de verano y que llegan con pocas raíces al invierno. La práctica europea de colocar tablas delgadas entre las hileras no ha dado resultado aquí. Un éxito total se obtuvo, por el contrario, cubriendo el espacio entre las plantas con un musgo muy común (*Rhacomitrium hypnoides*) que evita el desecamiento en el verano y la congelación de las plantas en invierno. Con sequía persistente este musgo se pone muy inflamable.

Nieblas y tormentas. — Las nieblas bajas se presentan con mayor frecuencia en los meses de otoño (Marzo a Mayo). Por la tarde, antes de la puesta de sol, y por la mañana, antes de la salida del sol cubren toda la cuenca de Ensenada. No se han observado nieblas bajas al mediodía; la capa de niebla puede durar, pero se levanta algunos cientos de metros sobre el suelo en las horas más cálidas del día.

Las tormentas no son muy frecuentes en el valle longitudinal de Chile; en los contrafuertes de los Andes, por lo contrario, se pueden observar a menudo. En el cuadro 4 sólo se sumaron aquellas tormentas que se desarrollaron directamente sobre la estación. Por su ubicación al pie occidental de los Andes, debe haber más tormentas en Granja Forestal que, por ejemplo, en Puerto Montt. Esa última estación registra en 30 años un total de 16 tormentas en el mes de Junio y de 12 en el de Mayo. Por el contrario, en la Granja Forestal, se registra en sólo 6 años un total de 4 tormentas en Mayo. En el Sur de Chile las tormentas significan comunmente el término de un período de mal tiempo; muy rara vez inician, como en otros países, tales períodos. Las tormentas son en la Granja Forestal de corta duración y se dirigen de Oeste a Este; durante horas siguen viéndose los relámpagos en la cordillera cuando en la Granja Forestal ya ha pasado todo. No creo que un rayo de tormenta estival pueda ocasionar incendios en el bosque. Durante el período de observación ha caído un rayo en una casa de Ensenada sin producir incendio alguno, a pesar de tratarse de una casa de madera fácilmente combustible.

Con esto terminamos el análisis de cada uno de los elementos climáticos y pasamos a comparar las condiciones climáticas de la Granja Forestal con las de Puerto Montt, estableciendo además una relación con el clima de los países de origen de varias especies forestales interesantes para la silvicultura en Chile.

Comparación Granja Forestal — Puerto Montt. — Como quiera que las medias de 6 años de la Granja Forestal no pueden compararse con las de 30 años de Puerto Montt, se ordenaron los valores de los elementos climáticos más importantes de las 2 estaciones, a saber, presión atmosférica, temperatura y precipitaciones, para los mismos 6 años, en los cuadros 8a, 8b y 8c. Las medias de los años 1951—1956 de Puerto Montt difieren no poco respecto de las medias de 30 años de la misma estación (ver cuadro 7). Las medias de temperatura y presión de 6 años son mayores que la media de 30 años; también las precipitaciones presentan desviaciones. Si comparamos las medias de 6 años de la Granja Forestal con las de

Cuadro 8a:

Presión atmosférica, temperatura y precipitaciones. Medias de los años 1951 a 1956 (Observatorio Puerto Montt).

Año	Lat. —41° 28', long. 72° 57' O. Altitud s. n. m.: 3 m.												Año
	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Presión atmosférica en mm.:													
1951	760,8	62,1	61,8	62,7	58,2	58,0	59,6	62,5	62,9	63,1	62,3	61,5	761,3
1952	62,1	61,1	60,4	62,9	60,2	63,9	62,3	64,0	63,8	63,2	62,6	62,7	62,4
1953	60,7	58,4	59,3	59,9	55,5	61,4	60,9	56,3	56,6	64,7	64,0	62,0	60,0
1954	62,1	62,9	62,3	60,8	61,8	60,6	59,6	62,3	64,2	64,0	62,5	61,3	62,0
1955	61,0	60,9	62,5	60,7	62,9	60,3	65,4	62,4	64,1	64,9	63,2	60,1	62,4
1956	59,05	63,1	61,4	62,95	62,7	64,3	63,5	62,6	63,4	64,4	62,7	62,6	62,7
Σ de 6 años:	365,75	368,5	367,7	369,95	361,3	368,5	371,3	370,1	375,0	384,3	377,3	370,2	370,8
ø de 6 años:	761,0	61,4	61,3	61,7	60,2	61,4	61,9	61,7	62,5	64,0	62,9	61,7	61,8
Temperatura en °C:													
1951	14,9	14,1	12,7	7,9	11,4	8,6	8,5	9,7	8,9	10,5	11,0	15,6	11,2
1952	16,3	16,1	13,3	12,7	10,3	7,5	8,0	7,4	9,7	11,5	13,8	15,6	11,8
1953	15,6	16,4	13,4	12,4	10,9	8,7	7,6	8,9	10,3	10,4	13,1	15,6	11,9
1954	15,2	15,6	14,6	11,8	9,6	9,5	7,6	8,5	8,2	10,5	13,7	15,0	11,6
1955	16,6	16,0	12,6	11,1	8,4	7,5	6,2	6,9	8,4	10,6	14,2	13,7	11,0
1956	13,0	14,4	12,4	8,8	8,2	7,5	8,2	8,3	8,0	11,3	13,8	14,8	10,7
Σ de 6 años:	91,6	92,6	79,0	64,7	58,8	49,3	46,1	49,7	53,5	64,8	79,6	90,3	68,2
ø de 6 años:	15,3	15,4	13,2	10,8	9,8	8,2	7,7	8,3	8,9	10,8	13,3	15,0	11,4
Precipitaciones en mm.:													
1951	178,6	51,5	48,0	43,5	440,5	181,0	211,0	130,3	209,1	138,2	122,9	93,5	1848,1
1952	28,6	43,2	238,5	59,6	252,5	111,0	205,0	153,7	196,3	57,4	78,2	23,4	1387,4
1953	153,5	98,5	185,4	36,4	386,8	275,0	305,0	369,0	324,0	87,9	60,0	118,0	2397,5
1954	69,6	58,0	45,5	128,0	218,0	199,5	449,9	212,0	266,0	214,6	92,6	188,0	2141,7
1955	136,7	129,2	90,7	321,5	57,3	316,7	346,2	287,2	97,4	49,6	50,3	254,0	2136,8
1956	155,9	81,5	178,8	180,4	200,0	176,2	155,1	191,6	156,8	86,5	57,2	13,8	1638,8
Σ de 6 años:	722,9	461,9	786,9	769,4	1555,1	1259,4	1672,2	1343,8	1189,6	634,2	461,2	690,7	11545,3
ø de 6 años:	120,5	77,0	131,2	128,2	259,2	209,9	278,7	224,0	198,3	105,7	76,9	115,1	1924,2

Cuadro 8b:

Presión atmosférica, temperatura y precipitaciones. Medias de los años 1951 a 1956 (Observat. Granja Forestal)

Año	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Presión atmosférica en mm.:													
1951	753,7	55,2	55,3	56,8	53,5	53,0	54,3	57,3	57,7	59,6	56,5	55,5	755,7
1952	54,7	54,4	54,4	56,6	54,2	57,2	56,6	58,1	58,0	57,3	56,4	56,0	56,2
1953	58,1	53,1	54,5	55,7	52,0	55,4	56,8	52,0	53,3	58,2	56,2	54,3	54,6
1954	54,0	54,1	55,3	55,3	56,6	55,7	55,4	58,0	59,1	58,8	57,3	55,8	56,3
1955	54,9	55,4	56,1	55,0	56,9	55,1	59,6	58,8	58,8	59,1	56,8	54,5	56,75
1956	54,3	55,9	55,7	57,2	57,5	58,8	56,4	58,6	58,3	58,5	56,8	55,9	57,0
Σ de 6 años:	324,7	328,1	331,3	336,8	330,7	335,2	339,1	342,8	345,2	351,5	340,0	332,0	336,55
ø de 6 años:	754,1	54,7	55,2	56,1	55,1	55,9	56,5	57,1	57,5	58,6	56,7	55,3	56,1
Temperatura en °C:													
1951	15,2	14,4	11,0	9,6	9,2	6,7	7,1	7,9	8,6	12,1	10,8	14,55	10,6
1952	14,9	14,9	11,3	10,6	8,6	4,5	5,8	5,4	7,4	9,5	11,9	14,1	9,9
1953	14,1	14,8	12,3	10,5	10,2	6,95	5,5	6,6	7,8	8,5	10,95	13,4	10,1
1954	13,1	14,0	13,2	10,1	7,4	7,0	5,5	6,6	5,8	7,8	11,95	13,85	9,7
1955	15,5	13,1	11,5	9,9	6,9	5,5	4,5	4,2	6,4	9,2	14,2	12,8	9,5
1956	12,8	13,8	11,6	8,5	8,0	7,1	7,3	7,6	7,35	10,5	13,6	15,6	10,3
Σ de 6 años:	85,6	85,0	70,9	59,2	50,3	37,75	35,7	38,3	43,35	57,6	73,4	84,3	60,1
ø de 6 años:	14,3	14,2	11,8	9,9	8,4	6,3	6,0	6,4	7,2	9,6	12,2	14,05	10,0
Precipitaciones en mm.:													
1951	207	116	163	59	540	372	267	173	225	151	220	83	2576
1952	70	129	336	127	361	156	313	216	256	75	84	60	2183
1953	224	108	246	137	583	326	308	320	400	101	90	75	2918
1954	73	102	38	232	264	207	395	269	254	113	109	224	2230
1955	159	162	93	293	169	413	380	212	153	44	43	308	2429
1956	182	94	255	238	241	173	395	286	273	108	83	62	2388
Σ de 6 años:	915	711	1131	1086	2158	1647	2058	1476	1561	590	629	812	14774
ø de 6 años:	152	118	188	181	360	274	343	246	260	98	105	135	2462

Cuadro 8c: Comparación de las medias de 6 años (1951—1956) de la presión atmosférica, temperatura y precipitaciones de Puerto Montt y Granja Forestal.

Presión atmosférica en mm.:													
	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Puerto Montt:	761,0	61,4	61,3	61,7	60,2	61,4	61,9	61,7	62,5	64,0	62,9	61,7	61,8
Granja Forestal:	754,1	54,7	55,2	56,1	55,1	55,9	56,5	57,1	57,5	58,6	56,7	55,3	56,1
Diferencia:	+6,9	6,7	6,1	5,6	5,1	5,5	5,4	4,6	5,0	5,4	6,2	6,4	5,7

Temperatura en °C:													
	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Puerto Montt:	15,3	15,4	13,2	10,8	9,8	8,2	7,7	8,3	8,9	10,8	13,3	15,0	11,4
Granja Forestal:	14,3	14,2	11,8	9,9	8,4	6,3	6,0	6,4	7,2	9,6	12,2	14,05	10,0
Diferencia:	+1,0	1,2	1,4	0,9	1,4	1,9	1,7	1,9	1,7	1,2	1,1	0,95	1,4

Precipitaciones en mm.:													
	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Puerto Montt:	120	77	131	128	259	210	279	224	198	106	77	115	1924
Granja Forestal:	152	118	188	181	360	274	343	246	260	98	105	135	2460
Diferencia:	-32	-41	-57	-53	-101	-64	-64	-22	-62	+8	-28	-20	-536

Puerto Montt (cuadro 8c), vemos que en la presión de los meses de verano se registran las mayores diferencias y las menores en invierno. La diferencia de las medias anuales corresponde a la diferencia de nivel entre Puerto Montt y Granja Forestal, la cual es de 63 m. Los valores absolutos de la presión dados por Puerto Montt, observatorio equipado con un barómetro de mercurio, deben ser más precisos que los de la Granja Forestal, que sólo cuenta con un aneróide.

También hay diferencias en los métodos de lectura y elaboración de los valores de las temperaturas. En Puerto Montt se hacen lecturas, según las indicaciones de la Oficina Meteorológica de Chile en Santiago, a las 8 horas y 19 horas y se calcula la media diaria mediante la fórmula $8\text{ h} + 19\text{ h} + \text{Máx.} + \text{Min.} : 4$, mientras que en la Granja Forestal se lee a las 7 h (I), a las 14 h (II) y a las 21 h (III) y se calcula el promedio $I + II + 2 \cdot III : 4$. Esta diferencia no tiene sin embargo gran importancia para nuestra comparación. Como era de esperar por la ubicación de la Granja Forestal, los veranos son más calurosos en Puerto Montt (diferencia de 1°) y los inviernos son considerablemente más benignos (2°). La diferencia bioclimatológica más acusada reside en las noches heladas y en las frecuentes heladas tardías que no se presentan en Puerto Montt. Esto se manifiesta muy bien en las medias de las temperaturas mínimas (ver cuadros 4 y 7). En Puerto Montt, la media de las mínimas más alta corresponde al mes de Enero, con $11,1^\circ$, y la más baja a Julio, con $4,6^\circ$; en la Granja Forestal el mayor valor corresponde a Marzo, con 6° , y el menor a Julio y Agosto, con $2,2^\circ$. También en las extremas absolutas vemos esta diferencia: en Puerto Montt no se registraron en 30 años temperaturas negativas en los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril, mientras que en la Granja Forestal se han registrado en los 6 años temperaturas negativas en todos los meses del año.

En lo que a precipitaciones se refiere, superan en 500 mm. anuales a las de Puerto Montt; este mayor valor queda compensado sobradamente por

las permeabilidad del suelo de la cuenca de Ensenada. La diferencia entre el clima local de la Granja Forestal y el macroclima de la Provincia de Llanquihué no tendría importancia bioclimatológica si no fuera por las noches frías y las heladas tardías que dan a la Granja Forestal una característica especial.

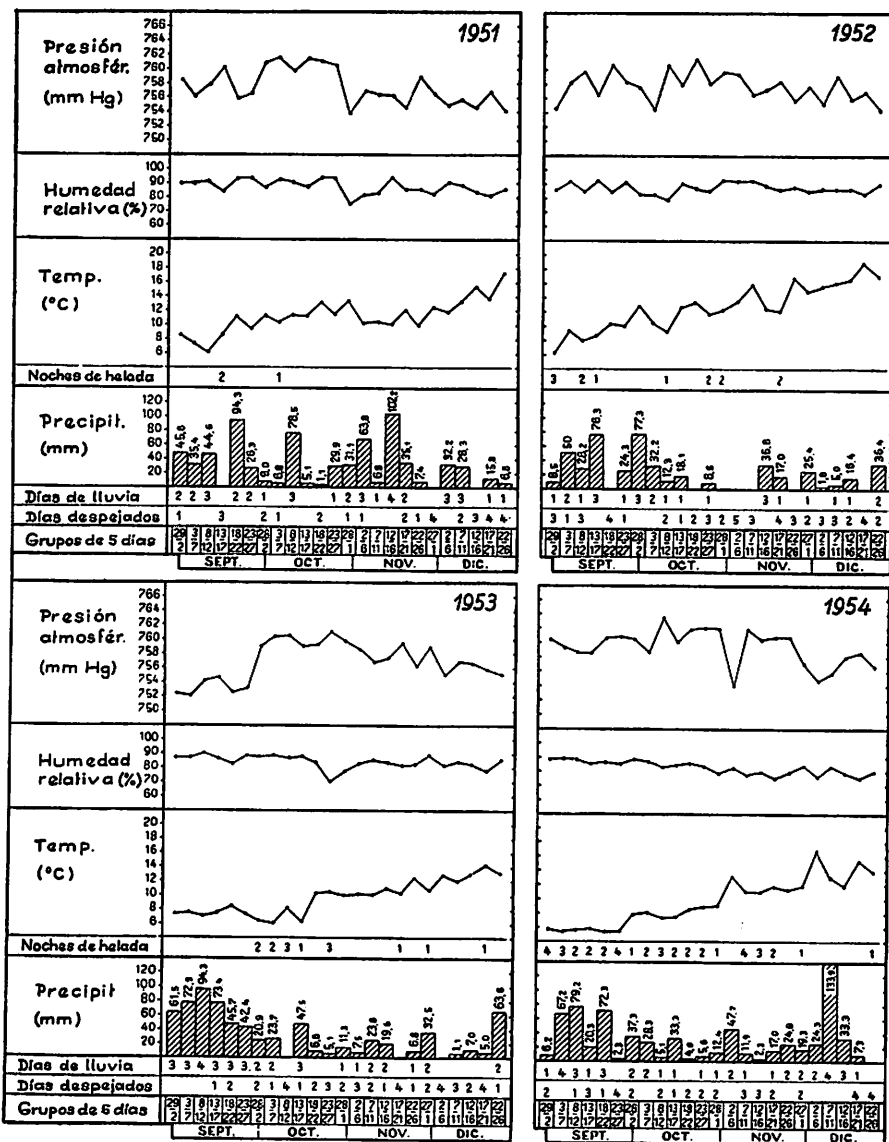
Comparación con el clima de los países de origen de las especies forestales exóticas. — A las mismas conclusiones conduce también la comparación entre el clima de la Granja Forestal y el clima de los países de origen de las especies forestales exóticas que pueden ser cultivadas en Chile. C. A. SCHENK ha indicado en su manual²⁷⁾ el clima de los países de origen de todas las especies forestales y de parque exóticas que se han plantado en Alemania. A nosotros en Chile nos interesan ante todo las coníferas forestales de la costa del Pacífico de los Estados Unidos de América, especialmente el clima originario del *Pinus radiata*, Don. = *insignis*, Dougl., de las especies de pseudotsuga, thuyas y de los diferentes cipreses y pseudocipreses norteamericanos. En la actualidad, los productores norteamericanos de semillas forestales indican el lugar de obtención de la semilla y además la fórmula climática de la estación de origen, siendo en consecuencia muy fácil comparar el clima de las estaciones ecológicas chilenas de importancia silvicultural con los climas de las estaciones de origen de las semillas. Tal comparación es un estudio necesario y transcendental. Condición previa es, por cierto, el estudio climatológico de todas las zonas silvícolas chilenas, tal como se ha intentado en la Granja Forestal. Como quiera que una comparación total se saldría del marco de esta obra, se han tomado 3 observatorios costeros del Pacífico Norte y se han comparado con otras estaciones costeras chilenas de clima parecido.

El *Pinus insignis*, del cual hay en Chile plantaciones que suman 200.000 Ha., es originario de la Bahía de Monterrey, al Sur de San Francisco (California), donde esa especie forma en una zona reducida, bosques relativamente pequeños. Este tipo de pino no pertenece por lo tanto a las coníferas que forman las reservas, al parecer inagotables, del Noroeste de los Estados Unidos. Su crecimiento rápido, que SCHENK ha calificado de curiosidad dendrológica, ha sido la causa de su gran propagación en Chile, Africa del Sur y Nueva Zelanda. En los alrededores de Concepción se encuentran las mayores y más numerosas plantaciones de *insignis* de Chile; se dice que esta especie crece aquí más rápida y exuberantemente que en Monterrey. La comparación de la temperatura y precipitaciones del clima originario del *Pinus insignis*, esto es, del observatorio de Santa Cruz en la ribera Norte de la Bahía de Monterrey, con los mismos elementos climáticos que Concepción, indica una gran coincidencia. Llama la atención sobre todo el hecho de que el clima en Santa Cruz tenga 2 meses sin lluvia y, por lo tanto, la especie está adaptada a períodos de sequía prolongados que se presentan en primavera y verano en Chile (ver cuadro 9). En cuanto a la temperatura, ambos observatorios se diferencian todo lo más por tener Concepción otoños más fríos. Las precipitaciones son, por el contrario, más favorables en Concepción, aunque en su lugar de origen el *Pinus insignis* está expuesto a nieblas frecuentes que aportan al árbol una humedad adicional. En comparación con estas condiciones climá-

ticas óptimas en la zona de Concepcion, el clima de la Granja Forestal no es tan favorable en lo que atañe al presupuesto térmico. Por suerte, el *insignis* es poco sensible a las heladas — se comprobaron daños leves en los brotes primaverables sólo en heladas tardías muy intensas —, y parece adaptarse también a temperaturas bajas. No resiste, por cierto, el invierno de Europa Central, por lo cual fracasaron las plantaciones experimentales del Marchfeld en Viena. Por otro lado, este pino se muestra insensible a la sequía, aún con suelo muy permeable.

Menos favorables son las condiciones en la Granja Forestal para la plantación de abeto de Douglas. Ello no se debe a las temperaturas ni a las precipitaciones; son más bien las heladas tardías de la Granja Forestal las que hacen imposible el cultivo en campo abierto de la *Pseudotsuga taxifolia*, var. *viridis*, considerada como resistente a la congelación. Según SCHENK²⁶), las últimas heladas se producen el 17 de Abril en Marshfield y las primeras el 31 de Octubre, habiendo pues 6 meses sin heladas. En Astoria las condiciones son más favorables: última helada 8 de Marzo; primera helada, 6 de Diciembre, existiendo en consecuencia 10 meses sin heladas. No se trata, por supuesto, en este caso de las heladas invernales durante el período de pausa vegetativa, que el abeto de Douglas resiste perfectamente en las Montañas Rocosas de EE. UU. y en Europa. Los inviernos suaves de la Granja Forestal motivan el brote prematuro del abeto de Douglas, y como los meses de primavera presentan la mayor frecuencia de heladas, se hielan los brotes, incluso los terminales, regularmente. El árbol se atrasa con esto un año. El Douglas es desde luego capaz de recuperarse de los daños causados por las heladas, pero si al año siguiente vuelve a helarse en primavera, el daño es irremediable. De ahí que en 6 años de labor tenaz, el autor sólo haya podido cultivar un solo Douglas de desarrollo normal al aire libre. Más de 30 Douglas se han marchitado o han sido dañados año tras año por las heladas, llevando una existencia raquítica. En Valdivia y Puerto Montt, donde no se conocen estas heladas tardías que alcanzan hasta Diciembre, las condiciones son adecuadas par el abeto de Douglas. Precisamente en esas zonas de clima y suelo igualmente buenos, el Douglas debería reemplazar al *Pinus insignis*. En último caso se puede cultivar la *Pseudotsuga* bajo protección, en la Granja Forestal. Tampoco han prosperado los cultivos al aire libre de las frondosas sensibles a las heladas, a saber, *Juglans nigra*, *Castanea vesca*, *Aesculus hippocastanum*, *Robinia pseudoaccia* y la mayoría de las variedades del eucalipto. Los cedros no han podido aclimatarse, dando mejor resultado los ensayos con cipreses, especialmente el *Cupressus macrocarpa* y *C. torulosa*. Volveremos a tratar de estos ensayos de aclimatación en un capítulo posterior. Agreguemos aquí que en la Granja Forestal prosperan ciertos pinos norteamericanos sin protección: el *Pinus contorta*, *P. ponderosa*, *P. Jeffreyi* y *P. banksiana*, así como las especies del Viejo Mundo, tales como el *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, y *P. Halepensis* no sufren por las heladas tardías, pero la mayoría de ellos tienen crecimiento extraordinariamente lento.

