

**ZONIFICACION DE ALGUNAS ESPECIES FORESTALES
PARA EL HUALLAGA CENTRAL
TINGO MARIA, PERU**

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Jorge A. Bohórquez Rojas



**INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ciencias Forestales
Turrialba, Costa Rica
Diciembre, 1972**

ZONIFICACION DE ALGUNAS ESPECIES FORESTALES EN EL HUALLAGA
CENTRAL, TINGO MARIA - PERU

T e s i s

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados como
requisito parcial para optar el grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

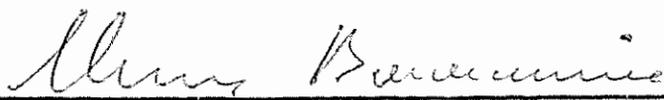
APROBADA:



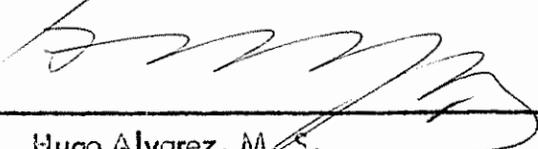
Marino C. González, M. S. Consejero



Thomas McKenzie, M. S. Comité



Elemer Bornemisza, Ph. D. Comité



Hugo Alvarez, M. S. Comité

Diciembre, 1972

ZONIFICACION DE ALGUNAS ESPECIES FORESTALES EN EL HUALLAGA
CENTRAL, TINGO MARIA - PERU

T e s i s

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar el grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:

_____	Consejero
Marino C. Gonzalez, M.S.	
_____	Comité
Thomas McKenzie, M.S.	
_____	Comité
Elemer Bornemisza, Ph. D.	
_____	Comité
Hugo Alvarez, M.S.	

Diciembre, 1972

A Lucila, mi adorada madre

A María, mi querida tía

A mi esposa e hijos

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones.

Al Sr. Pieter Grijpma, quien con su orientación inicial estableció las pautas a seguir en la investigación de especies.

Al Sr. Marino González R., M.S., quien con su permanente asesoramiento y colaboración hizo posible la culminación de este trabajo. A los Sres. Thomas McKenzie, M.S., Elemer Bornemisza, Ph.D., y Hugo Alvarez Vallo, M.S., miembros de su Comité Consejero, por sus valiosas sugerencias.

Al Ing. Fernando Suárez de Castro, quien con su valioso apoyo moral hizo posible la culminación de mis estudios en el IICA, Turrialba.

A la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y a la Dirección Regional para la Zona Andina del IICA, a través de su Director, Ing. Fernando Suárez de Castro, por la financiación de mis estudios en este Centro.

Al Ing. Javier Becerra de la Flor, quien con su apoyo hizo posible la culminación de mis estudios en este Centro.

A la Sra. Dora Mori de Alfaró, quien revisó la bibliografía; y a todas las personas que en una u otra forma han colaborado en la finalización de este trabajo.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITEPATURA	3
2.1 Generalidades	3
2.1.1 Antecedentes	3
2.2 La planificación forestal del Trópico Húmedo Peruano . .	3
2.3 Introducción de especies forestales	6
2.3.1 Lo no óptimo de las especies locales	8
2.3.1 Lo óptimo de las especies introducidas	11
2.3.3 Factores a considerar en la introducción de árboles	13
2.4 Reseña de clasificaciones bioclimatológicas	17
2.5 Principios de distribución ambiental	23
2.5.1 Factores climáticos	30
2.5.2 Factores de suelos	39
2.6 Descripción de las especies forestales por introducir . .	40
2.6.1 <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u>	41
2.6.2 <u>Toona ciliata</u> M. Roem var. <u>australis</u>	54
2.6.3 <u>Araucarias</u>	68
2.6.3.1 <u>Araucaria cunninghamii</u> Sweet	69
2.6.3.2 <u>Araucaria hunsteinii</u> K. Schumann	80
III. MATERIALES Y METODOS	
3.1 Localización	93
3.2 Método propuesto	94
IV. MATERIALES Y METODOS	101
4.1 Análisis de la información y aplicación del método . .	101
4.1.1 Definición de los requerimientos agríclimáticos de las especies forestales por introducir	101
4.1.2 Valoración del agroclima de la zona de introducción	105
4.1.3 Análisis agroclimático	108

	<u>Página</u>
4.2 Mapas de zonificación	114
4.2.1 Elaboración de mapas factoriales	114
4.2.2 Síntesis cartográfica sucesiva	115
4.3 Aplicación práctica del mapa de zonificación Forestal	116
4.4 Prioridad del estudio dentro del plan de desarrollo del Huallaga Central	117
4.5 Bases silviculturales alternativas	119
V. CONCLUSIONES	121
VI. RESUMEN	123
Summary	125
VII. LITERATURA CITADA	127
Apéndice	140