Régimen estacional del tiempo. — Acabamos de exponer en este capítulo las condiciones climáticas que se observaron durante los años



1951—56 en la plantación de la Granja Forestal, después de hacer breves consideraciones sobre el macroclima de la Provincia de Llanquihué y una descripción del observatorio meteorológico de la estación. Los resultados los hemos relacionado en primera línea con la silvicultura, subrayando las características de cada año y estación; sin embargo, el clima de la estación sólo puede ser expresado por valores medios que no siempre son suficientes para el silvicultor. El hombre práctico quiere saber

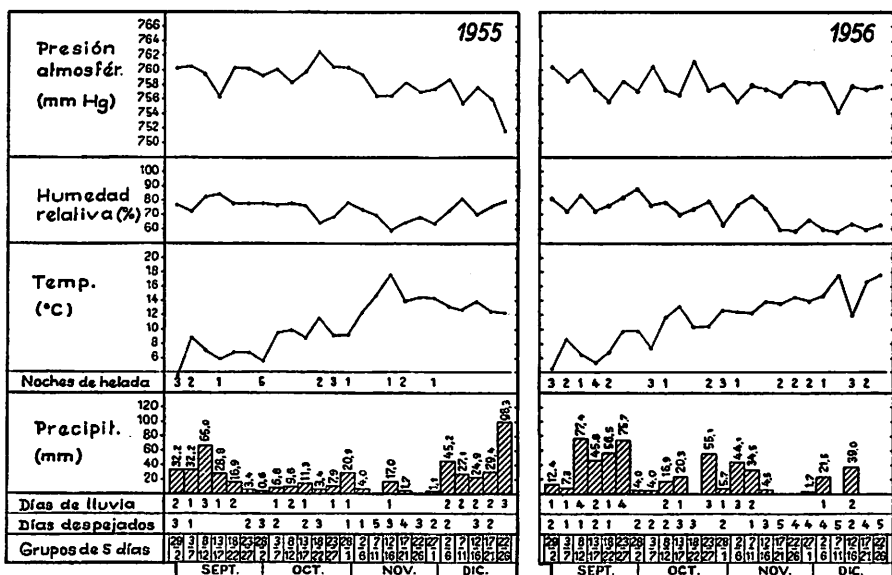


Diagrama 2: Medias compensadas de los meses primaverales críticos de 1951—1956

Observatorio Granja Forestal: Media de 6 años: condiciones meteorológicas durante las semanas de trabajo de los 5 meses de invierno (1951, 1952, 1953, 1954, 1955 y 1956).

Año	Días hábiles	Temp. media a las 7 ⁰⁰	Temp. media a las 14 ⁰⁰	Pluviosidad	Días de lluvia	Días despejados	Noches de heladas	Días de tempestad
1951	99	6,5	11,2	1,024	45	26	5	1
1952	99	4,0	10,4	946	38	34	19	7
1953	101	6,3	10,0	1,420	68	23	11	1
1954	101	4,6	10,6	1,005	43	33	27	5
1955	101	3,8	9,1	1,081	48	28	47	2
1956	98	5,0	10,8	707	31	27	21	3
Suma:	599	30,2	62,1	6,183	273	171	130	19
Ø:	99,8	5,0	10,35	1,030	45,5	28,5	22	3,2

cómo se han desarrollado cronológicamente los distintos fenómenos atmosféricos, qué tiempo se puede esperar en las distintas estaciones del año y si tal estado del tiempo facilitará o dificultará el trabajo al aire libre. La brevedad de las series de observaciones disponibles no nos permite satisfacer todas estas exigencias de los silvicultores. Nos hemos limitado, pues, a calcular los promedios de 5 días de los meses primaverales críticos (Septiembre a Diciembre inclusive) para los 6 años. Para no cansar al

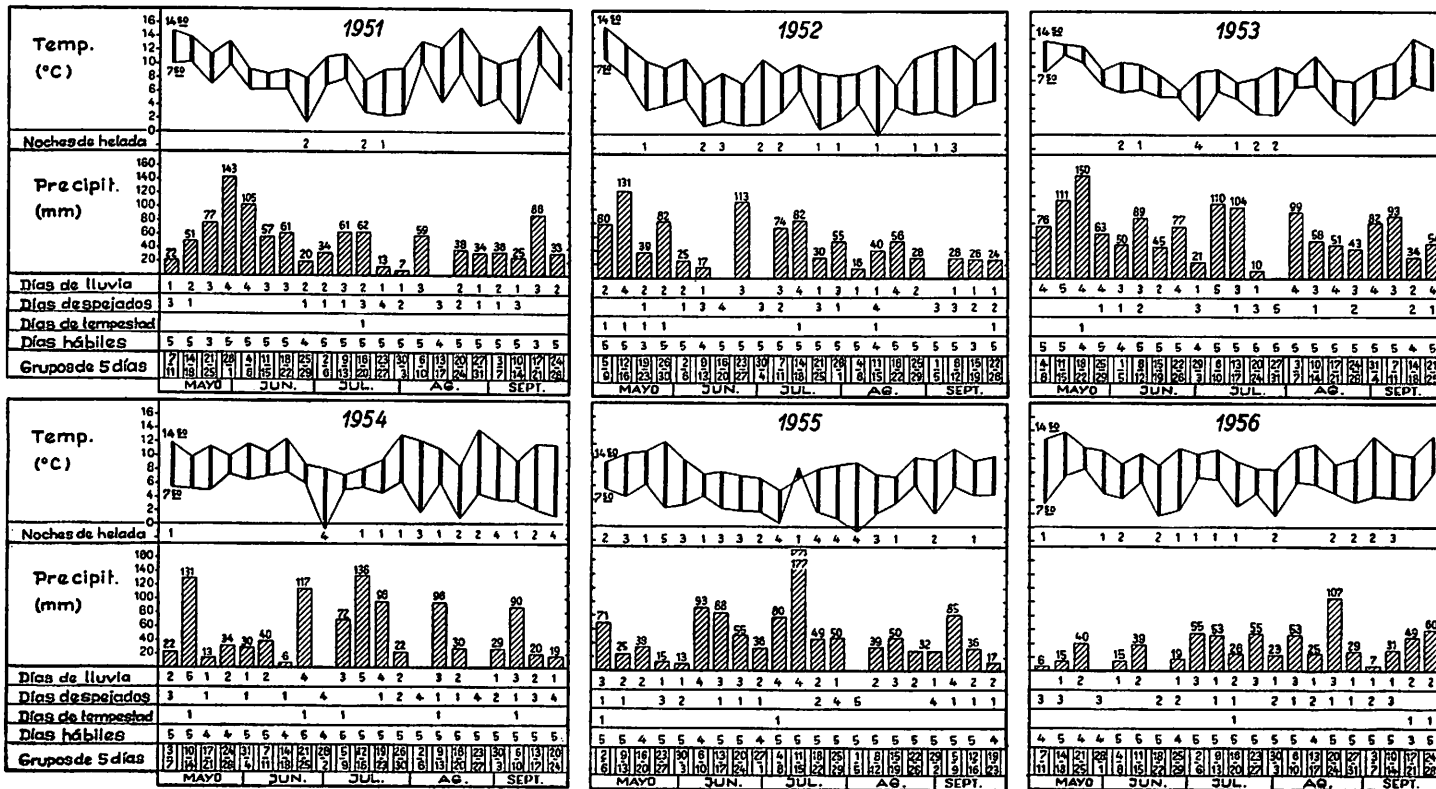


Diagrama 3: Condiciones meteorológicas durante las semanas hábiles de los meses de invierno (1951—1956).

Cuadro 9: Climas*) de los países de origen de algunas coníferas exóticas plantadas en Chile, comparados con los climas de observatorios costeros chilenos. Datos de la Oficina Meteorológica de Chile y la Granja Forestal según observaciones propias.

EE. UU., Santa Cruz, 37° lat. N., altitud s. n. m.: 6 m. (lugar de origen del *Pinus insignis* y del *Cupressus macrocarpa*).

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura:	10,0	11,1	12,2	13,7	14,8	16,6	17,2	17,4	17,0	15,3	12,7	10,7	14,1
Precipitaciones:	140	122	102	48	25	5	0	0	15	36	66	122	681
ø máx. y mín.:	7,0 (mín. absol.: -1,7°) 18,8 (máx. absol.: 38,3°) + niebla												

Chile, Concepción, 36° 40' lat. Sur., altitud s. n. m.: 15 m. (grandes plantaciones de *Pinus insignis*)

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura:	9,1	9,1	10,6	12,6	14,8	16,9	18,0	17,2	15,1	12,8	11,1	9,7	13,0
Precipitaciones:	226	176	109	57	49	31	15	18	43	89	237	250	1302
ø máx. y mín.:	5,0 (mín. absol.: -4,0°) 25,1 (máx. absol.: 37,5°)												

EE. UU., Marshfield, 43° lat. N.; altitud s. n. m.: 10 m. (lugar de origen de *Pseudotsuga taxifolia* y *Chamaecyparis Lawsoniana*)

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura:	6,7	7,7	8,5	9,8	11,4	13,6	15,2	15,5	14,4	12,4	9,6	7,0	11,0
Precipitaciones:	279	229	190	124	81	43	10	10	61	107	254	249	1637
ø máx. y mín.:	4,5 (mín. absol.: -8,90°) 20,1 (máx. absol.: 37,8°)												

Chile, Valdivia, 39° 48' lat. S.; altitud s. n. m.: 5 m.

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura:	7,8	8,1	9,3	11,4	13,3	15,3	16,9	16,3	14,6	11,8	9,6	8,0	11,9
Precipitaciones:	374	301	214	118	122	107	65	69	115	212	376	414	2489
ø máx. y mín.:	4,8 (mín. absol.: -4,2°) 23,2 (máx. absol.: 36,6°)												

EE. UU., Astoria, 46° lat. N.; altitud s. n. m.: 7 m. (*Pseudotsuga*, *Pinus contorta*, *Pinus ponderosa*)

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura:	4,5	5,8	7,4	9,5	11,8	14,2	16,0	16,3	14,9	12,2	8,4	5,7	10,6
Precipitaciones:	305	229	216	135	97	74	30	33	86	145	274	307	1931
ø máx. y mín.:	2,2 (mín. absol.: -12,2°) 20,4 (máx. absol.: 36,1°)												

Chile, Puerto Montt, 41° lat. S.; altitud s. n. m.: 3 m.

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura:	7,6	7,8	8,8	10,6	12,2	13,9	15,2	14,8	13,2	11,2	9,3	8,0	11,1
Precipitaciones:	209	198	158	119	131	125	90	104	139	180	236	257	1946
ø máx. y mín.:	4,6 (mín. absol.: -4,0°) 19,9 (máx. absol.: 29,0°)												

Chile, Granja Forestal (La Ensenada), 41° lat. S.; altitud s. n. m. 66 m.

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura:	6,0	6,4	7,2	9,6	12,2	14,0	14,3	14,2	11,8	9,9	8,4	6,3	10,0
Precipitaciones:	343	246	260	98	105	135	152	118	188	181	360	274	2460
ø máx. y mín.:	2,2 (mín. absol.: -6,0°) 20,4 (máx. absol.: 32,8°)												

*) Según SCHENK: „Fremdländische Wald- und Parkbäume“, vol. I, pp. 39—51.

lector con interminables cuadros de valores, se han confeccionado gráficas con las medias de 5 días de la presión atmosférica, temperatura, humedad relativa, precipitaciones, días de lluvia, días despejados y noches de helada. Cinco días son un período suficientemente corto para indicar el régimen atmosférico de los meses de primavera y hacer resaltar los períodos de heladas y sequía mencionados repetidamente.

El mismo procedimiento se aplicó para el período de trabajo del plantador, esto es, para los meses de invierno, incluyendo Mayo y Septiembre, tomando por base la semana de Lunes a Viernes inclusive, para fijar las condiciones meteorológicas que rigieron durante los días de trabajo. Hemos prescindido totalmente de la presión atmosférica y hemos indicado el número de días de trabajo, los cuales no son constantes por los días festivos que caen en las semanas de trabajo. Se indicó la temperatura media entre las 8 y 14 horas para dar a conocer en qué condiciones térmicas se realizaron los trabajos. Las precipitaciones, el número de días de lluvia, los días despejados, los días de temporal y las noches de helada completan el cuadro y permiten deducir cómo las condiciones atmosféricas de las distintas semanas han influido sobre el rendimiento de los obreros. La gente fué equipada, naturalmente, con ropa de agua y botas de goma, pero una lluvia de 4 días consecutivos con un total de 177 mm. hacen prácticamente imposible todo el trabajo satisfactorio, aún con el mejor atuendo contra la lluvia. Para el plantador, la relación de las condiciones atmosféricas con el rendimiento del trabajo es más importante que los datos de clima más exactos. Aquí se ha hecho el primer intento de expresar esta relación en cifras, con el objeto de difundir estas investigaciones en la silvicultura chilena. Cuanto mayor sea el trabajo a realizar, tanto más importantes serán las condiciones atmosféricas, pues si un invierno helado o lluvioso retarda el trabajo, no se podrán terminar antes de Septiembre las tareas repobladoras, y a partir de esta fecha no pueden proseguirse debido a las sequías primaverales.

Con esto terminaremos la descripción de las condiciones climáticas de la estación, y pasamos a ocuparnos de los factores generadores que interesan a la silvicultura en la estación dada.

III. El suelo

Las plantas forestales están ancladas firmemente por medio de sus raíces en el suelo, del cual extraen agua y alimentos. El suelo sobre el cual crece o deberá crecer un bosque es, por lo tanto, junto con el clima, un importante factor generador del bosque. En Chile, donde existe cierta escasez de terreno agrícola, las reforestaciones deberán limitarse a aquellas zonas inadecuadas para la agricultura. Puede tratarse de buenos suelos en vertientes muy inclinadas o de terrenos de escaso fondo o de aquellos suelos erosionados a consecuencia de una explotación irracional y que, por lo tanto, ya no sirven para la agricultura. Prescindiendo de los cultivos en terrenos inclinados, la tarea de la silvicultura será la de obtener por medio de la reforestación una producción, aunque sea a largo plazo, en terrenos improductivos o de bajo rendimiento. Lo mismo cabe decir, naturalmente, de la repoblación después del aprovechamiento maderero del bosque. Con esto, la economía nacional recibe nuevas áreas productivas; más aún, después de un período debidamente largo, los bosques plantados pueden haber mejorado o regenerado los suelos en tal grado que pueden ser destinados a la agricultura como suelo nuevo o saneado. Por muy importante que sea para todo el mundo, y no sólo para Chile, la producción maderera, la silvicultura nacional no debe limitarse exclusivamente a ella, sino tener presente el mejoramiento de los suelos para su posterior aprovechamiento agrícola, especialmente cuando se trata de terrenos llanos de fácil acceso. El análisis completo del suelo indicará en cada caso si ello es o no posible.

En el capítulo que se refiere al emplazamiento hemos analizado ya las fuerzas que han modelado la superficie de la cuenca de Ensenada. Dijimos que la mayor parte de la estación está cubierta por materiales de acarreo del río Petrohué, y que esta superficie, de reciente formación, tiene carácter de landa, en cuanto a paisaje y vegetación se refiere. En lo sucesivo llamaremos a este suelo repoblado sin solución de la continuidad, *suelo de landa*. En el límite occidental de la superficie aluvial desaparecen lentamente la vegetación de landa y surgen los helechos, primero en hondanadas y luego en el borde y en el pantano (Hualve Grande) mismo. Llamaremos, pues, a este tipo de formación edáfica *suelo de helechos*.

Común a ambos suelos es su origen volcánico, variando su color de gris oscuro a negro. A excepción de algunas muestras, de rocas intrusivas que el río trajo del Cerro de Santo Domingo, todos los demás componentes del suelo que se observan en la superficie o que aparecen en las excavaciones, desde el bloque de basalto de varias toneladas de peso hasta la arena más fina, pasando por piedras o grava angulosa, fluyeron del Osorno en forma de lava, o bien fueron lanzadas al aire con ocasión de erupciones violentas en forma de lapilli, arena o ceniza.

El suelo de landa. — En dos cortes puede observarse la estructura del suelo de landa y del subsuelo: en la orilla escarpada de 8 m. de altura del río Petrohué y en una zanja de 2 km. de longitud y 80 cm. de profundidad de la nueva carretera a Ralún.

En la orilla del río se pone claramente de manifiesto la estructura de delta de la superficie aluvial. Capas de arena alternan con bandas de grava y piedras grandes; los bloques mayores han sido o están a punto de ser socavados, cayendo luego al fondo del río. La pobreza de vegetación de la orilla escarpada indica que el río la desplaza permanentemente hacia el Oeste, debido a la erosión lateral y a las lluvias invernales. Sólo los grandes bloques ya mencionados, que ofrecen gran resistencia a la erosión fluvial, retardan este proceso.

Como capa superior directamente sobre el material suelto tenemos un estrato de 10 a 25 cm. de espesor de tierra negra, a la que prestan firme cohesión las raíces de la chaura (*Pernettya mucronata*), una ericácea, y la murta (*Ugni Molinae, T.*), una mirtácea, formando a veces techo sobre la escurridiza arena de la capa inferior. Esta capa se puede cortar fácilmente en placas de forma de ladrillo con un azadón. Debajo del suelo de landa tenemos capas de material suelto y permeable de origen volcánico de varios metros de espesor, el cual disminuye su potencia hacia el Oeste; éstas descansan a su vez sobre otras más antiguas de material volcánico que han adquirido consistencia — asemejándose a la arenisca —, y que forman un horizonte freático, siendo visibles en algunos puntos de la orilla del río Petrohué durante los períodos de estiaje. A estas capas profundas impermeables se debe la formación de dos arroyos sin nombre que discurren sobre una terraza fluvial paralelos al Petrohué, drenando así la superficie aluvial hacia el río a través de un horizonte freático continuo. Si se compara la distancia de este horizonte freático a la actual superficie de la masa aluvial, con la profundidad de los orificios circulares situados en la parte Sur de la superficie aluvial, se constata que ambas medidas coinciden. En el capítulo correspondiente dijimos que esos orificios constituyen improntas de árboles que fueron sepultados erguidos y luego se pudrieron; puede concluirse así, que las capas impermeables mencionadas formaban la superficie de la cuenca de Ensenada antes que las grandes inundaciones del Petrohué esparcieran capas de material suelto y permeable de varios metros de espesor sobre la región, destruyendo la vegetación existente. Esto nos indica una vez más la corta edad de este suelo de landa y cuánto depende su estructura y composición de las contingencias de la pendiente del terreno, del caudal y de la clase de los sedimentos arrastrados por el río.

El suelo de landa no está, por consiguiente repartido uniformemente sobre la superficie aluvial, mostrando gran variedad en su composición. No sólo el subsuelo es variable, sino también el espesor de la capa superior y su composición. Ambos hechos pueden observarse muy bien en la zanja de 2 km. que en parte atraviesa en una longitud de 50 a 100 m. un terreno de pura arena; luego siguen tramos de grava gruesa, mezclada con piedras redondeadas del tamaño de un puño o una cabeza; más allá se encuentran bloques de 100 a 150 cm. de longitud empotrados en arena, y

luego paquetes alargados de piedras de 70 a 80 cm. de tamaño que llegan hasta la superficie. En la práctica, esta circunstancia motivó el pago de un salario variable a los obreros que excavaron la zanja, salario que se adaptó a las dificultades técnicas que presentaba los distintos tramos de la excavación. La variabilidad del suelo tiene también consecuencias silvícolas, porque alternan zonas de vegetación frondosa con otras en que no prospera ni siquiera el poco exigente *P. insignis*. Es muy cierto, especialmente acerca de los antiguos suelos de cultivo, lo dicho por E. A. MITSCHERLICH²⁹) hace 50 años: »A nuestras plantas cultivadas no les importa cómo se ha formado geológicamente el suelo sobre el cual fructifican; lo que interesa es su composición física y química actual, en el momento en que crecen las plantas sobre él«. Pero en zonas no exploradas totalmente y en áreas vírgenes como las que se ofrecen a la silvicultura chilena hay que preocuparse del origen geológico de los suelos en los cuales se va a plantar, porque en caso contrario no podrán explicarse algunos fracasos que pueden producirse en toda plantación nueva con suelo aparentemente uniforme (Fotos 8 a 11).

En una superficie a repoblar de 300 Ha. o más es antieconómico sacar muestras del suelo en puntos uniformemente repartidos en el predio o hacer excavaciones cada 10 m. Hay que conformarse con escoger un perfil típico del suelo a partir de una serie de observaciones aisladas, que sea en lo posible representativo del suelo de gran parte de la plantación. En esto nos hemos guiado por la vegetación existente, ya que de ella podía deducirse fácilmente la bondad relativa del suelo de landa. Se pueden distinguir a simple vista suelos que no tienen árboles o muy pocos, pero que están cubiertos por un tapiz uniforme de hierbas. En casos extremos no prospera la chaura (*Pernettya*), desaparece la murta (*Ugni Molinae*) y el suelo está solamente cubierto por el musgo (*Rhacomitrium*) ya mencionado. En otras partes se encuentra un bosque sano con árboles de hasta 15 m. de altura y con murtas que alcanzan la altura de un jinete sobre su cabalgadura. Al Oeste de nuestra estación predomina el bosque, formando largas bandas que penetran en la landa en forma de lenguas; al Este, cerca del río, predomina la landa abierta. Debemos distinguir, pues, entre el suelo de landa abierta y arbolada, y dilucidar si esta diferencia se debe a la composición física y química o a diferencias de la humedad del suelo. Para comenzar analizaremos las condiciones físicas de estos suelos, esto es, de landa abierta y arbolada.