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Plantaciones forestales en algunos países latinoamericanos en 1970	7
2	Valores comparativos de tres pinos (madera húmeda).	44
3	Valores comparativos de tres pinos (madera seca).	45
4.	Detalles de algunas estaciones meteorológicas de Honduras Británica	49
5.	Crecimiento de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en plantaciones	52
6.	Crecimiento de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Dukuduki, Zululand, Sudáfrica.	53
7.	Propiedades físicas de las maderas de <u>A. cunninghamii</u> y <u>A. hunsteinii</u>	83
8.	Algunas propiedades mecánicas de <u>A. cunninghamii</u> y <u>A. hunsteinii</u>	84
9.	Temperatura y humedad media mensual para Bulolo	85
10.	Viability de la semilla de <u>A. hunsteinii</u>	88
11.	Porcentaje de germinación de la semilla de <u>A. hunsteinii</u>	88
12.	Composición forestal florística de la zona del Río Nualaga	95
13.	Indices térmicos en grados centígrados para establecer la zonificación	103
14.	Indices hídricos en mm. considerados para el <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u>	104
15.	Indices hídricos en mm. considerados para <u>Tecna ciliata</u> var. <u>australis</u>	104
16.	Indices hídricos en mm. considerados para <u>A. cunninghamii</u> y <u>A. hunsteinii</u>	104
17.	Localidades que forman la cruz utilizada para determinar los gradientes medianos mensuales y nual de la zona de estudio. Método de De Fina y Sabella	109

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
18.	Ecuaciones de estimación térmica anual empleadas en el estudio	109
19.	Tabulación de los datos y cálculo del gradiente vertical mediano de la temperatura del aire para el mes de enero	110
20.	Gradiente vertical mediano-año	111
21.	Transformación de las clases de capacidad de uso de los suelos en categorías fisioedáficas empleadas para la zonificación	113
22.	Transformación de los tipos de bosques en categorías fisioedáficas empleadas en la zonificación de algunas especies forestales en el Huallaga Central	114
23.	Balance hídrico mensual. Estación Tocache, Perú	141
24.	Balance hídrico mensual. Estación Uchiza, Perú	142
25.	Balance hídrico mensual. Estación Brisbane, Australia.	143
26.	Cuadro resumen de los balances hídricos calculados para la zonificación de algunas especies forestales en el Huallaga Central	144

I. INTRODUCCION

La comercialización de maderas y sus derivados en América Latina acusa un déficit del orden de los 300 millones de dólares, de los cuales toca al Perú aproximadamente unos 25 millones de dólares anualmente, tendiendo dicha suma a aumentar en forma considerable, de acuerdo a la creciente demanda.

La utilización de los bosques en el Perú no cubre la demanda interna actual debido a la convergencia de una serie de factores, entre los cuales cabe mencionar principalmente la heterogeneidad de especies en los bosques naturales por unidad de superficie; el bajo volumen aprovechable de especies de valor comercial conocido; las dificultades de extracción y transporte de los productos maderables. En cuanto a la demanda potencial futura, se necesita, para satisfacerla, de fuertes inversiones, sobre todo en vías de comunicación y asentamiento de nuevos núcleos humanos de colonización.

En vista de la situación expuesta, en el Perú, una de las líneas principales de investigación forestal debe ser dirigida a desarrollar técnicas de repoblación forestal artificial, tales como la introducción de especies de rápido crecimiento y la zonificación ecológica de las mismas, como una posible solución al problema de la creciente demanda de madera y sus derivados.

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una metodología para la elaboración de mapas de zonificación de especies basada en la determinación de factores ecológicos análogos. En este estudio se analizaron las analogías de carácter ecológico existentes entre el habitat natural de las especies forestales en estudio y la zona que comprende parte del Huallaga Central.

Las especies estudiadas fueron: Pinus caribaea Morelet var hondurensis (Seneclausse) Barret et Golfari, Toona ciliata var australis M. Roem y las Araucarias: Araucaria cunninghamii Sweet y Araucaria hunsteinii K. Schumann.

El método desarrollado se puede denominar bioclimático-estadístico y se describe detenidamente en el transcurso del presente trabajo, esperando desde ya, sea un aporte positivo en el estudio y solución del problema de la introducción de especies en general.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades

2.1.1. Antecedentes

En el Primer Congreso sobre Producción, Defensa y Comercialización del Cafe, Perú, 1971, se presentó una moción en el sentido de que debía de promoverse el establecimiento de plantaciones con árboles forestales de rápido crecimiento, especialmente por intermedio de la acción de las Cooperativas, (35, 36).

El café presenta una gran (plasticidad de) adaptación a las diferentes condiciones del medio; por esta razón se establecen cultivos de café en sitios de pésima calidad, en cuanto a todos los factores del medio, es decir, que se establecen cultivos de café en sitios que en realidad son marginales económicamente para la agricultura, en sitios que son de utilización forestal y que se encuentran bien definidos. Estos cafetales, llamémoslos, marginales, son los que deberán ir cediendo el paso a las plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento, en forma progresiva dentro de la misma plantación, por fajas, inicialmente eliminado alternadamente una calle, en la que se establecerán las especies forestales, hasta que estas alcancen la altura conveniente y pueda eliminarse por completo el cafetal (124).

En el valle del Huallaga se están desarrollando dos proyectos que son: "Proyecto de Colonización y Reasentamiento de Tingo María-Campanilla" y el "Plan Ganadero", ambos en actual ejecución por el Ministerio de Agricultura (35, 36, 123).