Análisis físico del suelo de landa abierta. — En suelo típico de landa abierta se marcó una superficie de 1 m.² y se cortó la vegetación con una podadera. Un 80% de la superficie estaba cubierto de chaura, un 10%, de murta y un 7%, de musgo; además había una piedra que asomaba a la superficie, ocupando el 3% de la misma. El peso de las partes aéreas de esta vegetación fué de 600 g., el musgo húmedo pesó 540 g. Con ayuda de un azadón se cortó la capa superior, el horizonte A pues, en placas que se colocaron sobre una lona y allí se desmenuzaron cuidadosamente. Las placas estaban formadas por un tupido tejido de raíces que fueron separadas a mano. Las raíces más gruesas pesaron 4,30 kg., las raíces pequeñas tamizadas, 0,65 kg. Se agregaron 1,60 kg. de raíces del

horizonte B y del subsuelo³⁰). Tenemos, por consiguiente, que a un peso de 0,60 kg. de partes vegetales aéreas corresponden 6,55 kg. de partes subterráneas. Aunque se suponga que parte de las raíces corresponden a plantas exteriores al área marcada, llama la atención que una planta tan poco exigente como la chaura, que alcanza aquí apenas 25 cm. de altura, necesite tanta raíz para sobrevivir. Esta observación permite concluir la pobreza y sequedad de este suelo no tocado hasta ahora por mano humana.

La tierra liberada de las raíces tenía estructura grumosa y color gris oscuro; en estado húmedo apenas se dejaba modelar, no se adhería a la mano y tenía un agradable olor humoso. No se constató la presencia de gusanos ni cochinillas ni de otros animalitos visibles a simple vista. Esta tierra se pasó por un tamiz de alambre de 6×6 mm. y las piedras tamizadas pesaron 2,45 kg. Estas últimas estaban constituidas por piedra pómez y lapilli muy porosas del tamaño de una avellana, a excepción de algunos trozos de lava del tamaño de una nuez. La piedra pómez y el lapilli provienen de las últimas erupciones del Calbuco, que las lanzó al aire, siendo traídas aquí por el viento del Oeste. El mismo lapilli mezclado con ceniza se encuentra aún sobre las ramas de los árboles viejos y sobre este material de origen puramente eólico se ha formado una vegetación epifítica muy original de musgos, helechos pequeños y trepadoras.

La tierra se pasó luego por un tamiz fino de 2×2 mm., quedando como residuo 7,55 kg. de lapilli, esta vez del tamaño de una lenteja. El horizonte A de la capa superior del suelo se componía pues de un 81% de tierra muy fina y un 19% de piedras. El análisis de lavado de A. VON KRÜDENER³¹) indicó que la tierra muy fina estaba compuesta principalmente de arena, a saber: un 40% de gruesa y mediana y un 40% de fina; a estas cantidades hay que añadir un 10% de fango y un 10% de sustancias orgánicas (restos de raicillas). En estado húmedo, el fango era de color negro; seco, se disgregaba en un polvo gris, no se podía tomar entre los dedos y no cruzaba entre dos vidrios planos. Bajo el microscopio y con 50 diámetros de aumento se constataba la naturaleza también arenosa de este fango: granos negros y trozos de cristal de brillo claro, pero ninguna sustancia amorfa que pudiera calificarse de arcilla. El agua de este análisis mantuvo color amarillento turbio varias horas, aclarando totalmente sin dejar precipitado mensurable sobre la capa de fango. Las sustancias coloidales sólo eran comprobables como suspensiones, a lo menos, con los elementos que tenía a disposición.

Al día siguiente se estudió el horizonte B de nuestra excavación y se extrajo una capa de 10 cm. de espesor. Aquí ya aparecieron piedras mayores: 2 del tamaño de una cabeza humana, 2 del tamaño de un puño y 57 piedras más pequeñas con un peso total de 9,90 kg. El tamiz de 6×6 mm. retuvo piedras del tamaño de avellanas con un peso de 27 kg. y el tamiz de 2×2 mm. retuvo 31,65 kg. de lapilli y carbonilla; la tierra fina pesó 42,25 kg. En el horizonte B teníamos pues un 38% de tierra fina y un 62% de piedras. El análisis dió un 56% de arena, un 36% de arena fina y un 8% de fango.

Finalmente se excavó una capa de 35 cm. del subsuelo. También aquí se encontraron raíces, pero sólo pesaron 300 gr. Había piedras abundantes del

tamaño de una cabeza; la piedra mayor, la que llegaba hasta la superficie, pesó 46 kg.; las 36 piedras restantes pesaron 81,5 kg. Después de retirar las piedras se pasó consecutivamente la tierra por 3 tamices: el tamiz más abierto, de malla de 40×40 mm., retuvo 52,55 kg. de piedra del tamaño de un puño y 50,6 kg. de grava gruesa; el segundo tamiz de malla de 20×20 mm. retuvo 20,8 kg. de piedras (lava) del tamaño de un huevo, 35,4 kg del tamaño de una nuez y 74,3 kg. del tamaño de avellana. El tercer tamiz de 6×6 mm. retuvo 20,5 kg. de piedras del tamaño de lentejas (50% de lapilli) y 36,85 kg. de carbonilla (casi exclusivamente lapilli). La tierra tamizada pesó 147,25 kg. y el peso total de la capa de 35 cm. fue en consecuencia de 649,3 kg.

En los tres horizontes analizados, la relación entre las piedras (esqueleto) y la tierra fina era la siguiente:

Capa superior (5 cm.)	81% tierra fina y 19% piedras
Capa inferior (10 cm.)	38% tierra fina y 62% piedras
Subsuelo (35 cm.)	23% tierra fina y 77% piedras.

El suelo de landa arbolado. — Al análisis anterior le contraponemos ahora a uno efectuado con un suelo de brezal arbolado.

Se escogió un metro cuadrado de terreno entre numerosos coihúes (*Nothofagus Dombeyi*) de respetable aspecto, y muermos (*Ecryphia cordifolia*), árboles que fueron talados en 1953, empleándose su madera para postes de cerca y como leña. Los restos de vegetación fueron eliminados con fuego. La vegetación superficial compuesta de hierbas se quemó también entonces, de manera que aún hoy el suelo sigue estando descubierto. En esta zona tenemos una plantación de *Pinus radiata (insignis)* de 3 años. En suelo de landa arbolada estos pinos alcanzaron ya 1,50 m. de altura, en suelo de landa abierta, sólo 60 a 80 cm. Mientras que en la landa abierta vuelve a crecer la chaura (*Pernettya*) al cabo de un año aunque haya sido quemada, el metro cuadrado de suelo escogido para nuestro análisis no presenta chaura, sino sólo algunas matas de murta. Se han deserrrollado además otras hierbas y plantas que no alteran, sin embargo, el aspecto descubierto del suelo; se prescindió en consecuencia de pesar la vegetación superficial.

El análisis se efectuó después de una primavera y verano muy secos; desde Octubre hasta la fecha del análisis (11 de Febrero de 1957) habían caído sobre este suelo en 4 meses, y con largos intervalos de sequía, sólo 420 mm. de lluvia. La capa superficial de 2—3 cm. de espesor estaba seca, pulverulenta y gris. Las placas tenían aquí el doble de la altura que tenían en la landa abierta, o sea, 10 cm. Las raíces y raicillas que se extrajeron pesaron 6,40 kg. El tamiz de 6×6 mm. retuvo material con un peso total de 76,85 kg., de los que 5,40 kg. eran exclusivamente piedras de lapilli, algunas del tamaño de una nuez, pero en general del de una avellana. Pasado por el tamiz de 2×2 mm. se obtuvieron 13,80 kg. de lapilli del tamaño de una arveja, no había arena gruesa ni carbonilla. La placa, o sea, el horizonte A., tenía pues un 75% de tierra muy fina y un 25% de lapilli. Si las erup-

ciones del Calbuco no hubieran alcanzado este terreno no habría piedras en su superficie. El análisis dió un 50% de arena, un 37% de arena muy fina y un 13% de fango; la suspensión decantaba rápidamente, tenía color más gris que la anterior, pero no daba valores mensurables.

El horizonte B, de 15 cm. de espesor y un peso total de 193,30 kg., estaba constituido por un 92% de tierra muy fina y un 8% de lapilli. Desde ese nivel se pasa de tierra a arena fina; en los 20 cm. siguientes la relación entre arena fina y piedras era de un 96,5% a un 3,5%. Con eso hemos alcanzado una profundidad de 45 cm. Llamaba la atención que el horizonte B estuviese más húmedo que la capa superficial; esto fué una sorpresa en vista del verano tan seco. En el subsuelo la arena estaba tan húmeda que los obreros creían que encontrarían agua subterránea si continuaban la excavación. El nivel de las aguas subterráneas estaba a la fecha, cuando menos, a una profundidad de 6 a 7 m.

Substancias coloidales. — A 45 cm. de profundidad encontramos tres capas de fango extraordinariamente finas y una cuarta de 0,5 cm. de espesor. El fenómeno lo conocemos por la observación de los torrentes: cuando ellos llevan una cantidad mayor de agua, ésta tiene color pardo achocolatado a causa de las materias en suspensión, pero cuando disminuye dicha cantidad cambia el color y parece lechada de cal. Como los torrentes provienen de los glaciares suspendidos del Osorno, podemos llamar leche de glaciarse a este enturbiamiento. Cuando el torrente se seca totalmente, deja una película de fango color pardo-rojizo y a veces completamente blanco. Se trata de la precipitación de los sedimentos más finos suspendidos en el agua. Este enturbiamiento se hace visible sólo cuando el agua fluye con poca velocidad o se estanca. Si se lava este precipitado se obtiene, además de arena gruesa y fina, una capa de material muy fino que observado con 50 aumentos resulta estar compuesto de granos mayores de arena oscura y superficies claras de una substancia granulada superficialmente. El agua de lavado permaneció turbia durante días, tenía color crema en nuestro caso y al secar algunas gotas dejó manchas color gris claro casi blancas. Se trata manifiestamente de substancias coloidales que en los análisis de lavado del suelo de landa sólo hemos encontrado como suspensiones. Pues incluso el fango más fino del suelo de landa seguía mostrando al microscopio (50 aumentos) una clara estructura arenoso-granular, es decir, cada grano podía reconocerse fácilmente como lava triturada. No sucede lo mismo, sin embargo, con las substancias coloidales de que acabamos de hablar. Con el microscopio que tenía a disposición no se pudo analizar la estructura de las manchas claras. Nos encontramos, pues, aquí por primera vez con la arcilla, producto de la meteorización de minerales volcánicos (especialmente feldespatos).

Hasta ahora hemos analizado sólo hasta una profundidad de 45 cm. el metro cuadrado de suelo de landa arbolada; nos encontramos allí con las películas de fango que motivaron nuestras observaciones anteriores. Allí comienza el subsuelo u horizonte C, constituido hasta la profundidad de 2,10 m. por arena gruesa, piedras del tamaño de una nuez o de un huevo, lapilli y carbonilla. Toda la capa de 1,65 m. de espesor contenía solo 5 piedras del tamaño de un puño con un peso total de 3,80 kg.; todo lo demás

era grava fina, arenosa y muy húmeda. Algunas raíces alcanzaban una profundidad de 70 cm.; más abajo, el material no contenía substancias orgánicas. La relación entre piedras y arena en el tamiz de 6 × 6 mm. fué de un 86% a un 14%. Si anotamos los valores relativos, tenemos el siguiente resumen para el suelo de landa arbolada:

Capa superior (10 cm.)	75% tierra fina 25% lapilli
Capa inferior (35 cm.)	95% tierra fina 5% lapilli
Subsuelo	86% arena 14% piedras

Es suelo de landa arbolada tiene comparativamente mucho menos piedra que el de landa abierta. A no ser por el lapilli, llegado allí posteriormente, el suelo considerado estaría formado por una capa de tierra de 45 cm. de espesor, prácticamente libre de piedras. Aún el subsuelo excavado hasta 2,10 m. de profundidad tiene sólo un 14% de piedras; mientras que en el caso de la landa abierta la capa inferior tiene un 62% y el subsuelo un 77% de piedras. Debemos concluir, pues, del análisis físico del suelo que la diferencia entre los dos tipos edáficos se debe a la forma en que se efectuó la sedimentación: el suelo de landa abierta es el resultado de aguas que discurrían a gran velocidad, las cuales sedimentaban los materiales más pesados, llevando los finos y finísimos hasta aquellos lugares donde el desnivel limitaba la velocidad e incluso estancaba las aguas. Allí se precipitaban los materiales finos formando capas apreciables de arena fina arcillosa de escasa permeabilidad y, en consecuencia, de mayor capacidad de absorción, en las cuales aún las plantas forestales, con su gran consumo de agua, podían resistir las sequías veraniegas. Habrá landa o bosque según el presupuesto hídrico del suelo, y éste a su vez depende de la composición física de los estratos que constituyen el suelo. En ambos casos se trata de suelos en que el nivel de las aguas subterráneas está alejado de la superficie: uno es capaz de acumular agua de lluvia; el otro, no. Al tratar de los análisis químicos mencionaremos que el bosque, con la formación de humus, mejoró aún más el suelo, de por sí mejor, sobre el cual crecía.

El suelo de helechos. — El análisis físico de un metro cuadrado de suelo de helechos nos indica que la superficie está cubierta uniformemente de helechos de 50 a 80 cm. de altura (*Gleichenia. Spez.*), cuyas partes aéreas pesaron 1,75 kg. A la sombra de estos helechos crece musgo, cuyo peso es de 1,60 kg. Las raíces del horizonte A de 8 cm. de espesor pesaron 8 kg., las del horizonte B, 1,75 kg. y las del subsuelo, 0,72 kg. El peso total de las substancias orgánicas del metro cuadrado asciende, pues, a 13,72 kg. También aquí la capa superficial se pudo cortar en placas que debido a un estrato de lapilli tenían un espesor de 8 cm. Tamizada la tierra, que con las piedras tenía un peso total de 63,25 kg., se obtuvieron 5 kg. de lapilli de tamaño de avellanas y 10,85 kg. de lapilli de tamaño de lentejas. El tamiz 2 × 2 mm. dió 47,4 kg. de tierra fina, con lo cual la relación tierra fina - mapilli (no había lava) era de un 75% a un 25%.

La tierra fina era de color negro, se disgregaba ya al tamizar en bolitas de 10 mm. de diámetro, de manera que era necesario forzar la tierra a través del tamiz. Tenía olor a arcilla. Por presión se forman fácilmente masas compactas; la tierra se adhiere a la mano en estado húmedo, tiñe de negro y se deja alisar. En estado húmedo esta tierra se puede modelar bien; seca, se disgrega en polvo gris.

El análisis de lavado dió un 50% de arena fina un 25% de arena muy fina, un 15% de barro y un 1% de arcilla precipitada de los materiales en suspensión.

Después de efectuar los análisis del horizonte A se extrajo el horizonte B de 12 cm. de espesor. En esta capa tampoco había piedras de lava, solamente lapilli; un 80% de tierra muy fina y un 20% de lapilli, generalmente del tamaño de un guisante. El análisis de lavado dió el mismo resultado que en el horizonte A.

El subsuelo fué analizado hasta una profundidad de 50 cm. Aquí se encontraron 1 piedra de lava de tamaño de puño y 6 piedras de lava de tamaño de nuez y avellana, prácticamente ya no había lapilli; las piedras sólo pesaron 2,76 kg. Muy explicablemente disminuye el lapilli a medida que profundizamos en las excavaciones. El horizonte C está constituido por tierra casi sin piedras; la relación tierra - piedras es de 99,6% a 0,4%. Se profundizó la excavación hasta 1,75 m. y se comprobó que la capa de „tierra negra“ con pocas piedras tenía en ese lugar un espesor de 85 cm.; en los 15 cm. siguientes, la tierra alterna con arena gruesa, pasando a 1 m. de profundidad a formar una mezcla de arena de lava pura con piedras de lava de tamaño de nuez. Esta arena constituye en invierno una capa freática, en verano el nivel de las aguas subterráneas debe estar en este lugar a 2,0 — 2,5 m. de profundidad. La tabla de los valores proporcionales del suelo de helechos es la siguiente:

Horizonte A (8 cm.)	75% tierra muy fina
	25% lapilli
Horizonte B (12 cm.)	80% tierra muy fina
	20% lapilli
Horizonte C (30 cm.)	99,6% tierra fina
	0,4% piedras de lava.

Desde el punto de vista físico existen diferencias sólo graduales en la composición del suelo de landa arbolada y el de helechos. En el primer caso, la capa de suelo fino tiene un espesor de 45 cm.; en el suelo de helechos, 85 cm. y más. La diferencia fundamental radica en la cercanía del nivel de las aguas subterráneas: en la landa está lejos, en el suelo de helechos cerca de la superficie.

Suelo de bosque alto y de pantano. — Siguiendo hacia el Oeste, varía poco la composición del suelo de helechos, pero se eleva el nivel de las aguas subterráneas. La vegetación varía en forma correlativa. Con un nivel de aguas subterráneas de 1 a 1,5 m. de profundidad, casi constante durante el año, se ha formado en el borde del gran pantano (Hualve; ver mapa) un bosque alto de coihú, en que hay árboles de 35 m. de altura. Este bosque alto tiene sólo de 50 a 80 metros de ancho y bordea el pantano. En terrenos más altos, aunque colindantes con el bosque, decrece la altura

de los árboles, los helechos son reemplazados por la murta, el bosque es muy tupido, pero de altura normal. En las partes que se inundan en invierno tenemos un bosque típicamente de pantano, compuesto preferentemente por tepú (*Tepualia stipularis*, Grieseb.), arrayán (*Myrceugenia apiculata*, Dc. Vdz.) y canelo (*Drymis Winteri* Forst), con pangue (*Gunnera Chilensis*, Lam.), grandes helechos (*Blechnum spic.*) y equisetáceas (*Equisetum Bogotense*, H. B. Hth.) como vegetación menor. En las aguas estancadas del pantano crecen solamente juncos y helechos. El suelo del bosque, compuesto de arena muy fina y arcillosa, es transitable en verano; no así el suelo del pantano propiamente tal, compuesto de una masa rojiza (segregación de hidróxido de hierro por efecto bacterial) que no es transitable ni en los veranos más secos y que por su considerable profundidad es peligroso para los animales mayores y para los seres humanos. Ya hemos mencionado que el suelo de helechos formado por la sedimentación de arena muy fina, ceniza volcánica y arcilla forma una masa pastosa cuando se produce un exceso de agua, disgregándose, sin embargo, en polvo cuando está seco. Hemos terminado así el análisis físico de los distintos suelos de la estación y los analizaremos ahora químicamente para determinar su contenido en materias nutritivas.

Análisis químico de los suelos. — El análisis químico de 12 muestras de suelo tamizado fué efectuado por el Departamento de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura de Chile. El químico diplomado Sr. MAX P. FISCHER (Osorno) completó esos análisis con valiosos datos adicionales. El autor desea expresar su agradecimiento aquí tanto al Ministerio como al mencionado profesional. Para la mejor comprensión se han reunido los resultados de esos análisis en el cuadro 10 adjunto, conservándose el mismo orden establecido en los análisis físicos. Las muestras analizadas son idénticas a las analizadas físicamente. En el cuadro se ha indicado, además, la cota sobre el nivel del mar del lugar donde se extrajo la muestra, cotas obtenidas de varias nivelaciones desde el nivel del lago al río, hechas por el ingeniero KURT ACKERMANN (Puerto Montt). Mencionaremos de nuevo estas nivelaciones al referirnos al agua subterránea. La muestra de suelo de landa abierta fué extraída cerca del río, o sea, cerca del punto más elevado del cono de deyección, alrededor de los 10 m. sobre el nivel del río; desde allí las cotas disminuyen hacia el Oeste, para alcanzar en el borde del pantano, con 12 m. de diferencia de niveles, su valor mínimo. Nos moveremos, pues, desde las proximidades del río, donde el nivel de aguas subterráneas es muy profundo, hacia las zonas alejadas del río, donde ese nivel está cerca de la superficie. Los números 6, 7 y 8 no son suelos naturales; se trata de suelos de huerta mezclados artificialmente con cal y abonos.

Si observamos el cuadro 10 llama la atención el favorable pH de todos los suelos analizados. Es sorprendente que el suelo de helechos y el pantano tengan reacción débilmente ácida (pH = 6,3), dada la pobreza de cal reinante en todo el Sur de Chile y el estancamiento del agua en el Hualve. No existen estudios científicos de los pantanos chilenos, pero por lo menos se diferencian de los europeos por el hecho de no existir turba en ellos, según antecedentes en mi poder. Encontramos aquí suelos débilmente ácidos

donde en Europa se espera una fuerte acidez. El pH más bajo (5,65) lo tiene el suelo del bosque alto. En ninguna parte se constató la presencia de ácidos nocivos para la vegetación, como era de temer en terrenos volcánicos. La explicación está en el carácter mercadamente básico de las rocas eruptivas del Osorno. El arrastre fluvial del material volcánico produjo las arenas pobres en silicatos que comprobamos en los análisis físicos de los suelos. Llama la atención la total ausencia de carbonatos en todas las muestras analizadas. La extraordinaria pobreza de fósforo asimilable de los suelos chilenos parece haber sido conocida por los indígenas, pues ya los indios de Chiloé abonaban sus sembrados de papas con cabezas de pescado. El suelo de landa es pobre en potasio; no así el suelo de helechos, que contiene cantidades adecuadas de potasio asimilable.

Si resumimos ahora los análisis químicos y físicos se observa que el suelo de landa abierta se presenta como un suelo arenoso de escaso desarrollo vertical, alejado de las aguas subterráneas, pobre en humus y arcilla, de poca capacidad de retención de agua, con base y subsuelo pedregoso, pobre en sustancias alimenticias, pero no totalmente hostil al cultivo. El *Pinus radiata* se desarrolla normalmente en este suelo, corroborando así la gran sobriedad de la especie. La variabilidad del suelo se traduce en el crecimiento desigual de los árboles plantados en él. Una mata de avellano, un coihué podrido o algún grupo de árboles en la landa favorecen el crecimiento de los pinos allí plantados, que sobrepasan en altura y desarrollo de la copa a sus vecinos ubicados en suelos más pobres. La desigualdad en el crecimiento de los pinos, especialmente cerca del río,

Cuadro 10: Análisis químicos de suelos (Estación Granja Forestal)

	N° de la muestra	pH	Substancias orgánicas %	Nitrógeno kg./Ha.	Fósforo kg./Ha.	Potasio kg./Ha.	Carbonatos	Altitud sobre el nivel del mar
Plantación:								
1) Capa superior de landa abierta	6	6,25	4,6	6,6	trazas	45	—	77,6 m.
2) Capa superior de landa arbolada	7	6,7	5,5	8,2	9,3	60	—	67,2 m.
3) Capa superior del suelo de helechos	5	6,3	5,5	7,4	trazas	155	—	63,8 m.
4) Capa superior suelo del bosque alto	12	5,6	5,5	10,3	trazas	90	—	61,7 m.
5) Capa superior del pantano	11	6,3	6,7	9,0	trazas	110	—	61,0 m.
Huertos:								
6) Suelos mezclados de 1 y 3, con cal	1	7,3	3,4	8,2	trazas	95	—	—
7) Vivero n° 6 abonado con fosfato y potasio	2	7,3	3,95	6,6	113,8	185	—	63,4 m.
8) Huerto n° 6 con abono de establo y cal	3	7,7	7,1	5,8	85,6	330	—	64,1 m.

donde las aguas subterráneas están a niveles muy bajos, se debe a las condiciones del suelo, no tanto a la falta de sustancias nutritivas, sino más bien a la variable capacidad de retención de agua. Cuanto mayor es la permeabilidad del suelo, tanto más sustancias nutritivas son lavadas por las lluvias invernales y tanto más se reseca el suelo en los períodos de sequía estivales.

El suelo de landa arbolada puede considerarse como un suelo arenoso de pocas piedras, de profundidad mediana, que contiene más humus y sustancias finas arcillosas y más sustancias nutritivas que el suelo de landa abierta y que a pesar de la distancia del nivel del agua subterránea tiene más capacidad de retención de agua que aquél. Siendo el suelo más húmedo pudo desarrollarse bosque, que a su vez mejoraba el suelo con el follaje caído. Llama la atención el contenido de fósforo asimilable de este suelo y el desarrollo extraordinario del *Pinus radiata* en él.

Nuestras consideraciones pedológicas no están siempre en condiciones de explicar científicamente la presencia de las distintas plantas en la estación. Ni la composición física del suelo ni sus sustancias nutritivas explican por qué los coihúes alcanzan sólo 15—17 m. en el suelo n° 2 (landá arbolada), mientras que en el suelo n° 4 (bosque alto) llegan a alturas de 30—35 metros. El suelo es sólo uno de los factores generadores que determina la morfología y composición sociológica de la vegetación. La explicación está más bien en la proximidad del agua subterránea: el suelo n° 2 está lejos, el n° 4, cerca del nivel del agua subterránea. La cercanía del nivel mencionado significa lisa y llanamente la total independencia de la periodicidad de las precipitaciones, y como el nivel del agua subterránea baja poco en el Hualve, aún en los veranos más secos, existen permanentemente en el borde del pantano condiciones de humedad óptimas. Dada la permeabilidad del terreno, la distribución de las precipitaciones es de capital importancia para la estación. En el capítulo siguiente nos dedicaremos a analizar tan importante factor.

Suelos de huerta. — En los capítulos anteriores nos hemos ocupado de los suelos de la plantación. Desde un comienzo se vió la necesidad de instalar viveros y huertos de frutales y hortalizas, para disponer de plantitas forestales y para el autoabastecimiento de frutas y hortalizas. Sólo teníamos a disposición entonces el bosque natural, totalmente virgen, que debió ser aclarado y limpiado para permitir al autor y a sus obreros la ocupación del terreno.

Muy pronto se comprobó que el suelo forestal natural del lugar era de poco espesor y que contenía muy pocas sustancias nutritivas para constituir buena tierra de huerta. El suelo de la Granja Forestal era suelo de landa, cuyo análisis químico corresponde a la muestra n° 1 del cuadro 10. Este suelo estaba tan entretejido de raíces que hubo que levantar la capa superior en placas, separar las raíces a golpes y tamizar la tierra. El resultado fué una arena débilmente humosa, cuyos componentes muy finos eran arrastrados al subsuelo por las lluvias, quedando muy pronto la arena gruesa únicamente. La idea de mezclar este suelo forestal natural con tierra mejor surgió luego. Los suelos trigueros más cercanos estaban a muchos kilómetros de distancia del lugar y además tenían dueño; era

además antieconómico su transporte. Se ensayó una mezcla 1:1 de suelo forestal con suelo de helechos que había cerca. El suelo de helechos sin mezcla no dió resultado satisfactorio, pues ya sabemos que con exceso de agua forma una masa pastosa, y seco, costras duras y se disgrega en polvo. La mezcla de suelo forestal y suelo de helechos dió una excelente tierra de huerta, especialmente si se agregaba cal a la mezcla. El análisis químico de la mezcla corresponde al n° 6 del cuadro 10; es por cierto pobre en sustancias nutritivas, pero de una estructura ejemplar, una tierra liviana y de aceptable capacidad de retención de agua que no habría sido posible obtener estructuralmente con tierra de cultivo. La falta de sustancias nutritivas era fácilmente remediable con abonos.

Con la instalación de los huertos se comenzó el año 1949; se jalonó una superficie de 1.300 m.² para vivero en la Granja Forestal, se levantó toda la capa superior, se niveló el subsuelo y se colocó una gruesa capa de tierra mezclada de 40 cm. de espesor. Con el huerto de verduras de 800 m.² se procedió de igual forma. Los huertos fueron abonados con ceniza de madera; el vivero, además, con fosfato y cal. El huerto de verduras fué abonado solamente con abono de establo. Se llama la atención sobre la importancia de la ceniza de madera como abono.

El resultado fué en todo sentido satisfactorio: el vivero dió plantas robustas pero bajas, con sistema radicular excelente. A comienzos de Septiembre se sembró *Pinus radiata* y germinó en 4 semanas. Las plantitas hubo que regarlas algo durante la sequía estival, pero se desarrollaron tan robustas a lo largo del verano que pudieron ser transplantadas desde Junio a Agosto, o sea, de 8 a 10 meses después de la siembra. Las plantas de brotes largos no son adecuadas en la Granja Forestal por las heladas de invierno y tardías. Las plantas bajas bien lignificadas no son dañadas por las heladas; comienzan a brotar en el verano y se robustecen lo suficiente en el suave otoño, por lo cual no hay que temer ningún fracaso al año siguiente. Para obtener esto se prescindió totalmente en la Granja Forestal de abonos nitrogenados. El análisis químico de esta tierra corresponde al n° 7 del cuadro 10. El vivero de la Granja Forestal, con una superficie útil de 1.000 m.², ha producido en 7 años más de un millón de plantitas.

El huerto de verduras abonado con estiercol dió también excelente resultado; todas las hortalizas resistentes a la helada se dan perfectamente. Arvejas, lechugas, espinacas de Nueva Zelanda, coles de todos los tipos, betarragas y zanahorias, rábanos (incluso el rábano para cerveza de Munich), acelgas, ruibarbo, etc., todas dieron abundantes cosechas de la mejor calidad y exquisito sabor. La instalación de un vivero de mantillo permitió posteriormente el cultivo de hortalizas tempranas y plantas sensibles al frío, como los tomates y pepinos.

En la instalación del huerto de frutales se aplicó otro sistema; sólo venían al caso manzanas y peras de floración tardía, ya que las guindas y ciruelas, por su floración prematura, eran todos los años víctimas de las heladas. Para los frutales se excavaron agujeros de 1,20 m. de diámetro y 0,80 m. de profundidad, alejándose la tierra extraída, la cual se reemplazó por tierra mezclada. Se abonó exclusivamente con fosfato. Los frutales se desarrollaron bien y fructificaron en el 4° año. No han sido atacados

por insectos o enfermedades, excepto algo de *Fusicladium*. Las substancias nutritivas existentes en esta tierra de huerta se indican en el núm. 8 del cuadro 10.

Desgraciadamente, las liebres importadas hace algunos decenios de Europa se han multiplicado de tal forma en las provincias del Sur de Chile que se han convertido en una verdadera plaga. Por tal razón hay que rodear los viveros y los huertos de frutales y hortalizas con una cerca alta de tela metálica, precaución que no debe omitirse en ningún caso. Toda radicación humana en el bosque constituye un foco de atracción para estos roedores siempre hambrientos, dada la escasez de hierbas en los bosques chilenos. Son difíciles de combatir, ya que sólo abandonan de noche los matorrales que les sirven de escondite.

Terminaremos así el capítulo sobre el suelo y estudiaremos en el siguiente la hidrología de la estación ecológica.

IV. El agua

El agua es un factor indispensable para el desarrollo de fauna y flora, ya sea en forma de lluvia, de agua superficial o subterránea, de niebla o de rocío. Es el vehículo del metabolismo (TROLL) de los organismos y, como tal, de especial importancia para el bosque, dado su gran consumo de agua.

Debería suponerse que el análisis de este factor generador es superfluo, ya que la cuenca de Ensenada debe estar suficientemente aprovisionada con los 2.500 mm. de lluvia que caen anualmente. Ya hemos visto que no es así por la variabilidad de la vegetación, la cual no se puede explicar por diferencias físicas ni químicas de los suelos. La pluviosidad anual indicada es igual para toda la cuenca; sin embargo, encontramos allí superficies cubiertas de musgos, casi estériles, landa abierta, matorrales y bosque alto en suelos similares. Vamos a demostrar que esta diferenciación se debe exclusivamente al desigual aprovisionamiento de agua de las distintas superficies.

Las precipitaciones. — La suma anual de las precipitaciones no le dice mucho al silvicultor; más importante para él es saber cómo se distribuyen esas precipitaciones durante el año. En el capítulo respectivo hemos analizado muy minuciosamente las lluvias en los 6 años de observación, indicando la suma de precipitaciones del invierno y verano. Como en todas partes del Sur de Chile, también en la Granja Forestal la lluvia caída en el semestre de invierno es 2/3 del total anual (promedio de 6 años), correspondiendo el tercio restante al período vegetativo principal, o sea, el semestre de verano. En los diferentes años, las precipitaciones difieren sensiblemente de esos valores medios; la pluviosidad de Noviembre a Febrero inclusive, varía de un 13,1% a un 28,2% de la suma anual. Hay años en que en los meses más calurosos la estación recibe 4 veces más agua que en un verano seco. Estos »chilenismos« del clima (G. H. SCHWABE)³⁸, esto es, inviernos muy lluviosos y veranos muy secos, no son tan frecuentes en la provincia de Llanquihué como en aquéllas que se acercan más a la zona central de Chile, caracterizada por veranos secos. De todas maneras tenemos en nuestra estación, en algunos años, reparticiones de lluvias que distan mucho de ser óptimas.

Es digno de notar cómo se ha adaptado la vegetación autóctona a esta distribución de las precipitaciones. Excluyendo la *Nothofagus Antarctica*, que crece esporádicamente y en suelos siempre húmedos de la estación y que por lo tanto no tendría necesidad, en cierto sentido, de perder las hojas en otoño, todas las plantas restantes de la cuenca de Ensenada son perennifolias. Para ellas, como para el *Pinus radiata* importado, las lluvias invernales tienen un valor estimulante para el crecimiento. El *Nothofagus Dombeyi* (coihué), que por sus raíces planas depende casi exclusivamente

de las precipitaciones, pierde parte de sus hojas en Octubre, tiene hojas y ramas nuevas en Noviembre, descansa en el verano y brota de nuevo en el otoño. La *Eucryphia cordifolia* (muermo) brota en Noviembre y florece en el mes de Febrero, que es generalmente seco y sin heladas. Los frutales importados tienen, por el contrario, un ritmo muy distinto: los ciruelos y guindos florecen y brotan en Septiembre, expuesto siempre a heladas; los perales a principios de Octubre, y sólo algunas variedades de manzanos florecen tarde. El *Pinus radiata* crece sin duda en invierno, en Octubre verdean los brotes formados en invierno, pero en otoño forma, con las lluvias un segundo brote terminal y nuevos brotes laterales. La pausa vegetativa en el *Pinus radiata* se verifica en los meses secos de verano y no en el invierno. Los datos que sobre el clima de origen de este pino tenemos a disposición nos indican que, en el promedio de largos años en la bahía de Monterrey (California), hay dos meses de verano consecutivos secos. N. L. KING³⁵) dice, refiriéndose al clima de origen del *P. radiata* (*insignis*), que diariamente las nieblas veraniegas provenientes del océano invaden la zona, limitando la excesiva evaporación, evitando la sequía veraniega y compensando así en forma muy eficaz la falta de lluvias estivales. El mismo autor pone de relieve la gran capacidad de adaptación climática de este pino. En la Granja Forestal, el *Pinus radiata* paraliza su crecimiento en los veranos secos, pero crece con más fuerza cuando comienzan las lluvias otoñales. Los veranos húmedos tienen por consecuencia un crecimiento muy equilibrado, continuado y exuberante, hasta el invierno. El abeto de Douglas tiene comportamiento parecido; desgraciadamente no es resistente a las heladas como el *P. radiata*; brota en Octubre y en la Granja Forestal es víctima luego de las heladas tardías. Permanece todo el verano dañado por la helada; con las lluvias de otoño brota de nuevo, tratando de curar los daños sufridos.

Las altas temperaturas de verano, los vientos desecadores, la escasa humedad del aire, especialmente por las tardes, las lluvias de verano escasas y muy espaciadas no son por cierto factores favorables para las forestaciones, sin embargo, no amenazan seriamente el éxito de las plantaciones de *P. radiata*. Los veranos secos fomentan además el desarrollo de animales dañinos (p. ej. pulgones), mientras que los veranos húmedos favorecen el desarrollo de plantas dañinas (hongos que provocan la putrefacción de las raíces). Cuando hablamos del clima de la estación, mencionamos ya los daños que ocasionan los veranos secos en los viveros y en los huertos de verduras.

Las aguas subterráneas. — En el capítulo sobre los suelos habíamos mencionado ya los lugares con aguas subterráneas altas o bajas. Las plantas forestales no toman la humedad directamente de la lluvia; el suelo humedecido por la lluvia o las aguas subterráneas entregan a las plantas la humedad indispensable. En los suelos con aguas subterráneas altas, la acción capilar del suelo arenoso eleva esas aguas hasta las raíces, compensando así la escasez de lluvia en el verano. Desgraciadamente, los veranos secos ocasionan una baja del nivel de las aguas subterráneas. Se agrega a ello que la capacidad de elevación de las aguas tiene un límite, aún cuando las características del suelo sean óptimas.

GUTSCHICK³⁴) considera una altura de elevación de 150—180 cm. para un suelo arenoso fino y débilmente arcilloso; ese es pues el espesor de la capa de absorción sobre el nivel del agua subterránea. En nuestra estación llamaremos por consiguiente suelos cercanos a las aguas subterráneas, a aquéllos en los cuales el nivel está a 2—3 m. de profundidad. Cuando el nivel es más profundo se trata de suelos con aguas subterráneas alejadas. Cuando el nivel tiene profundidades de 5 a 6 m., las aguas subterráneas no ejercen ya influencia alguna sobre la vegetación (GUTSCHICK).

Construcción de pozos. — Lo que en primer lugar tenemos que hacer es investigar dónde hay agua subterránea y a qué profundidad se encuentra. Prescindiendo del río Petrohué y de sus pequeños afluentes, no encontramos más aguas corrientes superficiales en la estación de la plantación. Para establecer la Granja Forestal y las casas de los obreros, o sea, para colonizar el terreno, fué necesario buscar agua subterránea por medio de pozos. Se excavaron en total 8 pozos en suelo suelto, siendo revestidos con tubos de hormigón de 1 m. de diámetro y 50 cm. de altura. Uno de estos pozos fué controlado permanentemente, midiendo cada 10 días la distancia de la superficie libre del agua a la superficie del suelo. De esta manera obtuvimos series de observaciones de 6 años, que promediadas permiten estudiar las oscilaciones del nivel del agua subterránea (Cuadro 4). De estos datos se desprende que en Abril el agua subterránea alcanza su nivel más bajo. Ascende rápidamente en Mayo y Junio, alcanzando en Agosto o Septiembre su mayor proximidad a la superficie del suelo. Este esquema es generalmente válido para todos los años; sólo los inviernos húmedos hacen subir el nivel del agua; mientras que los veranos secos lo bajan en tal forma que se seca uno u otro de los pozos. El estiaje se aprovechaba regularmente para limpiar los pozos y ahondarlos hasta que dieran agua nuevamente. De esta manera los pozos no fallaron ni durante las sequías más intensas.

Nivelación. — El ingeniero KURT ACKERMANN realizó en 1954 una nivelación desde la orilla del lago Llanquihué hasta el río Petrohué. Para poder determinar la altura del nivel del agua subterránea sobre el Océano Pacífico en los diferentes pozos (ver plano de nivelación adjunto), se tomó como referencia el nivel del lago Llanquihué, asignándole una cota de 51 m. sobre el nivel del mar, cifra que aparece en los mapas chilenos y que seguramente se obtuvo de la nivelación de la línea férrea de Puerto Montt a Puerto Varas. La ubicación de los pozos y de los afloramientos de agua subterránea están indicados en el plano de nivelación mencionado.

Los perfiles calculados por el ingeniero ACKERMANN nos indican en forma muy gráfica las condiciones de pendiente y con ello la verdadera estructura del gran cono de deyección sobre el cual está situada la plantación. Si recordamos que la superficie aluvial comenzó a formarse en la angostura del río Petrohué, es lógico que encontremos al Norte de la propiedad las mayores alturas: 79,45 m. s. n. m. Hacia el Sureste desciende el terreno en consonancia con la pendiente del valle; el cono de deyección tiene además una inclinación hacia el Oeste, o sea, en dirección al lago Llanquihué. El río Petrohué, que corre al pie del Cerro de Santo Domingo, se ha encajado profundamente y presiona hacia el Oeste con la erosión lateral, ya que al

Este lo rechazan los cerros mencionados. Las terrazas fluviales realizadas en el perfil I-H-J-K del plano de nivelación son también características. La superficie aluvial tiene la forma de un escudo que acompaña al río, y que cae con gran pendiente hacia el mismo, y con pendiente suave hacia el lago.

Afloramientos de aguas subterráneas. — Nos interesan a este respecto los lugares dónde afloran aguas subterráneas, dónde ellas aparecen por medio de excavaciones y la cota de esos puntos. Como quiera que el agua subterránea tienen un nivel superior al lago, las precipitaciones se infiltran en el terreno permeable de la superficie aluvial hasta que llegan a una capa impermeable sobre la cual discurren con la pendiente correspondiente. En el Oeste, en el borde de la superficie de acumulación se producen afloramientos de agua subterránea, formándose el Hualve, pantano que ocupa la línea de más bajo nivel entre el Osorno y el Calbuco. Ya hemos expresado en un capítulo anterior la suposición de que esta capa impermeable corresponda a la capa superficial existente antes de la formación de la superficie aluvial en virtud de las inundaciones del río Petrohué. Las precipitaciones que caen sobre la superficie aluvial no son los únicos alimentadores de las aguas subterráneas; parece más bien que todas las lluvias que caen sobre la ladera Sur del Osorno, además de las aguas de deshielo de los glaciares colgados y nevizas que se deslizan sobre el esqueleto rocoso del volcán, incrementan las aguas subterráneas de la cuenca de Ensenada. Cerca del Hotel, en el borde de la última corriente de lava, hay grandes pantanos y se pueden observar en ellos fuentes que manan después de lluvias persistentes o deshielos. Al Oeste y al Sur afloran las aguas subterráneas en los pantanos. Aunque su superficie libre está a 9 metros sobre el lago Llanquihué, estas aguas de pantano discurren muy lentamente hacia el lago, tal vez por la consistencia pastosa del suelo y la exuberante vegetación. Anteriormente, los afloramientos de agua indicados con 1 y 2 en el plano de nivelación y ubicados al pie del Osorno, formaban un solo pantano con el Hualve Grande (3). Con la construcción de la carretera internacional al Lago Todos los Santos y en especial con las zanjas de casi de 1 m. de profundidad se ha secado el terreno a ambos lados de la citada vía. Estas zanjas, señaladas en la nivelación, conducen agua durante todo el año. Cuanto más seco el verano, tanto más se acerca al lago el punto desde el cual las zanjas comienzan a llevar agua. De todas maneras fué necesario efectuar drenajes en los campos situados cerca de la unión de los caminos, originariamente cubiertos de pantano y bosque, porque se inundaban parcialmente en invierno. Como colector sirvió la zanja caminera más cercana. El procedimiento tuvo éxito; los campos, por tener agua subterránea a poca profundidad, estaban siempre húmedos y daban buenas cosechas aún en los veranos más secos.

Al Este, el río ha erosionado ya la superficie existente antes del aluvionamiento, y va acompañado de un horizonte freático que por término medio está situado a 2 m. sobre el nivel del mismo. En los puntos 27 a 29 del plano de nivelación pueden observarse fuentes que manan de la orilla escarpada, sobre estratos compactos de antiguo material volcánico seme-

**Cuadro 11: Determinación del nivel del agua subterránea el día 16-IV-1957.
(Estación Granja Forestal)**

Pendiente hacia el Lago Llanquihué

Pozos de E. a.O.	N° en el plano	Cota borde sup. pozo en m.	Distancia de la superficie al nivel del agua subt. en m.	Altura absoluta agua subt. en m.	Altura sobre el lago Llanquihué en m.
Pozo Casa	1	64,58	4,88	60,20	9,20
Pozo Vera*)	2	63,94	3,82	60,12	9,12
Pozo Gallinero	3	63,44	3,34	60,10	9,10
Pozo Altura	4	61,70	1,76	59,94	8,94
Zanjas de la carretera en B	5	59,87	0,60	59,27	8,27
Pendiente hacia el Hualve					
Pozo Gómez	6	64,33	3,47	60,86	9,86
Hualve	7	60,68	0,0	60,68	9,68
Pendiente hacia el río Petrohué					
					Altura sobre el río
Esteros Buena Suerte en la línea de 1.000 m.	8	56,45	0,0	56,45	1,60
Pozo Campamento	9	58,55	3,62	54,93	?

*) Pozos cuyo nivel de agua se determina cada 10 días.

jante a la arenisca. En el barranco de la Isla, de forma de media luna, apenas se ven manchas húmedas. Las aguas subterráneas descienden hacia el río de la vertiente bajo la capa de arena húmeda. Más al Sur nace un arroyo de la última terraza fluvial, llamado estero de la Buena Suerte, que recoge todas las aguas subterráneas que afloran de la superficie aluvial y las entrega al río, después de recorrer un curso de 1,5 km. Más allá de la desembocadura ancha y caudalosa de este arroyo se ha formado el estero Silva que discurriendo también sobre una terraza fluvial avana el agua subterránea. Estos esteros llevan agua aún en los veranos más secos.