2.2. La Planificación Forestal del Trópico Húmedo Peruano

La Planificación del trópico peruano debe de integrarse como una de

las partes principales de la Planificación del Desarrollo de dicha región. Planificación, realizada hasta la fecha, generalizada y sobre todo sin tomar en cuenta el papel preponderante que al sector forestal le toca desempeñar, comprendiendo la trilogía de: producción, protección y recreo, fines fundamentales que deben de cumplir los bosques bien manejados (20, 92).

El diagnóstico de nuestra realidad forestal, nos presenta como un país forestal por la extensión del territorio cubierto de bosques, pero por otro lado también, nos presenta un panorama oscuro, ya que en la actualidad existe un déficit de nuestra balanza comercial de madera y sus derivados que es de alrededor de los 1000 millones de soles por año con una fuerte tendencia a subir los próximos años de acuerdo al propio desarrollo nacional y al aumento de la población (124).

El problema parece radicar en la misma constitución de nuestros bosques naturales; los cuales presentan una gran variedad de especies maderables, que se calcula en unas 2500 especies, de las cuales se tienen estudiadas un reducido porcentaje. Las especies, actualmente en explotación, por el alto valor comercial de las mismas, no pasan de una docena. Las otras maderas, o no se conocen en cuanto a su valor comercial o son poco cotizadas en el mercado (44, 124).

De contabilizarse todos los gastos directos e indirectos, demandados por la extracción de las trozas, desde los trabajos de reconocimiento, trochas, campamentos, etc., hasta la llegada de las trozas al aserradero, la utilidad que puede reportar tal actividad al maderero es mínima, o quizá nula y negativa, si se contabilizan los riesgos. Al pequeño saldo se le debe de descontar además las mermas del aserrío, que son alrededor de 1/3 de la troza cubicada al entrar al aserradero (44, 92, 104).

En cuanto a las metas a establecer, estas deberán de ser lo más ambiciosas posibles, pero siempre de acuerdo a nuestros recursos financieros y humanos, y a estudios bien ejecutados que permitan el cumplimiento de proyectos de Desarrollo Forestal (20, 92, 104, 166).

La estrategia a seguir dentro de las acciones del sector forestal deberán de integrarse en un Plan de Desarrollo del Area, jugando un papel principal, dada su potencialidad (104, 166).

Una de las acciones a tomar por lo tanto, será la iniciación de estudios de Proyectos de Desarrollo Forestal, dentro de los cuales tendrán especial situación los Proyectos de Plantaciones con tres fines:

a. Plantaciones Forestales con Fines Industriales

Estos proyectos serán orientados al establecimiento de plantaciones para proporcionar la materia prima para las industrias de la madera y sus derivados (pulpa, papel, chapas, tableros, etc), (124).

b. Plantaciones Forestales con Fines Silvo-Pecuarios

Estos proyectos serán orientados al establecimiento de plantaciones de especies que puedan proporcionar forraje para el desarrollo de la ganadería y, a la vez, como producto final, madera (124).

c. Plantaciones Forestales con Fines Diversos

Estos proyectos serán orientados a realizar plantaciones puras o mixtas con especies de utilización diversa, además de la madera o fibra que pudieran proporcionar para el establecimiento de industrias y manufacturas. En muchos casos, el fin específico de la madera será superado por otros subproductos de mayor mercado, alta producción y rentabilidad elevada. Estas plantaciones se justificarán desde todo punto de vista, ya que se cumplirán los objetivos generales del sector forestal (60, 124, 166).

Estos proyectos deberán de implementarse económicamente, de acuerdo a los estudios realizados, recurriendo a las diferentes fuentes de financiamiento nacional y extranjera (124, 166).

El empleo de especies de rápido crecimiento y alta rentabilidad permitirán el establecimiento de industrias secundarias de transformación de la materia prima a mediano plazo. Estas industrias se proyectarán de acuerdo al "Proyecto de Desarrollo del Area", formando parte de aquel (20, 92, 104, 166).

Estos estudios de zonificación de especies forestales vendrían a servir de base principal al "Proyecto de Plantaciones Forestales para el Huallaga Central", que la Dirección General Forestal, de Caza y Tierras del Ministerio de Agricultura tiene proyectado (124).

2.3. Introducción de Especies Forestales

Con el apoyo de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), se celebró una Consulta Mundial sobre Genética Forestal y Mejora del Arbol en Suecia, del 20 al 30 de agosto de 1963. Esta importante reunión se celebró mediante la FAO, respondiendo a una recomendación del Quinto Congreso Mundial de Montes celebrado en Seattle en 1960 (48).

Entre las principales recomendaciones que se hacen a los gobiernos podemos anotar:

"Así como la introducción de plantas de cultivo agrícola ha sido fundamental para el desarrollo de la agricultura de todo el mundo, la introducción y ensayo de especies forestales es fundamental para el éxito futuro de la dasonomía, especialmente cuando se encuentra en las primeras etapas como suele suceder en los países que inician su desarrollo". (48).

Las plantaciones con especies introducidas se iniciaron en los países llamados desarrollados y aún en Latinoamérica, como es el caso del Brasil, que cuenta con plantaciones que en la actualidad representan una superficie

de más de 800,000 ha (119). Brasil posee una tasa de reforestación anual de 100,000 ha. Este ritmo de plantaciones se ha establecido gracias al incentivo fiscal otorgado por el Gobierno y a la aplicación de las técnicas apropiadas que garantizan la operación de reforestación requerida por la industria (119).