Altura absoluta del nivel del agua subterránea. — Contándose con la cota del borde superior de los pozos no hubo dificultad para determinar la cota sobre el nivel del mar de la superficie del agua en los pozos. Era necesario medir la altura en todos los pozos el mismo día. Se eligió el día 16 de Abril de 1957, en que el agua se encontraba cerca de su nivel más bajo, después de un verano muy seco. En el cuadro 11 están reunidos los resultados de esas mediciones. Los pozos de la Granja Forestal se han ordenado, según la pendiente, de Este a Oeste. Cerca de las casas del predio, la altura media del agua subterránea era de 60,14 m. sobre el nivel del mar, o sea, de 9,14 m. sobre el lago Llanquihué. La cota media del predio es de 64,00 m. sobre el nivel del mar, encontrándose en consecuencia el nivel del agua subterránea a 3,86 m. de la superficie en su posición más baja. Sin embargo, en el pozo Arturo, a sólo 200 m. de las casas, el agua subterránea se encuentra únicamente a 1,76 m. bajo la superficie. Ve-

mos, pues, que la Granja Forestal se encuentra muy cerca del límite de los suelos en los cuales, aún en verano, las aguas subterráneas se encuentran próximas. El límite discurre, como se indica en el plano de nivelación, paralelo al borde del Hualve Grande y a más o menos 300 o 400 m. de distancia. La plantación entera está sobre suelos con agua subterránea profunda. No pudo calcularse la profundidad del nivel en los suelos de la plantación. Habría sido necesario hacer excavaciones en los puntos de referencia de la nivelación en el eje transversal (línea de 1.000 m.) y en el eje longitudinal de la plantación, lo cual habría sido difícil y costoso, debido al material grueso que hay en la cercanía del río y a las grandes piedras diseminadas en la superficie.

Agua subterránea y vegetación. — Si tenemos en cuenta las condiciones de pendiente del agua subterránea a base de las medidas efectuadas en los pozos, podemos dibujar en el perfil I-H-J-K del plano de nivelación una curva de nivel hipotética de aguas subterráneas que nos dé una idea de la profundidad de éstas en el eje transversal de la plantación. Si anotamos además las formas de vegetación existentes a lo largo de ese eje se deduce claramente la dependencia entre la vegetación y el nivel del agua subterránea. En las inmediaciones del Hualve tenemos un bosque en galería de 35 m. de alto que se convierte, al ascender el terreno, en bosque espeso pero más bajo. Hacia el Este disminuyen los árboles, de manera que se puede hablar de landa arbolada. En las cercanías del río, el agua subterránea debe encontrarse entre 8 y 10 m. de la superficie, debido al drenaje del río; falta aquí la vegetación forestal y tenemos la landa desarbolada. No hay duda que las aguas subterráneas se encuentran a esa profundidad, como lo confirman los orificios de 8 m. de profundidad dejados por árboles que se pudrieron enterrados en posición vertical (cuartel 29, plano de la plantación) y que aún en invierno se encuentran secos. En las terrazas fluviales y en las orillas del río encontramos bosque más o menos alto según el nivel del agua subterránea. De nuestra investigación debemos concluir que la existencia y el crecimiento intenso del bosque natural dependen principalmente de la profundidad de las aguas subterráneas.

Ello es sin duda una comprobación sorprendente, dados los 2.500 mm. de pluviosidad anual. La causa de este fenómeno es la extraordinaria permeabilidad del suelo. De acuerdo con la ley selectiva de acumulación de superficies aluviales, el material más grueso se encuentra en el Noreste del vértice del cono; el material más fino, menos permeable, en el borde Poniente de la superficie aluvial. Se suman, pues, cerca del río la gran permeabilidad del material con la gran profundidad del agua subterránea, presentando condiciones hidrológicas muy desfavorables; en el borde del aluvionamiento se aproxima el nivel del agua subterránea y aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, formado por arena fina y arcilla. Tal situación conduce, finalmente, a la saturación hídrica del suelo y al empantanamiento que se observa en el Hualve Grande.

En las partes orientales de la plantación se presentan simultáneamente todos los factores adversos a la silvicultura: la alta permeabilidad del terreno agudiza las desventajas de los veranos secos (clima), la pequeña

capacidad de retención del material grueso (suelo) y la profundidad del agua subterránea que, por lo tanto, no puede compensar la falta de lluvias (agua), crean condiciones desfavorables al desarrollo del bosque, lo que se traduce en la formación de una landa desarbolada, cubierta de chauras. Pero aún aquí encontramos todavía diferencias graduales, superficies donde no hay vegetación alguna o sólo musgos almohadillados y donde no prospera ni siquiera la chaura, debido a los grandes bloques de lava y bancos de piedras que hay en el subsuelo.

Los suelos pantanosos del borde de la superficie aluvial, saturados de agua estancada y pobres en oxígeno, son tan desfavorables para el desarrollo del bosque como los suelos arenosos cercanos al río. Tenemos aquí humedad en exceso, convirtiéndose el suelo en una masa rojiza por el insuficiente desagüe del terreno, masa pastosa que sólo permite el crecimiento de juncos y helechos. Llama la atención la poca variación del nivel del agua en estos pantanos; algo sube el nivel con las grandes lluvias de invierno, pero sólo pocos días; luego, las aguas excedentes desaparecen rápidamente, restableciéndose pronto el nivel primitivo. Ni en los veranos más calurosos se secan estos pantanos, el suelo queda saturado de agua y sin la colocación de varillas o tablas no puede transitarse por ellos.

El nivel del agua subterránea del bosque en galería también varía poco. El agua subterránea se encuentra normalmente a 1 m. bajo la superficie; los coihúes de raíces planas crecen allí en un suelo duro de fina arena arcillosa que está permanentemente húmedo por la proximidad del agua subterránea. Estos árboles de 35 m. de altura no crecen nunca en el agua; donde esto ocurre no hay ya coihúes, sino tepus, lumas, arrayanes y canelos, típicos representantes del bosque pantanoso. El coihué no soporta las aguas estancadas y comparte esta aversión con el *Eucalyptus globulus*, que crece bien en suelos de humedad permanente, pero que parece a temprana edad en suelos saturados de agua, a pesar de atribuírsele la cualidad de «sacar pantanos». Tal como se desprende del perfil I-H-J-K del plano de nivelación, la existencia de coihúes altos se limita a una faja de 60 a 100 m. está a 1,30 m. sobre el nivel del agua del pantano. Pero ya el pequeño de anchura que asciende sólo 10 cm. hacia el Este y que por término medio, aumento del terreno de 1 m., que correspondería a una profundidad de 2 m. del nivel del agua subterránea, altera la vegetación; en lugar de los coihúes de tronco largo y copa poco desarrollada, hay cantidades crecientes de coihúes con copa ancha muy ramificada que se alzan en medio de una maraña de murtas muy altas. De lo anterior se desprende que el *Nothofagus Dombeyi* crece en condiciones óptimas cuando las aguas subterráneas se encuentran entre 1 y 1,30 m. de profundidad, aunque el suelo, como en el caso considerado, sea pobre en humus y substancias nutritivas. En el bosque alto, el coihué joven alcanza de 20 a 30 m., formando troncos largos muy apreciados, que no se encuentran en otras partes de la zona. Tales troncos fueron empleados en la construcción de estructuras. Esta especie también desarrolló hermosos ejemplares donde la profundidad de las aguas subterráneas es de 3 a 5 m., pero sólo cuando el suelo tiene una buena capacidad de retención de agua y cuando recibe este elemento por medio de precipitaciones abundantes y regulares. El tipo de coihué de

los suelos de nivel profundo de agua subterránea es, sin embargo, bien distinto al del bosque alto, con sus largos troncos sin ramas.

Cuando el nivel es profundo y el suelo es permeable, el coihúe desaparece totalmente. Se encuentran solo matas de avellano (*Guevina avellana*, Mol.) de 8 a 10 tallos, que crecen de un gran sistema radicular único, destinado manifestamente a acumular humedad. También el radal (*Lomatia obliqua*, R. Br.) tiene allí ensanchamientos radiculares destinados a retener humedad. La adaptación de las especies mencionadas a suelos de humedad constante durante todo el año, debido a la presencia de aguas subterráneas, es tan grande, que se presentan en forma de árboles tan altos como el coihúe, en el bosque en galería descrito, y no como arbustos. Entonces el leñoso sistema radicular del avellano y las raíces engrosadas del radal, destinados ambos a acumular la humedad, faltan allí por completo; el desarrollo de las raíces es el mismo de toda especie de raíces planas. Vemos así qué acusadas diferencias morfológicas se presentan en una vegetación expuesta, dentro de un área reducida, a condiciones climatológicas similares, que crece sobre el mismo suelo, pobre en substancias nutritivas, pero que está expuesta a condiciones hidrológicas distintas. No es, pues, suficiente un estudio minucioso del clima de la estación y de las condiciones del suelo para juzgar las posibilidades de éxito de una plantación. Muchas veces las condiciones hidrológicas serán decisivas, y ellas por su parte no pueden ser bien comprendidas sin el conocimiento del clima y del suelo.

Agua de condensación. — Cabe ahora hacerse la siguiente la pregunta: Si no ha prosperado el bosque natural en la zona cercana al río donde el nivel del agua subterránea es profundo, ¿por qué prospera entonces el *Pinus radiata*? La misma pregunta deben haberse formulado algunos de mis colegas chilenos que repoblaron con éxito suelos aluviales nuevos y zonas de tierra roja cubiertas de escasos matorrales. El mismo problema se presenta en Africa del Sur, donde se desarrollan magníficamente bosques artificiales de variadas especies en terrenos casi desprovistos originariamente de vegetación forestal.

Ya nos llamó la atención al analizar el suelo de landa (pág. 73) que el subsuelo se encontrase húmedo, a pesar de una sequía prolongada de verano y del bajo nivel del agua subterránea. GUTSCHICK³⁵) menciona en su obra la importancia que tiene para la vegetación la condensación de la humedad atmosférica en los poros de los suelos esponjados. Se copia a continuación un párrafo en el que el citado autor pone de relieve, por medio de un ejemplo, la importancia de este fenómeno para la silvicultura:

»En el Sur de Moravia hay una zona diluvial de arena suelta ubicada en el curso inferior del río March, con solo 450 mm. de precipitaciones anuales y que por su carácter desértico se le llama »el Sahara Moravo.« Hace varios decenios fueron forestados con éxito, con ayuda del cultivo intercalado de papas, grandes extensiones desérticas. Investigaciones posteriores (1930—32) resolvieron el problema. En las áreas sin cultivo intercalado, el pino no se desarrollaba por falta de humedad y era sobrepasado en altura por las hierbas y se marchitaba a pesar de varias mejoras. Con cultivo intercalado de papas no se manifestó desventaja por la mayor absorción de substancias nutritivas del suelo pobre. Fundamentalmente

era más bien el mayor suministro de agua de condensación, obtenido por el permanente esponjamiento del suelo, cuya cantidad excedía a la de las lluvias durante los veranos secos. Posiblemente se deban también en parte a la condensación de la humedad atmosférica en el suelo, los éxitos obtenidos por HEUSON, al emplear el aliso como especie auxiliar después de un esponjamiento muy completo de suelos arenosos secos (con nivel de agua subterránea muy profundos)“.

El suelo suelto inspira y expira aire constantemente; la diferencia de temperatura entre la tierra y las capas de aire adyacentes es la causa del movimiento del aire. En el capítulo sobre el clima indicamos, refiriéndonos a las oscilaciones diarias de la humedad atmosférica, que el higrógrafo registraba valores máximos entre la medianoche y la madrugada. Esa es también la hora en que el suelo alcanza su más baja temperatura, debido a la irradiación nocturna. En este suelo enfriado se condensa el vapor de agua del aire, formando gotas en sus poros. Cuanto más suelto el suelo, mejor respira. De esta manera llegan a los suelos esponjados considerables cantidades de humedad, independientemente de las precipitaciones y de las aguas subterráneas, siendo esta humedad la que permite sobrevivir a los árboles en los veranos secos. Además, el pino necesita por regla general menos agua que los componentes de la pluvisilva chilena. El *Pinus radiata* está acostumbrado en su país de origen a veranos sin lluvia. Estas son las razones por las cuales puede prosperar un bosque artificial de pino donde no pudo desarrollarse un bosque natural.

Las zonas críticas de la plantación cercanas al río tienen suelos sueltos, por lo cual no pareció necesario esponjarlos más, arándolos. Los ensayos hechos de acuerdo con las experiencias de HEUSON constituyeron un éxito. Se abrieron zanjas entre las hileras de árboles para esponjar el suelo, plantándose luego alisos en esas zanjas cubiertas nuevamente. Los alisos, que son plantas que almacenan nitrógeno y que por lo general sólo prosperan en terrenos siempre húmedos, se desarrollaron normalmente, sin llegar a gran exuberancia.

En la landa de Luneburgo y en Africa del Sur³⁶⁾, los suelos de las áreas a repoblar se dan vuelta totalmente por medio de tractores. En Africa del Sur se repite en algunos casos dos veces esta operación: en otoño y en la primavera siguiente. Por su alto costo parece poco aconsejable tal operación en el Sur de Chile. En muchos casos habría que efectuar previamente un destronque caro y demoroso. En lugares con veranos secos y poca vegetación podrían dar resultado ensayos de arado profundo para esponjar el suelo y mejorar las condiciones de humedad. Si tales ensayos dan resultado, debe preferirse el arado total a la construcción de costosas instalaciones de regadío.

Los suelos compactos tienen, por otra parte, la ventaja de no dejar pasar la lluvia inmediatamente al agua subterránea, sino que la acumulan durante largo tiempo. Esta capacidad de retención de los suelos pesados y compactos, es decir, la facultad de retener las aguas de lluvia del invierno hasta la primavera seca, hace posible el cultivo de rulo en la zona central de Chile, un sistema de cultivo extensivo aplicado a grandes áreas que no son adecuadas para el regadío y, por ende, para el cultivo intensivo.

Las consideraciones anteriores nos conducen a los problemas de la silvicultura que se estudian en el capítulo siguiente, como resumen de la acción combinada y sintética de todos los factores analizados: situación, clima, suelo e hidrología.

V. La silvicultura

En Chile rara vez el silvicultor estará en la situación de escoger el terreno donde repoblar; más bien tendrá que aceptar los terrenos disponibles tal como son, con todos los factores favorables y adversos a la silvicultura. También fué éste el caso del autor. El terreno adquirido era inadecuado para la agricultura y la ganadería y, por lo tanto, sólo podía hacerse productivo mediante la silvicultura.

Condiciones naturales de la plantación. — Se trata, pues, de un terreno virgen, no tocado aún por mano humana, en gran parte campo abierto, en parte cubierto de matorrales, todo lo cual se ha descrito detalladamente en los capítulos anteriores. La ubicación de la plantación, en cuanto a comunicaciones se refiere, es favorable, ya que se encuentra cerca de dos caminos transitables todo el año, aún con vehículos pesados. Uno de esos caminos cruza totalmente la propiedad, el otro le sirve de límite al lado Norte. Ambos caminos conducen a ciudades que son centros ferroviarios importantes, y en las cuales pueden adquirirse todos los elementos necesarios para la plantación. El río que limita la propiedad al Este es balseable y su desembocadura en el estuario de Reloncaví, que es navegable para barcos de gran calado, dista sólo 30 km. de la plantación. Otra ventaja es el carácter llano del terreno y la posibilidad de recorrer todo el predio en todas las épocas del año con vehículos de neumáticos, sin necesidad de construir camino alguno. Hubo que prescindir de caballos por la falta de forraje; el »jeep« los ha substituído con éxito. No hay aguas superficiales ni fuentes en la plantación, pero se encontró agua subterránea limpia y abundante. Los postes para estructuras y cercas y la leña se extrajeron del bosque existente; la madera para construcción debió adquirirse en los aserraderos vecinos, ya que el bosque propio no proporciona madera aserrable. Se partió de la base de que el suelo era pobre en humus y substancias nutritivas. El clima no parecía diferenciarse de aquél que producía los trigales exuberantes que rodean el lago Llanquihué. Sólo las investigaciones posteriores sobre clima local permitieron reconocer los inconvenientes de las frecuentes heladas nocturnas que se producen hasta en primavera.

La decisión de comenzar una gran forestación con tales antecedentes a la vista, constituía un gran riesgo. Había ya en los alrededores pequeñas forestaciones en laderas de emplazamiento favorable, en altozanos erosionados y suelos pobres, pero el objeto de ellas era dar protección al ganado mayor en invierno y asegurar el aprovisionamiento de leña de las haciendas. En la Granja Forestal el fin perseguido fué otro: plantar un bosque de 300 Ha. por lo menos para conseguir en 30 o 40 años madera aserrable. Hoy, después de 8 años de labor, no hay ninguna seguridad de que la meta

sea alcanzada. En primer lugar, se trata de la primera plantación en gran escala en la provincia de Llanquihué, bastante meridional, y existe además el riesgo de catástrofes naturales, ya que es imposible prever si la plantación podrá sobrevivir a una erupción de los volcanes Osorno y Calbuco. Se trata, pues, de un ensayo en gran escala que puede fracasar por razones de fuerza mayor. Como las condiciones ecológicas son distintas de las de otras provincias chilenas, de las de una forestación europea, o incluso de las de una plantación sudafricana, puede ser interesante en general conocer los métodos empleados en la realización de este ensayo.

Instalación de la plantación. — Ante todo era necesario explorar en todas direcciones el predio de 500 Ha. adquirido. En la selva tropical basta un machete ligero para abrir camino en la maraña. En la pluvisilva chilena predomina el matorral duro como el alambre y tan entrelazado que no hay paso posible. No sirve aquí el machete, debiendo emplearse un cuchillo corvado, el rozón, sujeto a un mango que debe cogerse con ambas manos. El matorral dificulta la orientación cuando las montañas cercanas están cubiertas de nubes, siendo necesario orientar con brújula al obrero que va delante abriendo camino con el rozón.

No menos importante es el cercado de la plantación. En esta región pululan animales de pasto que pueden producir grandes daños al pisar las plantitas de las forestaciones, siendo necesario rodear con una cerca resistente no sólo la propiedad entera, sino todo camino público que cruce el predio. El mejor resultado se obtuvo con la cerca de alambre de púa de 4 a 5 hebras; ahora bien, este tipo de vallado, que a veces puede llegar a tener una longitud de 20 km., constituye un capítulo importante del presupuesto, con el cual hay, sin embargo, que contar desde un principio.

Si los límites de la propiedad han sido borrados por la vegetación, deberán ser replanteados por un topógrafo. Se recomienda completar el mapa con datos topográficos tales como ríos, caminos y senderos y poblados, con el fin de obtener poco a poco un plano a escala que facilite las planificaciones en el futuro. En Chile, como en la mayoría de los restantes países latinoamericanos, no existe registro catastral y los límites de las propiedades se obtienen de las descripciones, muy deficientes, de las escrituras de compra. Estas escrituras están archivadas en la notaría correspondiente y deben ser revisadas por un abogado hasta 30 años atrás para evitar recursos de nulidad y otras sorpresas desagradables.

Un mapa bueno facilita además la división de la plantación en distritos. Como nuestro terreno es llano, era conveniente dividirlo geoméricamente a partir de un eje principal. Como tal se escogió una recta perpendicular al trozo recto del camino que forma el límite Norte de la propiedad, recta que además tiene la dirección principal del río Petrohué, el cual forma el límite oriental, como se observa en el mapa. Para que los turistas que viajan por la carretera internacional puedan gozar de la vista de la vegetación natural, se dejó intacta una franja a lo largo de esa vía, fijándose un camino antiguo como límite Norte de la plantación.

División de la plantación. — Nuestro primer trabajo consistió en trasladar al terreno la división de la plantación proyectada en el plano. Partiendo del eje principal Norte-Sur se alinearon con brújula 3 jalones

distantes 20 m. entre sí en una dirección dada, y los obreros comenzaron a abrir una faja de 1 m. de ancho a través de matorrales y bosques siguiendo la dirección citada. Los obreros se orientaban con los 3 jalones y elegían algún árbol que estaba exactamente en la misma dirección, abriendo el camino hacia él. Al avanzar se colocaban nuevos jalones para orientarse, hasta llegar al final, que en este caso era la cerca meridional. La faja debe quedar muy limpia, tanto para facilitar la visibilidad como el tráfico, por lo cual es necesario talar también los árboles gruesos cuando caen dentro de la dirección prevista o interfieren la vista de los jalones. Con alguna práctica, los obreros trabajan con mucha precisión: el eje principal tiene 2,25 km. de longitud y la desviación de la dirección prescrita fué de sólo algunos metros en el límite Sur. Trabajaban 2 hombres, uno provisto con hacha talaba los árboles y matorrales gruesos, mientras el otro cortaba las matas con el rozón. Se pagó por metro recorrido de camino limpio.

Después de terminada esta primera línea base fue medida con una cinta de acero de 50 m., colocando cada 50 m. una estaca blanca; cada 250 m. se situó una estaca roja, con el fin de hacer más visibles los puntos de partida de las líneas transversales. A 1.000 m. de distancia del punto de partida del eje principal Norte-Sur (línea 0) se abrió una senda como primera transversal desde la ribera escarpada del río hasta el camino de Ralún y se midió y estacó en igual forma que el eje principal. Así se obtuvieron las 2 direcciones fundamentales, materializadas por el cruce de caminos, a partir del cual se podía realizar la futura división de la plantación en cuadros de 250×250 m., o sea, de 6,25 Ha. cada uno, por medio de una retícula de sendas. Estas líneas tan visibles facilitaron enormemente los trabajos de roza y limpieza del terreno a repoblar. A las distintas cuadrillas de trabajadores se les asignó uno o más de los cuadrados medidos y limitados por las sendas; los obreros sabían exactamente cuántas hectáreas tenían que limpiar y cuánto recibirían por hectárea. En la recepción del trabajo no había pues malos entendidos ni discusiones. La confección de las cercas y de las sendas se hizo con obreros permanentes de la Granja Forestal. La roza y limpieza del terreno se realizó, por lo menos al comienzo, con obreros contratados que realizaban en invierno los trabajos forestales y que en primavera y verano desempeñaban labores agrícolas en los fundos vecinos. La construcción de la casa del propietario, casas para los obreros, cobertizos y garages fué encargada a un constructor que trajo sus propios obreros. La terminación de estas construcciones, la instalación de luz eléctrica y agua potable, la adquisición de muebles, útiles de cocina y de lavado duró 2 años, durante los cuales el autor vivió en el Hotel Ensenada, trasladándose diariamente en »jeep« a la plantación. No se contrató administrador o capataz, el autor trabajaba directamente con 5 o 6 obreros permanentes. El rendimiento de este personal fué muy satisfactorio cuando estaba presente el propietario.

En 1949 se comenzó la roza de una superficie de 80 Ha. ubicada entre el río y el eje principal, en el extremo oriental de la plantación. Esto fué consecuencia de la situación del primer campamento que estaba ubicado sobre una terraza a orillas del río por razones de aprovisionamiento de agua. En general, trabajamos de Este a Oeste, lo que debe evitarse en

lo posible. Para mejor protección contra el viento habría sido conveniente trabajar de Oeste a Este, pues los vientos frecuentes del poniente azotan la parte más nueva y, por lo tanto, más baja de la plantación. Habría sido más racional colocar la plantación nueva al abrigo del viento proporcionado por la más antigua. Felizmente toda la propiedad está bastante protegida del viento, no habiendo tenido consecuencias apreciables el error mencionado.

El vivero. — En Agosto (fines de invierno) de 1949 se inició la instalación del vivero. Se rozó cuidadosamente una superficie de 1.300 m.² y se cercó con tela metálica para evitar la entrada de las liebres. Después del destronque se cortó la capa superior en placas por medio de azadones; la tierra débilmente humosa fué separada de las raíces y tamizada. Esta tierra se mezcló con suelo de helechos en proporción 1 : 1, agregándose luego cal. Después de tamizar se instalaron bancales de 20 m. de longitud por 1 m. de anchura con esta mezcla. Ya se indicaron detalles sobre la misma en el capítulo relativo a suelos (pág. 79). Entonces no se abonó todavía; después de la segunda cosecha se agregó fosfato y potasa a los bancales. No se recomienda el empleo de estiercol, porque contiene semilla de malas hierbas. Tampoco convienen los abonos nitrogenados, pues echan demasiados brotes las plantitas. La instalación del vivero hizo necesarios grandes movimientos de tierra, que fueron ejecutados con el »jeep« y un remolque de 4 ruedas de 4 Tm. de carga útil. Tal movimiento de tierras se debió, como vimos, a las condiciones adversas del terreno, y no es necesario en la mayoría de los casos. Para el acarreo de tierra se dejó un camino de 3 m. de anchura a través del vivero y se dispusieron las correspondientes puertas de entrada en las cercas. Aunque fué todo un éxito el empleo de una mezcla de tierras, exige sin embargo ser renovada de tiempo en tiempo. La tierra fina es arrastrada al subsuelo por las lluvias torrenciales, de manera que la superficie de los bancales se torna cada vez más arenosa; los semilleros aparecen cubiertos de lapilli después de largas lluvias, y sólo se puede eliminar barriéndolo con una escoba.

La siembra de las semillas se realizó en el mes de Septiembre en canaletas hechas de antemano. La operación fué efectuada por dos operarios sentados sobre taburetes y colocados frente a frente; cada uno estaba provisto de un tubo de vidrio que contenía 30 granos de semillas hasta una marca bien visible, de tal manera que cada canaleta de 1 m. de longitud recibía 60 granos. Las canaletas están separadas entre sí por distancias de 10 cm. Teniendo en cuenta las mermas, se obtienen 500 plantitas por m.², o sea, 10.000 por bancal. El vivero debía proporcionar las plantitas para toda la plantación, pues se quería evitar la adquisición de plantas extrañas. El vivero forestal cumplió perfectamente su misión y, año tras año, los plantadores dispusieron de arbolitos adecuados. Parece superfluo dar mayores detalles sobre la instalación de los viveros; las reglas fundamentales se suponen conocidas.

Animales dañinos en el vivero. — Por el contrario, es importante indicar las dificultades y daños que se han presentado en la estación. La enfermedad producida por hongos en los viveros, llamada „damping-off“, muy frecuente en el clima húmedo del Sur de Chile, fué combatida

con éxito regando los bancales con una solución del 2% de sulfato de cobre. La aplicación se hizo poco después de la cosecha y algún tiempo antes de la preparación de los bancales para la nueva siembra, o sea, en Agosto. Algunos pájaros de la familia de los pinzones (*Fringillidae*), que se alimentan con semillas, se lanzan en bandadas en primavera sobre los campos recién sembrados; pueden producir graves daños en el vivero, ya que revuelven las canaletas con las patas y las alas, picando sistemáticamente todos los granos. En un instante de descuido pueden ser destruidos bancales enteros. El teñido de las semillas con minio no dió resultado en la Granja Forestal; los pájaros saben alejar la cáscara de la semilla y comer la carne. El empleo de un muchacho con una chicharra para espantar los pájaros no tuvo mayor éxito; primeramente porque los pájaros empiezan su labor en la madrugada, y en segundo lugar, porque se puede confiar poco en tal guardián. También fracasaron toda clase de espantapájaros; la caza de algunos de los pájaros no tuvo efecto alguno. Sin embargo fué un éxito espolvorear los bancales con serrín de madera después de la siembra; parece que el color distinto o el desaseo del plumaje después de escarbar aleja a los pájaros de los bancales. Las ratas pueden llegar a ser molestas por destrucción de semillas y brotes en los invernaderos; son fácilmente combatibles con veneno. El mejor medio contra la rata silvestre chilena y la rata grande importada es «talvox» con afrecho y algunas gotas de aceite comestible colocado en latas bajas de conservas repartidas en varios puntos del invernadero o cobertizo. Buen remedio contra la helada del suelo en invierno y el desecamiento en verano es un pavimento de una capa de musgo colocado entre las hileras y comprimido ligeramente. El musgo seco es muy inflamable — el rescoldo de un fósforo puede encenderlo —, pero su eficacia en la defensa del suelo y la represión de las malas hierbas anulan ese inconveniente.

Algunas plantitas, como por ejemplo el abeto de Douglas, no soportan la gran insolación correspondiente a estas latitudes. Los enrejados de listones sobre banquetas bajas son buenos, pero dificultan la lucha contra las malas hierbas y deben ser alejados cuando llueve para evitar la formación de orificios por las goteras. Es mejor criar el abeto de Douglas en recintos especiales de 2 m. de altura para permitir el libre movimiento de los operarios; estos recintos están cubiertos de listones distanciados para producir sombra. Durante el período de lluvia se sacan los listones horizontales y vuelven a colocarse en verano. La fotografía n° 18 muestra el interior de tal recinto. Se ha recomendado cercar los viveros con macrocarpas. Si se dejan muy bajas, las macrocarpas protegen poco contra el viento y el sol; si se dejan que crezcan algunos metros existe el peligro de las heladas por falta de ventilación. En ambos casos, las raíces planas de varios metros de longitud de la macrocarpa invadirán los bancales cercanos y los harán estériles. El vivero de la Granja Forestal está rodeado de matorrales, por lo cual no se necesita protección especial contra el viento; por lo demás es conveniente la buena ventilación en zonas expuestas. En terrenos muy abiertos conviene disponer hileras de pino insignie, álamos o cipreses a 6 m. de distancia de la cerca, como protección contra el viento, en substitución de la macrocarpa.

Elección de la especie. — La elección de la especie forestal, tan decisiva para el éxito de la plantación, depende en primer lugar de las condiciones naturales de la estación. En suelos arenosos pobres y expuestos a las heladas sólo podría pensarse en un pino de crecimiento rápido. Existiendo en Chile experiencias favorables sobre el desarrollo del *P. insignis* decidimos forestar con esta especie el área a repoblar de la superficie aluvial (alrededor de 300 Ha). Además se plantaron bosquetes cerrados de *Pinus pinaster (maritima)*, *Pinus sylvestris*, *Pinus Canariensis* y *Pinus Halepensis* en forma experimental. Se estudiaron minuciosamente las posibilidades de los bosques mixtos, cuya conveniencia es grande por varias razones. En todos los ensayos se constató que el *Pinus insignis* crece tan rápidamente que no puede ser alcanzado por especie alguna, sea frondosa o conífera. Hemos hecho ensayos con alisos *Ulmus Pumila*, *Ailanthus glandulosus*, *Robinia pseudoacacia*, *Cedrus Deodara*, *Cupressus macrocarpa*, *Cupressus torulosa* y con diversas variedades de eucaliptos, pero la mayoría fracasó en los suelos arenosos pobres y en los restantes ya se preveía a las 2 años, que el *P. insignis* oprimiría y terminaría por destruir las demás especies. Sólo la *Acacia Melanoxylon*, llamada en Chile aramo australiano, ha podido competir con el *Pinus radiata* en condiciones favorables. Esta acacia no llega a ser muy alta en el Sur de Chile, y cabe entonces preguntarse si en 15 o 20 años el »*insignis*« no la sobrepasará de todas maneras. A esto hay que añadir que esta acacia es mordida sistemáticamente por las liebres y que tarda en volver a crecer en buena forma después de tales ataques; mientras tanto, el »*insignis*« ha tomado una ventaja que la acacia recuperará difícilmente. En buenos suelos y con poco daño de los animales, es conveniente ensayar la introducción del aramo australiano en las plantaciones de pino, tanto por su madera, muy apreciada, como por sus condiciones de nitrogenador; en los suelos arenosos pobres no tiene objeto lo anterior. Hemos resuelto plantar fajas de 10 m. de ancho con aramo bien tupido alrededor de los cuarteles de 500 por 500 metros, a modo de límite y como defensa contra incendios, y hemos prescindido de plantarlo mezclado con el pino. Ni aún así nuestra experiencia ha sido satisfactoria: en suelos extraordinariamente pobres y secos se desarrolla mal el aramo australiano, pasando varios años hasta que esta especie desarrolla brotes tan robustos que no son atacados por las liebres. Los brotes delgados son siempre radicalmente roídos, lo que supone muchos meses de retraso en el crecimiento de las plantas. Este ataque favorece, sin embargo, el desarrollo del sistema radicular, hasta que llega a formarse un brote tan grueso que no puede ser mordido por la liebre. La tenacidad de esta especie es admirable; totalmente roído, el aramo brota siempre de nuevo, pero dura años hasta que el árbol está en condiciones de sobrellevar el daño siempre renovado causado por los animales. Se recomienda abonar el aramo con fosfato al plantarlo.

En lo que respecta a los cuarteles de *Pinus pinaster (maritima)* y *Pinus sylvestris*, ambas especies se desarrollan bien en suelo de landa, aunque su crecimiento es desigual y menor que el del *Pinus radiata*. La principal diferencia se debe a que las especies mencionadas en primer lugar tienen un brote central en primavera, el *insignis*, en cambio, dos (primavera y

otoño). Se puede predecir que el »insignis« podrá cortarse en la provincia de Llanquihué a una edad de 30 a 40 años, mientras que el *P. sylvestris* y *P. Pinaster* tardarán el doble. Los plantadores sudafricanos han hecho la misma experiencia con el *P. pinaster*, toda vez que esa especie, de madera muy apreciada, se planta en Africa del Sur en suelos ricos en substancias nutritivas³⁷). El *P. sylvestris* ha tenido buen crecimiento en la Granja Forestal, tanto en el suelo de landa como en el de helechos; la semilla traída de Escocia dió plantitas robustas que produjeron hermosos árboles jóvenes no atacados por los parásitos (pulgonos). Las semillas de Europa Central no dieron tan buen resultado; los arbolitos eran sensibles al viento y tendían a un anormal desarrollo de las ramas. El *P. sylvestris* es rechazado en Africa del Sur. El *P. Halepensis* parece tener muchas posibilidades en suelos arenosos y rocosos secos, especialmente con abono de cal. El *P. Canariensis* se heló en gran parte en invierno, y lo que sobrevivió lleva una existencia sin esperanza. El lugar es demasiado frío para esa especie. La *Pseudotsuga taxifolia*, var. *Viridis* no prospera al aire libre en suelos arenosos, porque sus brotes primaverales se hielan regularmente en la estación. El *P. Caribe* se desarrolla bien en la Granja Forestal, especialmente en lugares protegidos, y su crecimiento es suficientemente rápido para merecer atención en Chile. El *P. excelsa* tiene buen crecimiento en suelo de helechos y no es sensible al clima; contrariamente, el *P. strobus* no se desarrolla en la Granja Forestal ni en suelo bueno ni en malo. Los *P. Ponderosa* y *P. Jeffreyi* crecen también muy lentamente en su juventud, pero aún no puede emitirse sobre ellos un juicio definitivo. Lo mismo puede decirse del *P. Contorsa* var. *Latifolia*. Los ensayos deben continuarse cuando menos durante 10 años más antes de poder reconocer claramente cuál especie debe escogerse, además del »insignis«, para repoblar grandes áreas en estaciones similares a la Granja Forestal. En las condiciones dadas, el *P. radiata* es el más adecuado y es la especie que, escogida de antemano, cubre el 95% de las 300 Ha. repobladas.

Roza y limpieza del terreno. — En los terrenos a repoblar (80 Ha. en el primer año y 50 Ha. en cada uno de los siguientes) se derribaron todos los árboles a fines de invierno y en primavera. En el verano se secaron los troncos y ramas, quemándose en otoño con viento moderado, después de trazar las fajas cortafuegos. La llamada quema no está totalmente exenta de peligro, ya que debe evitarse la propagación del fuego a los predios vecinos o a las plantaciones propias ya existentes. Conviene escoger un día nublado después de lluvia intensa, o sea, un día en el cual la tierra está todavía húmeda, pero en el que ya se han secado los materiales a quemar. Se encienden simultáneamente el lado del viento y el contrario, para que el fuego que avanza rápidamente en dirección del viento se encuentre con el fuego del lado opuesto y se detenga allí. Tal incendio se desarrolla con suma rapidez; 50 Ha. se queman en 2 horas, en 2 horas más el fuego se ha extinguido. Se quema el follaje rico en aceites esenciales, las ramas y a veces la leña seca sobre el suelo, las partes secas de las matas de hierbas y el musgo seco, tan inflamable en verano. Si el suelo está muy seco arden también las raíces de las matas de hierbas (turba seca) y este fuego subterráneo es un peligro que sólo puede eliminar una lluvia abundante, razón

por la que las quemas se hacen con suelo húmedo. Este método, bárbaro a los ojos de un guardabosque, no sólo tiene la ventaja de la economía, sino que también elimina toda capa de material que pueda propagar el temido incendio superficial. La nueva plantación está libre durante los primeros años de la amenaza de este incendio, plantándose además más fácilmente en un suelo limpiado con fuego y las plantas reciben un abonado inicial de ceniza, de valor inapreciable en los suelos arenosos y pobres en minerales.

Si quiere conservarse parte de la vegetación natural, tal vez, algunos de los más bellos ejemplares de *Eucryphia cordifolia* (muermo), debe quemarse en pequeños montones el producto de la roza de la vegetación restante. Todo el trabajo de rozamiento deberá combinarse de manera que la tala y la quema se realicen en los meses más lluviosos del año, ya que sin la permanente humedad pluvial los pequeños fuegos pueden propagarse libremente por la superficie y quemar los árboles naturales seleccionados fatigosamente. Este procedimiento es extraordinariamente costoso y su realización presenta numerosas dificultades desde el punto de vista técnico. La capa inflamable del suelo se conserva, el abono de ceniza se pierde y la plantación debe desarrollarse entre matas de hierba, arbustos de landa y espinas, malezas todas ellas que en un comienzo protegen algo al árbol joven, pero que posteriormente provocan una intensa competencia entre las raíces.

Después del incendio en extensión, se juntan en montones las ramas que no se han quemado y se encienden de nuevo; secadas por el calor del primer incendio, arden totalmente ahora, aún con lluvia. Lo que sobra son ahora los troncos y tocones. Estos últimos no se rozan, sino que se pudren en pocos años. Renuevos en el tronco aparecen solamente en el *Guevina avellana* (avellano), cosa que no es perjudicial, pues este árbol arroja follaje en abundancia, lo que supone una mejora el suelo.

Los troncos se utilizan para leña. Los troncos derechos y rajadizos (generalmente de coihué) se cuarteán con cuñas y se elaboran postes de cerca de 1,80 m. de altura. Para este trabajo y para el derribo de los árboles se emplea exclusivamente el hacha, ya que los obreros madereros del Sur de Chile rechazan la sierra por principio. La leña y los postes deben ser transportados y apilados fuera de la plantación.

No se obtuvo utilidad con esto; si no se hubieran producido, habría sido necesario adquirir leña y postes; la venta de esos productos en el lugar no fué posible, ya que los propietarios vecinos cubren sus propias necesidades en igual forma. En las cercanías de ciudades puede llevarse la leña a éstas, pero el transporte por carretera es hoy día tan caro en Chile que hace antieconómico el acarreo de leña a distancias mayores. En Europa, las condiciones derivadas de la mayor población y densa red de comunicaciones son distintas a las imperantes en las regiones marginales chilenas, débilmente pobladas; en Europa se encuentran consumidores hasta para la rama más delgada. En estas zonas del país, sólo es posible la economía forestal extensiva, y por muy lamentable que sea la destrucción de material aprovechable, será muy difícil imaginar métodos de explotación económicos y llevarlos a la práctica, para evitar esa destrucción. Las autoridades

pueden prohibir la quema de los bosques, pero sigue siendo un problema sin solución cómo podrá limpiarse entonces el terreno para repoblar.

La operación de plantar. — El método de plantar empleado está muy difundido en Chile, pero fué mejorado con el empleo de herramientas auxiliares, ante todo el azadón del guardabosque REISSINGER. Antes de plantar debe realizarse una nueva medición del terreno limpio y ahora accesible por todas partes. Como los jalones se quemaron por lo general en los incendios, se limitó nuevamente la futura plantación de *P. radiata*, colocando jalones cada 50 m. en los 4 lados de los cuarteles de 250 × 250 m., teniendo en cuenta los caminos y las fajas cortafuegos. Si se quiere tener una plantación con hileras muy derechas, pueden colocarse jalones en ambos sentidos a 50 m. de distancia en el interior de los cuarteles, obteniéndose así 25 cuadrados de 50 m. de lado, correspondiente a la longitud de la cadena de medir empleada para plantar.

Esta cadena se hace confeccionar por un herrero experto con alambres de 3 mm. de grosor; los eslabones se hacen de tal manera que la distancia entre articulaciones sea exactamente de 1 metro. 50 de estos eslabones forman la cadena que se fija en ambos extremos en el punto medio de sendas barras de 2 m. de largo. Dos obreros manejan la cadena en ambos extremos; después de darle la tensión adecuada clavan las barras verticalmente entre los jalones ya colocados de antemano a 50 m. de distancia. Si se quieren poner los agujeros de plantar a 2 m. de distancia, como era la práctica en la Granja Forestal, deberá hacerse un agujero cada dos eslabones de la cadena métrica. Si se quiere que las hileras estén también sepadas entre sí por distancias de 2 m., los dos trabajadores situados a los extremos de la cadena deberán tender sobre el suelo y en la dirección del plantío las dos barras de 2 m., levantándolas a seguido con un movimiento de rotación, de tal forma que la punta contraria de las barras quede clavada en el suelo.

En la preparación de los hoyos para plantar trabajan 6 hombres en cada cadena; los de más confianza en las barras, cuidando de que la cadena esté a distancia adecuada y derecha; los 4 restantes levantan la cadena durante el movimiento para evitar los obstáculos, tales como rocas o tocónes generalmente cortados a la altura de pecho.

Preparación de los agujeros de plantar. — Dada la maraña de raíces que hay en el suelo de landa, fracasaron aquí los métodos europeos más refinados. Una pala, por ejemplo, no es capaz de cortar ni con el mayor esfuerzo, la maraña de raíces. En Chile se usaba antes una barretilla puntiaguda que se clavaba en el suelo y dándole al otro extremo un movimiento circular, se obtenía un hoyo de forma de embudo. Los plantadores agrandaban este orificio con una herramienta corta de madera y colocaban los arbolitos en este hoyo que conservaba la forma de embudo. Ambas herramientas comprimen las paredes y la forma del orificio tiende a torcer las raíces, por lo cual eran considerables las pérdidas de plantas. Hemos perfeccionado el procedimiento proveyendo al operario de una barretilla que tenía en el extremo un filo cortante de 7 a 10 cm. de anchura. Para la confección de estas barretillas se empleó redondo de acero de 3/4" de diámetro, soldándose a un extremo un trozo de ballesta de automóvil. Se afiló

el corte y se endureció al temple la punta situada en el extremo opuesto. Con esta herramienta los obreros hacían agujeros circulares o cuadrados, cortando las raíces sin gran esfuerzo y extrayendo después las placas de suelo así fraccionadas. En el hoyo de tal forma preparado se introduce varias veces la punta de la barretilla, esponjándose así debidamente la tierra del agujero. Si han de plantarse árboles de raíces grandes, por ejemplo, aromos australianos de 2 años, se reemplaza la barretilla por un azadón doble importado, cortándose placas de suelo de 50 × 50 cm. con el filo, y esponjándose la tierra con el otro lado de la herramienta, esto es, con el pico.