Cuadro N° 1 PLANTACIONES FORESTALES EN ALGUNOS PAISES LATINOAMERICANOS, 1970. (119)

País	Area planta- da ha.	Tasa anual ha	I.M.A. m ³ / ha / año	Turnos años
Argentina	234,000	16,000		
Pinos	50,000		22 a 24 m ³	25
Eucaliptos	64,000		32.5	20
Alamos y sauces	120,000		10 a 30	12
Brasil	800,000	100,000		
1967	730,000			
Eucaliptos	560,000		30	10
Pinos	110,000		20 a 25	20
Acacias	50,000			
Otras	10,000			
Chile	350,000	20,000	20	
Pinos	330,000		20 a 30	
Eucaliptos	20,000		10 a 18	12 a 30
Ecuador	80,000	6,000		
Eucaliptos				
Perú	36,000	5,000	10 a 20	20
Eucaliptos				
Uruguay	175,000	3,000		
Eucaliptos	122,500		--	-
Pinos	52,500		15	14

Ortiz (119) reseña ampliamente sobre las plantaciones en algunos países latinoamericanos, donde las plantaciones forestales tienen alguna significancia, tal como se resume en el Cuadro No. 1.

2.3.1. Lo no óptimo de las especies locales

La selección por vigor vegetativo, fue por muchos años recomendada, que debía de ser limitada a árboles creciendo naturalmente cerca de sus sitios de origen (33, 111).

El supuesto fue que los genotipos locales siempre sobrevivían mejor y eran más vigorosos que los genotipos foráneos. En años recientes, sin embargo, la evidencia de la inconveniencia de razas locales en muchas áreas ha ido aumentando. Una explicación es que la selección natural es para una rápida reproducción, mientras que hoy en día los silvicultores están relacionados e interesados con el vigor vegetativo de los árboles (111).

La teoría tradicional daba fuerte apoyo a las razas locales óptimas. Clausen et al (33) encontraron que las poblaciones locales de Achillea lanulosa Nutt están bien adaptadas a las variaciones locales del ambiente. Su modelo condujo a la conclusión de que la selección natural continuamente elimina a todas las especies migratorias y segregadas, no acomodadas y adaptadas al medio ambiente. Entonces, para un ancho margen de especies los efectos homogenizantes de la migración son a menudo superados y una serie de poblaciones localmente adaptadas evolucionan en todos los sitios. Sin miramientos, de si una especie se extiende sobre áreas pequeñas o sobre gradientes ambientales, casi sin ninguna restricción sobre la migración que sería esperada para producir gradientes de genotipos razonablemente bien adaptadas al ambiente local. La relativa efectividad del porcentaje de migración y ventaja de selección, determinaría la fuerza de variación.

El problema de los forestadores en utilizar cualquier información sobre la variación natural, es la imperfecta correlación entre el vigor vegetativo y el éxito de la reproducción. La correlación puede a menudo esperarse

que sea alta entre especies que normalmente sufren una reducción de población debido a la severa competencia vegetativa. En tales especies, el incremento de crecimiento precoz puede ser crítico para una exitosa reproducción y selección posterior. Clausen encontró en la mala hierba perenne A. Lanulosa, que la medida de un éxito reproductivo también podía haber sido vigor vegetativo, como localización de semilla, por lo que ambos fueron altamente correlacionados (33).

No fue difícil asumir que la selección natural en las especies forestales ha sido efectiva, maximizando el vigor vegetativo al menos en grandes regiones ambientales. Aquí la recomendación de que la selección es limitada a árboles que crecen en forma natural cerca de sus lugares de origen a menudo parece razonable (93).

Como evidencia contraria, Wright (169) en 1962, apuntó algunas excepciones a la antigua regla general de que las especies nativas eran mejores y superiores. Él observó que las especies nativas de Douglas - Fir (Pseudotsuga menziesii), en el Pacífico noroeste no fueron óptimos en algunas pruebas de comportamiento.

Desde aquel tiempo más excepciones han sido publicadas. Ellas sugieren que una nueva generalización mejoraría convenientemente el hecho. En efecto, el concepto general de que el óptimo estático generalmente existe sería reexaminado a la luz de unas nuevas teorías sobre la evolución en ambientes variables (33).

Estudios numerosos para mencionarlos individualmente han demostrado la existencia de crecimiento óptimo de proveniencias de P. silvestris y Picea abies (L.) Karst., en el norte de Europa. En una distribución amplia, las especies se encuentran creciendo en climas benignos. Las especies locales generalmente cre-

cen mejor fuera de sus zonas ecológicas, las cuales parecen proveer condiciones óptimas y con un vigor alto (11).

En Estados Unidos de Norteamérica (111), la evidencia es alta con la antigüedad de la prueba de la existencia de una zona de crecimiento óptimo para el pino (P. taeda L.) a lo largo del límite sureste de su habitat. Wells y Wakely (160) encontraron que el vigor puede ser desarrollado arriba de las 200 millas al norte y oeste. Sus medidas probablemente son sobre árboles viejos y representan suficiente variación anual para reflejar una verdadera diferencia de crecimiento.

Sobre pruebas con material joven de black walnut (Juglans nigra L.), Bey (17) encontró una tendencia similar. Los genotipos de algunas regiones son más vigorosas que las locales en Olustee, Florida.

Probablemente, las pruebas con pino ponderosa proporcionan la más definitiva y obvia manifestación de "origen genotípico" de especies de zonas ecológicas óptimas, creciendo fuera de su localidad en áreas más marginales. En el noroeste de EE. UU. se encontró que las razas de regiones climáticas medias tenían más grande potencial de crecimiento que aquellas de ambientes más severos, en zonas más interiores y altas (140).

Más recientemente (111), se comunica que en California se ha encontrado una clara evidencia de la existencia de una zona óptima ecológica de crecimiento en medio de una gran gradiente. En esta zona donde los suelos son profundos, la distribución de la lluvias es más uniformes y el clima es moderado, toda las semillas de diferentes orígenes, incluyendo las locales de la zona media de elevación alcanzaron su mejor desarrollo. Cuando se plantó arriba y abajo de la elevación considerada las de elevación media todavía crecieron consistentemente más vigorosas que los genotipos locales. Este resultado fue evi

dente en 10 años de edad de los árboles y a los 25 años la diferencia fue más acentuada (93, 111).

Un detenido examen de los datos de Clausen (33), reveló que la A. lanu-losa en su comportamiento en elevaciones altas con plantas de elevación más moderada, se comportaron mejor que aquellas plantas provenientes de semillas cuyo origen era más próximo.

Es posible que en la variación geográfica de especies arbóreas, las variedades locales de áreas marginales ecológicamente, puedan no ser óptimas, al menos en términos de vigor de crecimiento. Se puede también asumir que la selección natural de variantes genéticos es correlacionada con el vigor de crecimiento; un genotipo de crecimiento no máximo, puede también tener menos crecimiento y máxima aptitud competitiva (33, 111, 169). Puede ser que sea preferible realizar las recogidas de material en zonas marginales cuyo clima sea más parecido al de aquellas en las cuales se piensa utilizar las plantas recogidas (166).

2.3.2. Lo óptimo de las especies introducidas

Puntualizaremos, que las "especie exótica", es aquella que se encuentra fuera de su habitat natural, de su ecosistema nativo. Se llama al cultivo de estas especies exóticas: "Introducción de Especies" (92, 166, 170).

Lamprecht (92) realiza una clara exposición sobre las ventajas de las plantaciones, que podemos resumir así:

--Las plantaciones puras se aduce que pueden cumplir mejor y de la manera más económica con la demanda de la industria maderera moderna. Se necesitarán grandes cantidades de materia prima para cubrir la demanda mundial de los renglones de "papel y cartones" por un lado, y por otro, el de tableros, cuya demanda para 1975 se consideran que tendrán un volumen de 150 y 43

millones de metros cúbicos respectivamente, madera del tipo que pueden producir las plantaciones.

--Desde el punto de vista del manejo técnico-silvicultural las plantaciones son un sistema ventajoso. Determinada la especie o reducido número de especies a utilizar, el cultivo y manejo es prácticamente rutinario, de acuerdo a normas y reglas conocidas y ensayadas exitosamente desde hace mucho tiempo, para la gran variedad de especies que se cultivan actualmente. El forestal, por lo tanto, conoce de antemano la ecología, exigencias, comportamiento, etc., de las especies con las que trabaja.

--Las operaciones del aprovechamiento de masas coetáneas de una o pocas especies son debidamente programadas a bajos costos y son actividades por lo general, sencillas, lo que reduce grandemente los costos de producción.

A todo esto hay que agregar, que el establecimiento de plantaciones tiene a obtener un mejor uso de nuestros recursos naturales. De acuerdo a la clasificación de las tierras por su capacidad de uso, resulta que muchas tierras de uso forestal se están empleando para uso agropecuario, con las consiguientes desventajas generales, que se pueden manifestar por una baja rentabilidad (20, 124).

El establecimiento de plantaciones con especies de turno corto y de alto rendimiento, sobre tierras que son de uso forestal significará un mejor uso de nuestros recursos, con todas las ventajas que derivan de tal medida y que entre las principales debemos subrayar el establecimiento de industrias de la madera, la creación de nuevas fuentes de trabajo, mejores niveles de vida, así como la promoción de la formación de nuevos "polos económicos" (124).

Según Wright (170), la introducción de especies forestales ha demostrado ya su valor en Australia, Nueva Zelandia, Sud Africa y en el Reino Unido. En

algunas regiones de dichos países las especies exóticas proporcionan la mayoría de la madera cortada. Las especies nativas aquí, no pudieron proporcionar ni la calidad ni la cantidad requeridas por las industrias. Estas plantaciones en algunos casos producen cuatro veces más madera, que las nativas. En otros países, la producción es de maderas blandas para la industria, en tanto que las nativas proporcionan maderas duras de diferente uso. En estos países existe por lo tanto una tendencia al uso de las especies exóticas para cumplir sus metas de reforestación.

Según Wright (169, 170) la introducción de especies puede ser considerada como parte de la genética forestal por tres motivos:

1. Las diferencias entre especies y ecotipos son una cuestión de grado. Por lo tanto, lo mejor es organizar los ensayos de especies nuevas y de ecotipos nuevos, sobre las mismas bases, como parte de un plan de mejoramiento de árboles.
2. La elección del ecotipo apropiado es muy importante para el éxito de la introducción.
3. En cuanto a los híbridos interespecíficos, de gran vigor, la mayoría de ellos tienen una especie exótica en su línea.