Colocación de las plantas. — Generalmente se excavaron los hoyos por la mañana y se plantaron los arbolitos en las horas de temperatura más suave de la tarde. El pino «insignis» se saca directamente del almácigo y tiene entonces de 8 a 11 meses de edad desde que fué sembrado. Alrededor del medio día se sacan las plantas del almácigo y se cortan las raíces todas por un igual con un machete muy afilado y se reparten en 6 cajas después de contarlas. Después del almuerzo se comienza a plantar: cada obrero toma su caja y su herramienta y todo el personal es transportado con camión al lugar del trabajo para ahorrar tiempo. Los plantadores rompen las placas de tierra colocadas al lado del hoyo, sacuden las raíces y mezclan esa tierra con la del hoyo; la herramienta se introduce fuertemente en el suelo esponjoso y se hace una ranura de 18 a 20 cm. de profundidad en la cual puede colocarse la planta sin que se tuerza la raíz. Con el extremo de la herramienta, que tiene forma de martillo, se apisona la tierra alrededor de la planta, alisándose luego el suelo con el pie. La operación se realiza en cuclillas, posición a la cual están acostumbrados los obreros desde su niñez; o para descansar trabajan de pie inclinándose, posición en la cual operan más rápidamente. A los obreros se les paga por arbolito plantado y tienen por lo tanto interés en plantar lo más rápidamente posible. Ello da naturalmente lugar a falta de esmero en la ejecución; los obreros entierran demasiado las plantas, lo que se traduce en un crecimiento deficiente o en pérdida total de las plantas. Por eso es necesario la vigilancia de los plantadores. Seis hombres experimentados pueden, con buen tiempo, agujerear y plantar según este sistema una hectárea diaria esto es, 2.500 arbolitos. Las pérdidas son muy pequeñas con este método; sólo del 3 al 5% de las plantas no prenden o se secan en el verano siguiente. Este resultado se refiere sólo a las áreas limpiadas a fuego; si hay que plantar entre hierbas de landa sin quemar y arbustos mal rozados, aumentan considerablemente las pérdidas. La limpieza minuciosa del terreno a repoblar es de decisiva importancia para el éxito de la plantación. No se han ensayado en gran escala en Chile forestaciones con una preparación más concienzuda del suelo, como, por ejemplo, labrado con arado, plantación de un bosque previo o intercalación de plantas auxiliares que esponjan el terreno y almacenan nitrógeno. Seguramente es muy costosa esta clase de preparativos.

Época de plantación y distancia de hileras. — La mejor época para plantar son los meses lluviosos de invierno, de Mayo hasta Agosto

inclusive. Las plantitas chicas, lignificadas, son insensibles a las heladas invernales; además germinan avanzada la primera primavera — en años secos germinan en otoño —, por lo cual no sufren daños con las heladas tardías. Las plantitas con los brotes largos y no lignificados pierden en el invierno el brote terminal por las heladas. Por lo general dejan de crecer un año y se atrasan en su desarrollo. El éxito de una plantación no depende sólo de la minuciosa limpieza del terreno, sino también de las cualidades de las plantitas del vivero, de la seriedad de los plantadores y de la elección de la especie conveniente. Existe disparidad de opiniones sobre las distancias a que deben plantarse los arbolitos. Cuanto más tupido se planta, tanto más cara es la plantación, ya que se paga por árbol plantado. El *P. radiata* se planta de 2 en 2 m., o sea, 2 m. entre plantas y 2 m. entre hileras, lo que equivale a 2.500 plantas por hectárea. Una superficie de 30 Ha. fué repoblada con *P. radiata* con hileras a 1 m. y plantas a 2 m.; las plantas están entonces a 1,40 m. de distancia, de manera que se pueden plantar 5.000 por hectárea.

Las plantaciones marginales de arromo australiano se colocan de metro en metro. Hasta ahora no puede decirse cuál de los sistemas de plantación del *P. radiata* dará el mejor resultado. En suelos pobres no es recomendable plantar muy tupido; en suelos muy buenos es necesario hacerlo para estimular el crecimiento en altura y evitar la formación de brotes gruesos laterales.

Cuidado de la plantación. — La opinión errónea de creer que el hombre hace su parte al plantar y que luego la naturaleza se preocupa de lo demás, está muy difundida en Chile. Si se encarga la repoblación de la plantación a un contratista, lo que suele ocurrir con frecuencia en las grandes forestaciones, sucede que al terminar los trabajos se ha agotado el dinero, y el único experto, el contratista, se ha ido para no volver, junto con sus obreros experimentados. El cuidado de la plantación requiere dinero, dirección técnica y obreros experimentados. Inmediatamente después de la plantación, debe comenzarse con la lucha contra las malezas, especialmente en terrenos buenos. La zarzamora, convertida en maleza en Chile, puede desarrollarse tanto que hace inaccesibles grandes áreas de la plantación y no pueden alcanzarse los árboles. En nuestra estación no sucede felizmente esto, pues la zarzamora no crece en suelos secos y arenosos. Las pérdidas en la plantación deben ser comprobadas en el segundo año y deben hacerse las substituciones. En el tercer año deben cortarse las ramitas bifurcadas y deben alejarse otras deformaciones, no justificándose su substitución, pues la plantación restante tiene tal ventaja que las plantas substituidas no la pueden seguir en su desarrollo. Desde el tercer año comenzó la muerte de los árboles por el ataque de un hongo (*Armillaria Mellea*, Quel.). El micelio del hongo penetra bajo la corteza de la raíz y bajo la corteza del extremo del tronco, formando lóbulos blancos y gruesos que desvían la savia del árbol hacia el hongo. Primero se marchitan los brotes, luego todo el árbol y finalmente muere por falta de sustancias nutritivas y agua. Una plantación de 3 años dió una pérdida por hongo del 0,83%. Los árboles atacados se extrajeron con sus raíces y se quemaron fuera de la plantación.

El recuento dió el resultado siguiente:

Superficie plantada:	5,512 Ha.
Arboles plantados en 1954:	14.003
Arboles contados en 1957	
Arboles que faltan:	233
Arboles muertos por el hongo:	116
Arboles raquíticos:	811
Arboles perdidos:	1.160
Arboles sanos restantes:	12.843
Porcentaje de pérdida:	8,3%

El ataque del hongo fué esporádico. No se ha constatado en la estación la aparición de agujeros circulares como los que produce el hongo *Trametes radiciperda*, H.

El cuidado de la plantación incluye el aseo de las zonas atacadas y fajas cortafuegos, el trazado de vías transitables y caminos de acceso y la conservación de las cercas.

El *P. radiata* no pierde por sí solo las ramas inferiores; conviene por lo tanto podar esas ramas para evitar nudos en la madera. En suelo de landa conviene en primer lugar que se forme cuanto antes el coronamiento de la copa para oprimir así a la vegetación competidora de landa. Cuando se ha llegado a tal estadio se pueden podar las ramas. Un paso más constituye el clareo periódico de la plantación, con el fin de asegurar un desarrollo normal de los árboles más valiosos. Este trabajo de responsabilidad debe ser dirigido por un guardabosque con preparación técnica y significa una nueva y considerable carga económica. Pero si no se clarea bien sólo se obtendrá de la plantación leña en vez de árboles maderables. El problema del clareo es muy serio en Chile: en primer lugar son muy altos los salarios pedidos por los obreros para trabajar en plantaciones no atendidas e incluso puede darse el caso de que no se encuentre gente que quiera hacerse cargo de las labores de clareo. El transporte cuidadoso de los árboles derribados fuera de la plantación es en realidad una labor lenta y fatigosa. Tompoco hay utilización para los árboles derribados, pues las fábricas de celulosa pagan en Chile precios tan bajos por esta madera, que ni siquiera cubren los gastos de transporte. La madera de las ramas no puede venderse porque no tienen empleo en Chile. Los altos costos del clareo no se compensan generalmente con ingreso alguno, por lo cual se postergan o no se hacen.

Estado actual de la plantación. — Si queremos formarnos idea del estado de la plantación no debemos perder de vista que desde el punto de vista silvicultural es todavía muy nueva.

Entre Mayo-Agosto de 1950 se plantaron 80 Ha. = 7 años.
Entre Mayo-Agosto de 1952 se plantaron 50 Ha. = 5 años.
Entre Mayo-Agosto de 1953 se plantaron 10 Ha. = 4 años.
Entre Mayo-Agosto de 1954 se plantaron 60 Ha. = 3 años.
Entre Mayo-Agosto de 1955 se plantaron 50 Ha. = 2 años.
Entre Mayo-Agosto de 1956 se plantaron 50 Ha. = 1 año.

Total: 300 Ha.

Para juzgar sobre los resultados sólo podemos referirnos a las 80 Ha. de pinos de 7 años y a las 60 de pinos de 5 años. Estas 130 Ha. están, sin embargo, en la situación más desfavorable de la estación, esto es, en suelos abiertos de landa, alejados de las aguas subterráneas. Es un signo alentador que la plantación no haya fracasado en condiciones ecológicas tan malas. No tenemos naturalmente aquí el crecimiento rápido y exuberante que caracteriza a las plantaciones en suelos e hidrología mejores. Cabe mencionar que el *P. radiata* desarrolla en suelos pobres características fenotípicas diferentes a las de los que crecen en condiciones más favorables. El *P. radiata* tiene en la estación un marcado desarrollo columniforme a base de ramas finas, mientras que en buenos suelos tiene por regla general un crecimiento piramidal a base de ramas gruesas. Las ramas delgadas no son aquí consecuencia de la cercanía de los árboles, ya que se encuentran a distancias de 2 m.; los árboles de 7 años no han formado el coronamiento de la copa precisamente por su desarrollo columniforme. Si en el futuro el pino »insignis« mantiene en la Granja Forestal un crecimiento en altura con pocos brotes laterales, tal hecho puede considerarse favorable aunque fuera necesario aceptar un turno más largo.

Síntomas carenciales. — No pueden dejar de mencionarse los síntomas carenciales que se presentan en los rodales de suelo con nivel de agua subterránea muy profundo. En primer lugar tenemos el amarilleo de las acículas, el cual conduce a la muerte prematura de las mismas; las acículas de estos pinos son algo más cortas que las normales y tienen un color gris verdoso. Durante el verano pierden el color amarillento, recobrando el árbol muy pronto su aspecto normal. Como no se pudo constatar la presencia de animales ni vegetales dañinos, hubo que pensar en el efecto fisiológico causado por la ausencia de una o varias substancias nutritivas.

Ensayos de abonado forestal. — Para determinar los elementos carenciales se hizo un ensayo con abonos en el cuadrado 35 en Noviembre de 1955, estacándose 5 cuadrados de 50×50 m. en la línea de 1.000 m. El primer cuadrado fué abonado con nitrato de sodio (salitre), el cuadrado siguiente no fué abonado para control; seguía luego un cuadrado abonado con cal, otro cuadrado de control y finalmente un cuadrado abonado con mezcla de fosfato y sales potásicas. Simultáneamente se midió al centímetro la altura de los 2.500 arbolitos que se encuentran en los 5 cuadrados. Después de algunos meses ya pudo observarse que el abono de fosfato y sales potásicas daba el mejor resultado. En el cuadrado correspondiente no se presentó ya la coloración amarillenta de las acículas durante 2 años de observación, los árboles tenían acículas tupidas y más largas que el promedio, el color de los árboles era verde azulado de aspecto saludable y su crecimiento era francamente exuberante comparado con los árboles de los cuadrados de control. El análisis químico del suelo de esta estación (landa abierta) dió 6,6 kg Ha. de nitrógeno, trazas de fósforo y 45 kg./Ha. de potasio, lo que permite suponer que el color amarillo que toman periódicamente las acículas se debe a la falta de fósforo.

En Agosto de 1957 se midió nuevamente la altura de cada árbol en los cuadrados experimentales, indicándose en el cuadro 12 el resultado nu-

**Cuadro 12: Resultado de un ensayo de abonado forestal
(Noviembre de 1955 a Agosto de 1957).**

Realizado sobre suelo arenoso pobre con nivel de agua subterránea profundo
en el cuartel 35.

Campos:	De Oeste a Este					Totales
	A	B	C	D	E	
Aplicación de fertilizante en Nov. 1955:	Nitrato sódico	Faja de control	Cal apagada	Faja de control	$\frac{2}{3}$ fosfato $\frac{1}{2}$ sales potásicas	
Area en m. ² :	2.500	2.500	2.500	1.300	2.500	1,13 Ha
Número de árboles plantados en 1950:	625	625	625	325	625	2.825
Existentes en Nov. 1955:	555	562	557	286	578	2.538
Existentes en Agosto 1957:	555	558	550	286	575	2.524
Merma en 7 años en %:	11,2	10,7	12,0	12,0	8,0	10,65
						Medias
Altura media de los árboles en 1955:	1,25 m.	1,28 m.	1,30 m.	1,36 m.	1,32 m.	1,30 m.
Altura media de los árboles en 1957:	2,44 m.	2,51 m.	2,51 m.	2,46 m.	2,63 m.	2,51 m.
Incremento en 21 meses:	1,19 m.	1,23 m.	1,21 m.	1,10 m.	1,31 m.	1,21 m.
Recuento y medición en Agosto de 1957:						Totales
Número de árboles \geq 6 m.:	.	1	.	.	1	2
Número de árboles \geq 5 m.:	.	3	2	2	3	10
Número de árboles \geq 4 m.:	23	27	39	13	40	142
Número de árboles \geq 3 m.:	128	148	124	71	172	430
Número de árboles \leq 1 m.:	37	29	34	20	25	145

mérico de los ensayos de abonado. De este cuadro se desprende que la aplicación repetida de abono al campo A (primavera y otoño siguiente) no sólo no fomentó el crecimiento, sino que más bien lo perjudicó, comparándolo con los campos de control B y D. Aunque era de suponer que en suelo tan permeable el salitre de Chile, fácilmente soluble, llegaría rápidamente al agua subterránea transportado por las lluvias, no se esperaba, sin embargo, que el resultado fuese tan rotundamente negativo. Como quiera que el número de arbolitos más desarrollados es también menor al de los demás campos experimentales, puede ser que la ubicación del campo en una esquina en el cruce de 2 fajas, una longitudinal de 40 m. de anchura y otra transversal de 20 m., explique este deficiente desarrollo por ser éstos los árboles más expuestos al viento Oeste y, en consecuencia, encontrarse en condiciones desfavorables respecto de los campos situados más al Este. Numerosos árboles raquíuticos (árboles menores de 1 m.) indican la presencia de perturbaciones que deben ser observadas para determinar inequívocamente sus causas.

El campo de control no abonado tuvo menos mermas, mayor crecimiento, más árboles bien desarrollados y menos raquíuticos que el campo A. Por desgracia no es fácilmente comparable con el campo de control D, pues este último, por razones locales, tiene sólo algo más de la mitad de la extensión de los campos restantes. El campo C, abonado con cal, tiene más árboles

raquíticos que el campo de control B, pero coinciden en general en sus resultados. No tendría, pues, objeto abonar con cal, en las condiciones dadas porque el «insignis» no necesita cal, al contrario de lo que ocurre con el *P. Halepensis*, y además porque la cal es inadecuada para mejorar el suelo en cuestión. La coincidencia de los resultados del campo de control B con el campo C, indica que el campo C habría tenido los mismos resultados si no hubiera sido abonado. Tiene también sus ventajas conocer esta comprobación negativa.

Muy expresivo es el efecto del abono de fosfato y sales potásicas sobre el campo E. A la merma mínima se une aquí el crecimiento medio mayor, el mayor número de árboles bien desarrollados y el número, relativamente pequeño, de árboles con menos de 1 m. de altura. Ya hemos indicado que poco después de la aplicación del abono, el aspecto de este campo se distinguía ya de los vecinos. Mientras que en los campos de control se presentaba la coloración amarillenta de las acículas, las del campo E cambiaban el color verde grisáceo por el verde azulado. Tampoco se presentaron pulgones en este campo. El ensayo de abonado ha demostrado que puede obtenerse un mejoramiento del suelo de landa abierto abonando con fosfatos, con lo cual puede asegurarse el éxito de las plantaciones en estos suelos.

Micoriza. — Otra consecuencia de la falta de nitrógeno libremente asimilable y de ácido fosfórico es la aparición de hongos micoriza. Ya en el vivero se observa el tejido micelar en las raicillas de las plantitas de 2 años, tejido que es decisivo para el crecimiento de las plantas forestales, debido al intercambio de sustancias nutritivas y estimulantes. Hasta la fecha sólo ha aparecido el hongo de pino (*Boletus Luteus*, L. Exfr.). Surgió el 4º año después de la plantación en cantidades apreciables, no forma larvas de moscas, como en Europa, y es comestible una vez despojado de la piel pegajosa, pero no puede ser secado ni conservado.

Animales perjudiciales. — En el párrafo referente al cuidado de la plantación mencionamos la merma por el ataque del hongo *Armillaria Mellea*, Quel. Hablamos también de la liebre, en mala hora importada a Chile. Las liebres viven en los matorrales, escondiéndose de día y apareciendo sólo de noche para buscar alimento. Estos roedores saltan o trepan cercas de malla de alambre hasta de 1,40 m. de altura impulsados por el hambre, encuentran cualquier clase de abertura en las cercas y roen en los huertos las plantas herbáceas que no hallan en el matorral. El zorro gris nativo es muy chico para dominar la plaga de liebres. Los chilenos no aprecian tampoco el asado de liebre, no habiendo por lo tanto persecución por ese lado. Por lo demás, la caza de la liebre se dificulta enormemente con los matorrales y la vegetación de landa. Hasta la fecha, las liebres no han causado daño apreciable a los pinos jóvenes, pero rara vez dejan de dañar a las frondosas, como aromos, álamos, alisos, sauces y frutales. Felizmente no hay conejos en el lugar.

Cuanto más desfavorables las condiciones de la estación ecológica, tanto más sensibles a las enfermedades son los árboles forestales. Esto se constató en forma fehaciente en otoño de 1957, cuando la plantación del autor fué atacada por primera vez por pulgones, después de un verano singularmente seco. No se ha hecho todavía una determinación exacta de este insecto.

No sólo apareció en la Granja Forestal en 1957, sino también en otras muchas plantaciones de Chile. El recuento en el cuadrado 31, el más atacado, dió un 5% de árboles infectados, y de éstos, especialmente los rezagados y raquíticos. Los pulgones, cubiertos de cera blanca, se encuentran en los troncos y en las ramas, pero parecen concentrarse especialmente alrededor de los brotes nuevos; estos se marchitan y mueren después de un tiempo relativamente breve. Los brotes pardos secos permiten identificar de lejos a los árboles atacados por pulgones. Por tal razón, el aspecto es similar al que produce el pulgón del abeto (*Dreyfusia Nuesslini*, C. B.). Los árboles robustos no son atacados o se reponen rápidamente del ataque. Los pinos débiles mueren fatalmente después de la invasión. Los pulgones aparecen como »parásitos de la debilidad«, descubriendo en una selección natural los árboles endebles y provocando su muerte. En el otoño, la plaga de pulgones se desarrolla mejor; las lluvias invernales parecen perjudicar a los pulgones a pesar de su cubierta de cera; en todo caso, su número disminuye considerablemente en invierno; en el futuro se verá como se desarrollarán en la primavera y verano siguientes. Estos pulgones se han presentado ya en años anteriores en el Sur y Centro de Chile y deben ser tomados muy en serio, aunque en Europa rara vez producen grandes perjuicios. El autor tiene noticia de que una plantación entera de *P. sylvestris* del Sur de Chile fué arruinada por los pulgones y que el *P. radiata* ha sido atacado débilmente por el piojo en el Centro de Chile, pero no así otras especies exóticas como el *P. Canariensis* (45%) y el *P. pinea* (95%), los cuales fueron atacados fuertemente. (Comunicación epistolar del Sr. HERMANN RIEGEL, Plantación Pajonal, Valparaíso). Pulgones sin cubierta de cera atacaron en 1955, por primera vez en la Granja Forestal, una plantación de sauces. Los sauces fueron rociados con una emulsión de aceite, no siendo atacados en los años siguientes gracias al tratamiento indicado. El procedimiento no es tan radical para los pulgones del pino, debido a su cubierta de cera. El Sr. HERMANN RIEGEL recomienda clavar un clavo de cobre de 1½" algo más arriba del punto de vegetación y comunica que comprobó personalmente que los pulgones desaparecieron y que los árboles brotaron de nuevo vigorosamente. Según RIEGEL puede también regarse el suelo alrededor del árbol atacado con una solución muy diluída de sulfato de cobre. No se observaron otros animales dañinos, tales como orugas o coleópteros en los pinos »insignis«.

EPILOGO

Tratándose en nuestro caso de una zona virgen, geográficamente hablando, y como la ecología es aún una ciencia joven, hemos ampliado y profundizado al máximo las investigaciones de acuerdo con nuestras posibilidades. No cabe duda que no se necesitan 6 años de observaciones meteorológicas para conocer el clima local de una plantación. La ciencia exige, sin embargo, valores numéricos precisos y comparables, mientras que el técnico puede conformarse con observaciones generales. Todo agricultor y silvicultor puede y debe anotar en un registro sencillo las observaciones meteorológicas e hidrológicas y solicitar la confección de análisis de los suelos de los Institutos estatales correspondientes. Los valores del cuadro 12 indican de forma convincente que la plantación, además de medida y limpiada, debe ser preparada minuciosamente, a base de investigaciones ecológicas. Si hubiera conocido en 1950, o sea, antes de la primera plantación, las condiciones edáficas e hidrológicas de la zona cercana al río, habría ordenado inmediatamente la aplicación de abonos fosfatados a cada arbolito, evitando así varios años de crecimiento lento. De este ejemplo puede deducirse la importancia práctica de las investigaciones ecológicas. En tierra virgen, donde no se carece de experiencias previas, estos estudios exigen ciertos conocimientos que deben difundir los Institutos forestales de las Universidades; se necesita también tiempo y personal entrenado, todo lo cual no está por lo general a disposición cuando se instala una plantación. Pero es preferible perder el primer año a cometer errores que puedan hacer dudosos los resultados. Más favorables para la realización de estudios ecológicos son las condiciones en antiguas propiedades agrícolas, donde se están repoblando cada vez más los bosques naturales ya utilizados u otros terrenos adecuados, en vista de la escasez de madera. Sin estudios del clima, suelo e hidrología será imposible escoger la especie forestal adecuada.

Plantar »insignis« en buenos suelos y clima suave es tan absurdo como pedir que el pino de Douglas crezca en zonas heladas y suelo estéril. Tampoco pueden obtenerse bosques mixtos exuberantes en suelos pobres que apenas permiten crecer al »insignis«.

La campaña contra el monocultivo deberá realizarse con el lema: »a cada uno lo suyo«; no se trata de plantar »insignis« en todas partes a ciegos, más bien debe repoblarse con las especies más adecuadas según la calidad del terreno y las condiciones naturales. Como el clima local y el suelo nunca son totalmente uniformes se obtendrá, con el lema indicado, una silvicultura muy diversificada, cuyo éxito económico será muy superior a la utilización exclusiva del pino »insignis«. Es un derroche plantar este pino en suelos buenos; allí hay que plantar pino de Douglas, cedros,

cipreses y otras especies exóticas de maderas valiosas, aún cuando se corra el peligro de que exijan un turno más largo que el *P. radiata*. No deben plantarse, pues, en un lugar, las distintas especies entremezcladas; en cada lugar debe plantarse la especie que mejor se adapte a sus condiciones naturales, con lo cual se obtendrá el mayor rendimiento. El agricultor también hace una distinción entre suelos trigueros, para avena o para papas; en la silvicultura chilena deben distinguirse también los suelos para »insignis«, pino de Douglas o álamos.