2.3.3. Factores a considerar en la introducción de árboles

En realidad, existe un amplio espectro de factores que intervienen en el éxito de la introducción de árboles, que van desde el factor humano hasta las fuentes de financiamiento y disponibilidad de recursos en general; sin embargo, suponiendo que aquellos recursos humanos y financieros se cubran, citaremos los más importantes desde el punto de vista técnico.

--El empleo de especies de rápido crecimiento y alta rentabilidad demostrada en su país de origen y en los lugares donde ha sido introducida.

Wright (169,171) puntualiza que el comportamiento y las características de una especie en su habitat natural son la mejor guía para conocer las posibilidades de emplearla en su nuevo habitat.

El pino de Monterrey (Pinus radiata D. Don) es el mejor ejemplo de esta generalización. Su rusticidad, rapidez de crecimiento, forma del fuste, variabilidad genética y calidad de la madera, son esencialmente las mismas en Australia, Nueva Zelandia, Sudafrica, que en las masas naturales de California y Baja California. Sólo la altura máxima alcanzada (48 m en Nueva Zelandia y de 36 m en masas nativas), constituye una característica nueva de las masas australes. En Chile sucede otro tanto, al extremo de que se están llevando semillas de Chile de nuevo para California para establecer plantaciones de más vigor y rendimiento económico (169, 171).

Otro ejemplo, ya mencionado al exponer el estado de las plantaciones en Sudamérica, es el caso de los Eucaliptos, cuyo éxito como especie exótica introducida, está demás describir (119).

--Se debe tener en cuenta que no siempre existe relación entre la importancia que una especie tiene en su habitat original y la que podría tener en otros habitats. Como ejemplo se presenta el caso de Fagus silvatica L., que es una frondosa importante en el norte de Europa, porque es una de las pocas especies que se encuentran en dicha región. En los Estados Unidos medra bien, pero se duda de que adquiera importancia económica por lo menos en los próximos 50 años, dadas las dificultades de la plantación, la gran abundancia de otra especie competidora en el mercado como la Fagus grandifolia Ehrh nativa, y el gran número de otras frondosas más convenientes (169).

El Pinus resinosa Ait., es el pino más importante en extensas zonas del norte de los EE.UU. y del sur del Canadá. Sin embargo, su biología no ha permitido que dé buenos resultados en otros países, quizá, debido también a que no se le ha localizado en su respectivo ecosistema equivalente (169).

Por otro lado, el Pinus radiata D. Don, Larix leptolepis (Sieb. y Zucc.) Gord., y Larix decidua Mill, poseen habitats tan reducidos e inaccesibles, que tiene notoriamente menos importancia en su país de origen que en aquellos donde han sido introducidos (169).

Existen otras especies que tienen la misma importancia en su país de origen que en los países donde han sido introducidos. Caso de Pinus silvestris L., P. strobus L., P. ponderosa Laws., Pseudotsuga menziesii (Mirb) Franco y Eucalyptus camaldulensis Dehn. (169).

--Las analogías ecológicas entre los ecosistemas del origen y del posible empleo, es en realidad el factor más importante en los trópicos y también para cualquier formación vegetal (166, 167, 169).

--En los trópicos, donde no existen grandes variaciones de temperatura durante el día y durante el año, parece que los factores principales limitantes se encuentran circunscritos a la calidad de los suelos y a la distribución de las lluvias y su total anual (49, 110, 166, 167).

--El producto final deberá de tener un mercado establecido, por lo tanto tendrán prioridad de introducción aquellas especies exóticas que sean de "uso múltiple". De preferencia se introducirán especies que no compitan con las nativas, de existir éstas en cantidades comerciales, es decir, que sean "especies económicas" en la zona (20, 48, 49).

Las plantaciones se establecerán en zonas deforestadas o donde los bosques se encuentran degenerados o sean maduros y sobremaduros, que justifique una tala rasa o de raleo, de acuerdo a inventarios técnicos que indiquen el manejo más apropiado de aprovechamiento (48, 49, 62, 92).

--Una vez establecida la plantación, la selección genética es indispensable, para evitar riesgos y errores previsibles, ya que la disgregación mendeliana en la semilla, da origen a diferentes genotipos; no hay dos plantas idénticas si son producidas por semillas, pero pueden tener mucho en común (48, 49, 50, 92, 95, 101).

Wright (169) indica que hay que establecer como primera medida zonas de cosecha de semillas, así como los rodales que sobresalen por su calidad, rendimiento y estado sanitario. Seleccionando "árboles superiores" o "plus trees".

Parte del éxito depende por lo tanto, de la obtención de semillas de primera calidad, luego los siguientes trabajos de manejo tendientes a obtener un buen producto final que satisfaga las exigencias del mercado (169).

Lamprecht (92) puntualiza que la finalidad para el establecimiento de una plantación puede ser para:

- a. exclusivamente para la producción de madera
- b. exclusivamente para la protección, y
- c. para uso múltiple.

Indica, asimismo, que en todo caso se deberá de emplear una especie de rápido crecimiento y desarrollo tendiente a obtener la máxima producción en el menor tiempo, así como el establecimiento más rápido de una cobertura boscosa protectora.(92).

Las plantaciones forestales en el trópico, bien manejadas, pueden producir más madera y en menos tiempo que las plantaciones en zonas templadas (8, 9,

20, 49, 63). Según Bauer (12), se obtienen en las zonas tropicales incrementos anuales comprendidos entre 14 a 42 m³/ha, con plantaciones de Pinus, Araucaria y Eucalyptus.

En cuanto a los costos de explotación de los bosques, indudablemente que los costos de explotación de los bosques naturales son mucho mayores que los de una plantación bien ubicada en lugares accesibles y suelos aptos (48, 49, 104, 126). Se deberá de tener en cuenta que los costos de explotación pueden ser hasta de diez veces más que los costos totales de establecimiento y mantenimiento de la plantación hasta el momento del corte. No debemos de olvidar que a la gran cantidad de especies, del bosque natural, con diferentes características físico mecánicas diferente composición química, se deben de sumar por un lado, la baja tasa de incremento anual considerado como generalizado entre 1 a 3 m³/ha/año., y por otro lado, los altos costos de explotación del mismo, y 300 m³/ha, como una buena producción de la cual, como ya lo hemos detallado, sólo se utiliza un 5% (126).

Barres (8, 9) establece que lo forestal está atravesando una etapa similar a la revolución industrial, donde la demanda de madera, especialmente madera industrial, está en un incremento tal, que un cúmulo de métodos de producción tendrán que ser usados para cubrir dicha demanda.

2.4. Reseña de Clasificaciones Bioclimatológicas

La agricultura, desde tiempos inmemoriales, inició la introducción de especies, en la mayoría de los casos por tanteo y error. Tal es así, que hoy casi el 70% de los productos agrícolas que consumimos han sido introducidos. Lo mismo, y en mayor magnitud, había que referirse a la ganadería, donde el 90% de la carne que se consume, ha sido introducida (126, 166, 167, 169).

La introducción de árboles, también se inició hace siglos, pero nos referimos en este caso a los árboles frutales y ornamentales. Nunca se pensó que se tendría que introducir árboles forestales, en vista de la abundancia de ellos en América Tropical (20, 170); baste para ello hacer referencia a lo escrito por el Conquistador Don Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdez (1526) en el Prohemio al libro Noveno de la Primera Parte de la Natural y General Historia de las Indias, Islas y Tierras Firme del Mar Océano: "El mare magno e oculto".

El problema de la deforestación ya controlada en los países desarrollados, y regulados sus mercados de maderas y derivados, preveyendo sus déficits de maderas en un futuro cercano, estaban interesados en cubrir dichos déficits con maderas provenientes de América Tropical (48, 49, 126).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación estaba interesada en la cuestión de la clasificación climatológica y su aplicación práctica a la plantación de árboles forestales y en especial a las llamadas especies exóticas. La Comisión Forestal para el Asia y el Pacífico, en su segundo período de sesiones celebrado del 1º al 13 de diciembre de 1952 en Singapur, pidió a la Organización Meteorológica Mundial, por intermedio del Director de Montes de la FAO, que recomendara un sistema uniforme de clasificación climatológica (148): "...basado en las correlaciones entre el clima y la vegetación...". Tal clasificación sería en extremo útil a los organismos forestales de nuestros Estados Mienbros como guía para la elección de especies exóticas destinadas a plantaciones experimentales*.

En Montevideo en la Octava Reunión de la Conferencia General de la UNESCO, en 1954, se discutió un plan de acción para la investigación científica en las

*World Meteorological Organisation. Abridged Final Report of the First Session, Commission for Climatology. (Cita inserta en el Anexo II de la Recomendación 8) 1953. p. 40-41.

regiones tropicales húmedas. En el proyecto del Programa y del Presupuesto para 1955 y 1956 figura el siguiente dictamen (148): "La preparación de mapas de las regiones tropicales húmedas en los que se indiquen las regiones expuestas a condiciones climáticas similares parece ser, preliminar necesario para la ejecución del programa proyectado".*

Los Estados Miembros de la ONU, conscientes de la necesidad urgente de contar con información climática exacta y detallada han iniciado una escalada de establecimiento de estaciones agroclimatológicas en todo el mundo con la ayuda de la Organización Meteorológica Mundial. Desde aquel entonces los científicos relacionados al tema, han tratado de establecer una técnica tal que permita solucionar el problema que significan decenas de años de ensayos y pruebas sobre la bondad de producción y aclimatación de las especies introducidas. Además del tiempo, que muy bien puede cubrir una o dos generaciones, se presenta el problema capital de los países del "Rain Forest": la escasez de medios económicos propios de su estructura (148).

Reseñar los trabajos que se han efectuado al respecto de lograr una clasificación climática, en la cual se pudieran los forestales basar para sus trabajos de introducción de especies, sería demasiado largo, por lo que nos limitaremos a mencionar las principales escuelas brevemente:

Son los naturalistas y biólogos los que primero inician los ensayos de clasificación climática en un sentido moderno a mediados del siglo XIX (148, 167).