Condición previa para tal racionalización de la silvicultura en Chile son investigaciones ecológicas en gran escala y los ensayos de aclimatación de especies forestales valiosas, como los que realiza el autor en la Granja Forestal. Considero como tarea primaria de la ciencia forestal la investigación de los fundamentos de la silvicultura, pues sin su conocimiento no podrá realizarse una moderna política forestal en Chile. Con la publicación de los métodos y resultados de las investigaciones ecológicas en su propia plantación, espera, por consiguiente, el autor haber prestado una contribución al mejor conocimiento de las posibilidades silvícolas de Chile.

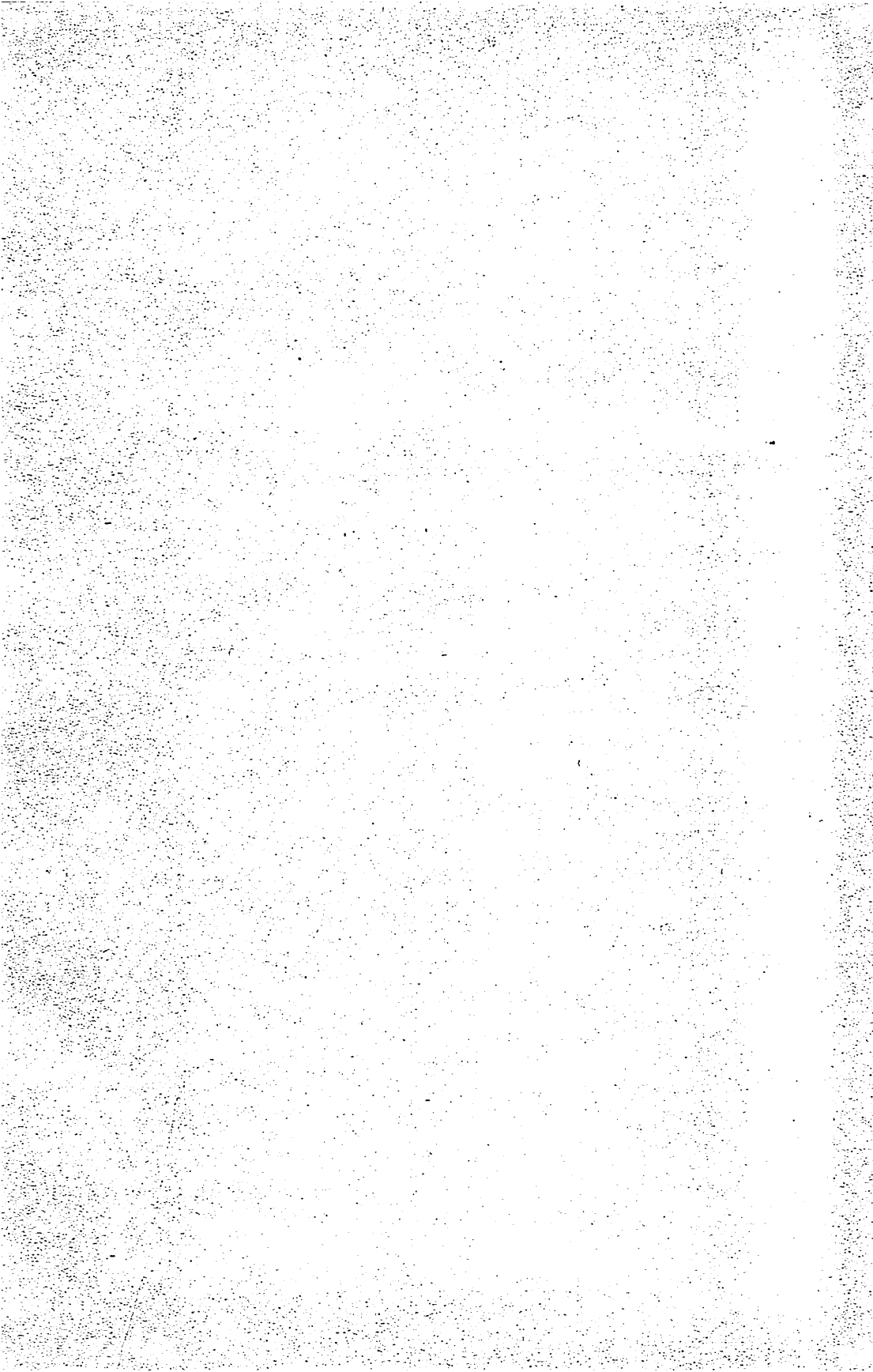
Bibliografía

- 1) A. SCOBEL: Geographisches Handbuch, vol II, pág. 460.
- 2) CHARLES DARWIN: Geologische Beobachtungen über Suedamerika, trad. del inglés por J. Victor Carus, Stuttgart 1899; apéndice: Über den Zusammenhang gewisser vulk. Erscheinungen . . . pág. 26.
- 3) FRIEDRICH REICHERT: Auf Berges- und Lebenshöhe, Buenos Aires, 1946, vol. I. pp. 297 y ss. — vol. II pág. 368, trae una fotografía interesante de la grieta de un cráter en el hielo.
- 4) FRIEDRICH REICHERT: Auf Berges- und Lebenshöhe, Buenos Aires, 1946, vol. II, pp. 479 y ss.
- 5) JUAN BRÜGGEN: Geología, Edit. Nacimiento. Santiago, 1950, pág. 363.
- 6) Cita de W. MEYER R. en su libro »Diccionario Geográfico-Etimológico Indígena«. Padre Las Casas, 1956, pág. 131.
- 7) W. MEYER R.: Diccionario Geográfico-Etimológico, pág. 179.
- 8) W. BRUHNS: Gesteine vom Vulkan Osorno in Südchile. Bericht der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg/Brsrg., vol. X, 1898, pp. 201—214.
- 9) Informe de expedición; Anales de la Universidad de Chile, vol. X, pp. 107—110, 1853, con mapa del Osorno de Döll.
- 10) Con las denominaciones granito y basalto se trata de distinguir en general las rocas plutónicas (intrusivas) de las volcánicas (efusivas).
- 11) K. WOLFFHUEGEL: Rätsel der Notohylaea, Revista Sudamericana de Botánica, Montevideo, Mayo de 1949.
- 12) Globus, Illustrierte Zeitschrift für Länder- und Völkerkunde, vol. LIII, N° 15, Comunicaciones breves: pág. 237, Braunschweig, 1888.
- 13) K. KNOCH: Klimakunde von Südamerika, vol. II del Handbuch für Klimatologie, publicado por W. Koeppen y R. Geiger, pag. 6.
- 14) C. MARTIN: Landeskunde von Chile, Hamburg, 1909, pp. IX y ss.
- 15) K. KNOCH: ibidem, pág. G 257.
- 16) J. HANN: Handbuch der Klimatologie, vol. III, pág. 553.
- 17) K. KNOCH: ibidem, pág. G 257.
- 18) L. TSCHERMARK: Waldbau, Wien, 1950, pág. 26.
- 19) R. GEIGER: Das Klima der bodennahen Luftschicht, Braunschweig, 1947, pág. 367.
- 20) J. HANN: Handbuch der Klimatologie, Stuttgart, 1911, pág. 227.
- 21) R. GEIGER: ibidem, pág. 186.
- 22) K. KNOCH: Klimakunde von Südamerika, Berlín, 1930, pág. G 45.

- 23) R. GEIGER: *ibidem*, pág. 167.
- 24) E. MUENCH: *Beiträge zur Forstpflanzenzucht*, pág. 21.
- 25) G. H. SCHWABE: *Die ökologischen Jahreszeiten im Klima von Mininco (Chile)*. Cuad. 17 de *Bonner Geographische Abhandlungen*, pág. 139.
- 26) C. TROLL: *Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde*. *Klimaheft der Geolog. Rundschau*, vol. 34, 1944; cfr. KRUMME, O.: *Frost und Schnee in ihrer Wirkung auf den Boden im Hochtaunus*. *Rhein-Main-Forsch.*, 13, Francfort, 1935.
- 27) C. A. SCHENK: *Fremdländische Wald- und Parkbäume*, 3 tomos, Paul Parey, Berlín, 1939.
- 28) SCHENK: *ibidem*, vol. I, pág. 50.
- 29) E. A. MITSCHERLICH: *Bodenkunde*, Paul Parey, Berlín, 1954 (Prólogo de la 7ª edición).
- 30) En estas investigaciones hemos seguido las indicaciones de la Edafología de R. FABRY, Munich, 1950.
- 31) R. FABRY: *Bodenkunde*, Munich, 1950, pág. 64.
- 32) G. HELMUT SCHWABE: *Die ökologischen Jahreszeiten im Klima von Mininco (Chile)*, en *Bonner Geographische Abhandlungen*, cuad. 17, Bonn, 1956, pp. 139—183.
- 33) N. L. KING: *Pinus insignis, Doug.* in South Africa, Pretoria, 1925, pág. 4.
- 34) V. GUTSCHICK: *Forstliche Standortskunde*, Hannover, 1950, pág. 50.
- 35) V. GUTSCHICK: *Forstliche Standortskunde*, Hannover, 1950, pág. 45.
- 36) T. R. SIM: *Tree Planting in South Africa*, Pretoria, 1927, pág. 350.
- 37) T. R. SIM: *Tree Planting in South Africa*, Pietermaritzburg, 1927, pág. 161.

Dirección del autor:

Dr. phil. Dr. rer. nat. h. c. Peter P. von Bauer Chl., Granja Forestal,
La Ensenada, vía Puerto Varas, Chile - Sudamérica



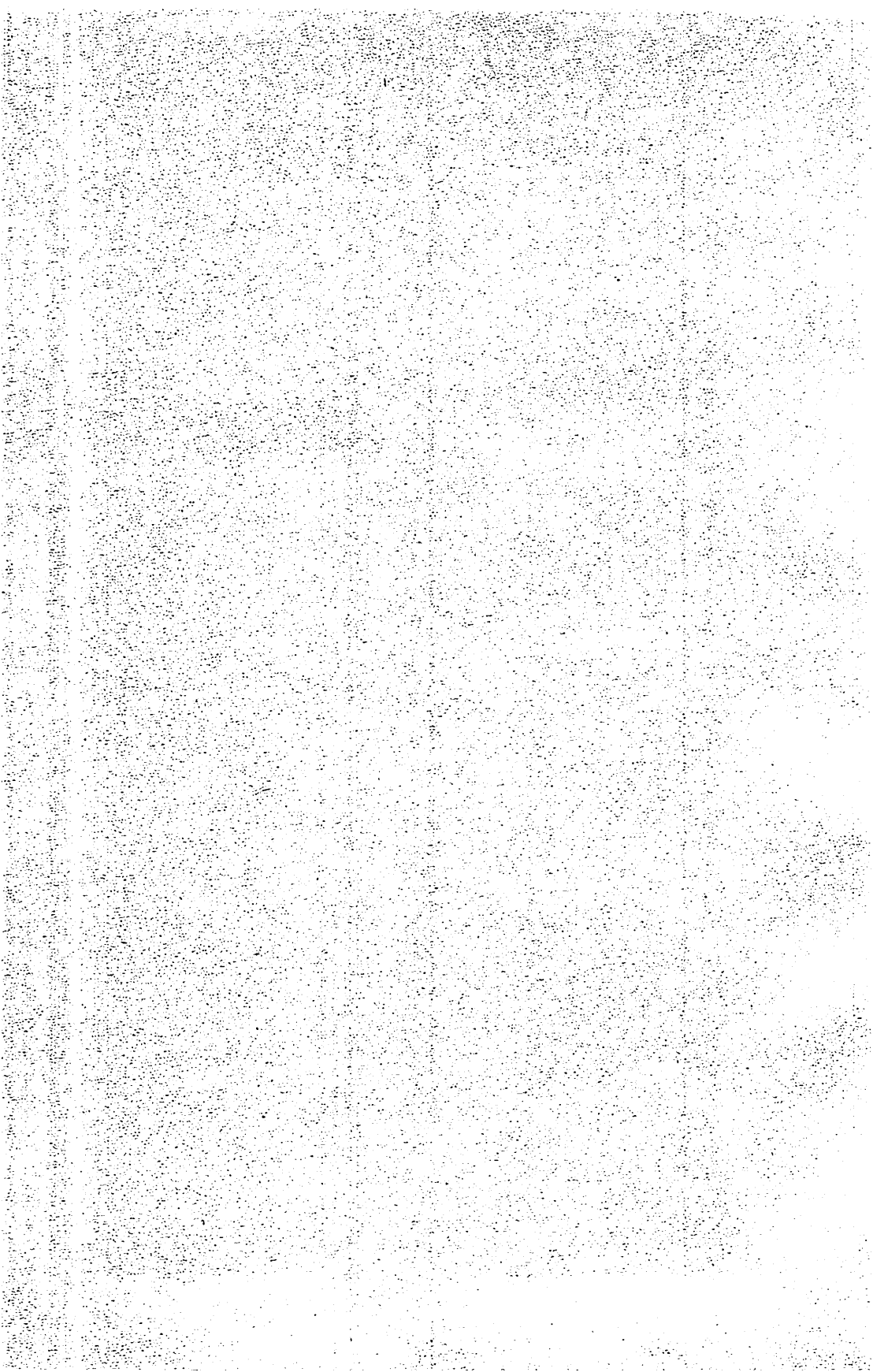




Foto 1: Granja Forestal (La Ensenada). En primer plano, matorrales. (Foto: Von Bauer)

Foto 2: Lago Llanquihúe con el volcán Osorno (Foto: Mora)

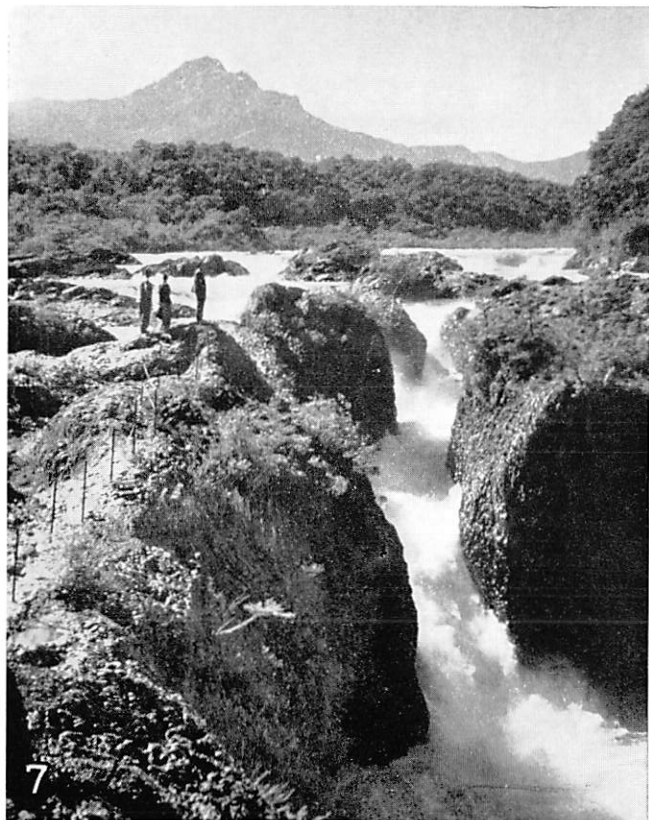


Foto 7: El río Petrohué hiende una corriente de lava (Foto Von Bauer)



Foto 8: Suelo de helechos, corte de una zanja caminera (Foto Von Bauer)



Foto 9: Suelo de landa, corte de una zanja caminera (Foto Von Bauer)

Foto 10: Suelo de landa, piedras en una zanja. (Foto Von Bauer)



Foto 11: Bloque de basalto desenterrado. (Foto Von Bauer)

Foto 12: Vivero: semillero de álamos; a la izquierda, pinos de Douglas de 2 años; al fondo: a la derecha, invernadero; a la izquierda, *Cupressus torulosa*
(Foto Von Bauer)

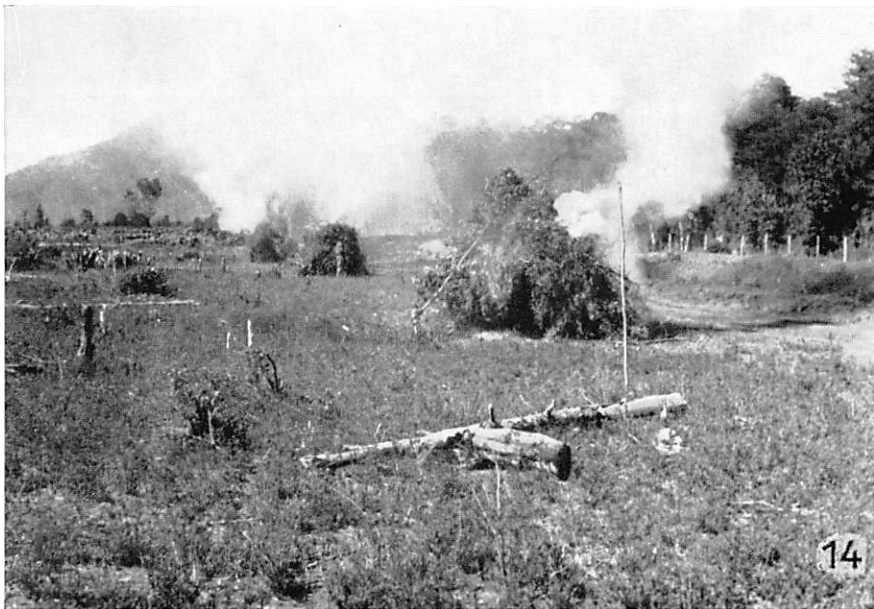


Foto 13: Los troncos se juntan para quemar. (Foto Von Bauer)

Foto 14: Quema de troncos y ramas. (Foto Von Bauer)



Foto 15: *Pinus radiata*. Plantación de 5 años. En primer plano: vegetación de landa (*Pernettya spec.*) (Foto von Bauer)



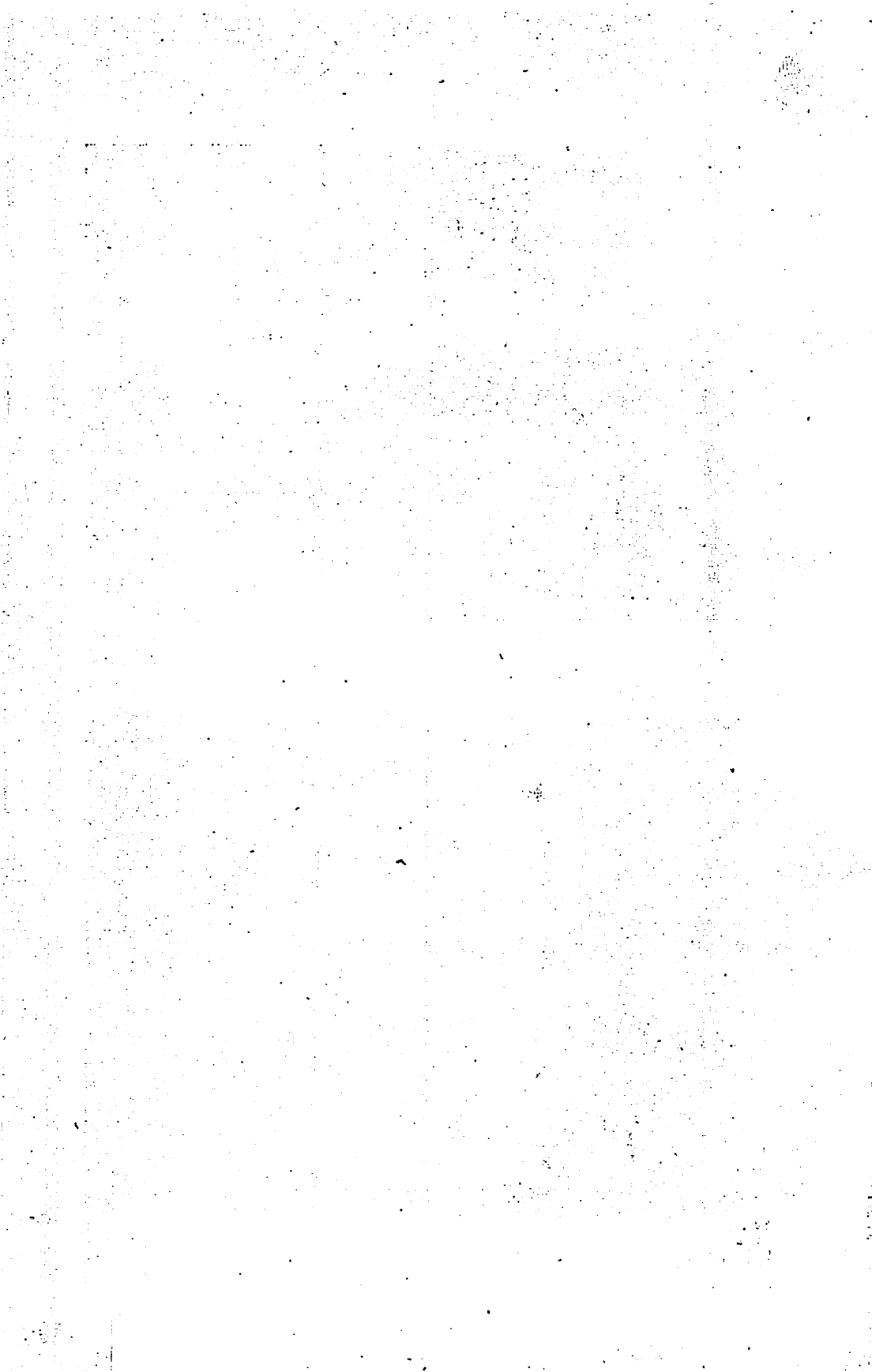
Foto 16: *Pinus radiata*. Plantación de 7 años. (Foto Von Bauer)



Foto 17: Pinus radiata. Plantación de 8 años (1957). Plantación experimental en 1949.
(Foto Von Bauer)



Foto 18: Vivero, recinto de sombra. (Foto del Inspector forestal R. Phillippi)



Plano de nivelación de la plantación forestal "Waldhof"

Fig. 2