Alfonso de Candolle estudió y difundió sus investigaciones sobre los

* UNESCO. Proyecto de programa y de presupuesto para 1955 y 1956; 8a Reunión de la Conferencia General. Montevideo, UNESCO, 1954, párrafo 86.

elementos que influyen en la distribución de las especies vegetales. A. Gri-sebch publicó en 1866 el primer atlas mundial importante de las regiones de ve-getación. Los climatólogos de todo el mundo en base a los trabajos de Gri -senbach trataron de determinar las correlaciones que se suponía existían entre las temperaturas, las precipitaciones y la distribución de vegetales (148).

Carl Linnser estudia el efecto del clima sobre la fenología. Las mono -grafías de C. Linnser constituyen el monumento descollante de esta etapa (148). Divide el mundo en zonas climáticas, siendo el primero en emprender una verda-dera clasificación de los climas fundado en las zonas de vegetación. De Cando_lle posteriormente continúa el trabajo de Linnser, creando los conceptos y tér-minos de especies "magotérmicas", "xerófilas", "mesotérmicas" y "microtérmicas" (148).

Debemos aquí mencionar que se considera a Julius Hann como el iniciador de la climatología científica, quien publicó su manual de climatología por pri-mera vez el año 1883, luego de otras ediciones, en 1923 publicó su última edi-ción junto a R.J. Suring (167).

Wilhelm Koeppen, formado en San Petersburgo, contemporáneo y continuador de Hann, inició sus publicaciones en 1900 estableciendo la relación entre el cli-ma y la vegetación; en 1923 y 1931 presenta su Grundriss der Klimatologie; en 1936, junto con R. Geiger publica su Handbuch der Klimatologie. Su última car-ta mundial de climas apareció en el gran Atlas Soviético Mundial, publicado en Moscú en 1937 (86).

La monumental obra de Koeppen (86) tiene a su vez sus basamentos en la obra de Candolle, y divide a la tierra en cinco grandes zonas principales, es-tas cinco zonas comprenden: clima seco, clima nevoso y tres climas forestales. Los límites de Koeppen son en lo esencial promedios de los valores de los ele-

mentos climáticos registrados por observación directa.

Este sistema de Köppen fue inmediatamente aceptado en Rusia y Alemania, así como en Inglaterra y el resto del mundo. Obras importantes son también las publicaciones de G.T. Trewartha en 1954, titulada "An introduction to Climate" y "Climatology" de B. Haurwitz y J.M. Austin, obras de mucha circulación en los EE. UU. (86).

C. Warren Thornthwaite sigue el camino de Transeau (1905) en cuanto se refiere a medir la efectividad de la precipitación mediante la relación "Precipitación - Evaporación" (147) y luego reconociendo el papel principal de la temperatura elabora una fórmula con la cual confeccionó un mapa de los EE. UU. dividido en "Provincias de Humedad".

Después de algunas publicaciones Thornthwaite en 1948, propone una nueva clasificación climática que en realidad podemos considerarla como el inicio de una segunda etapa en el esfuerzo del hombre por establecer una confiable clasificación bioclimática de uso mundial. Introduce el término de "evapotranspiración potencial" (146).

Thornthwaite y Mather (149) publican en 1955 "The water balance" y con Hare (148) publican "La clasificación climatológica en dasonomía". Esta escuela fundada por Thornthwaite tiene muchos seguidores, algunos de los cuales tratan de afinar dicha metodología de clasificación, tales como H. L. Penman, L. Golfari y L. Holdridge (5).

El problema establecido y bien definido y que representa un punto crucial es el cálculo preciso de la "evapotranspiración real" y por consiguiente el efectuar un balance hídrico de la mayor precisión posible que nos permita confeccionar mapas homobioclimáticos confiables (121).

L. Holdridge simplifica el cálculo de la evapotranspiración potencial mediante el uso de una constante. El cálculo de la evapotranspiración real la resuelve mediante la aplicación de un monograma de carácter logarítmico y efectúa el balance hídrico considerando para el efecto, como agua retenida en el suelo un 10% del índice de precipitación del lugar (75). Su sistema de clasificación en Zonas de Vida mediante su famoso gráfico de 6 entradas no tiene igual en esta rama de la ciencia. Por primera vez se puede hablar de formaciones vegetales correspondientes a tal o cual zona de vida y tener la certidumbre de encontrar dicha zona de vida dentro de determinados límites climáticos o inversamente; además sus zonas de vida comprenden cuatro tipos de asociaciones vegetales (75).

Otra escuela en boga y con muchos seguidores, sobre todo europeos, es la que emplea los climatogramas como medio de comparación de climas, entre las que podemos mencionar a Taylor, Gausse y Golfari, los que emplean el balance hídrico de Thornthwaite y los climogramas para establecer analogías climáticas (58, 59, 144, 153). Aubreville (5) aplica los climatogramas para determinar los climas y establece una clasificación sobre seis formaciones tipo.

Aubreville al igual que Thornthwaite y Hare (5, 148) dudan que exista en la actualidad una clasificación que merezca la pena de ser aceptada como norma.

Ultimamente se está utilizando la fórmula propuesta por Papadakis (121), quien también trabaja a base de una constante y una diferencia entre dos presiones de saturación de vapor de agua, expresada en milibares. Esta fórmula presenta la ventaja de requerir únicamente valores térmicos y según algunos autores es más precisa que otras fórmulas similares en condiciones tropicales, (6).

En cuanto a trabajos importantes, entre otros, sobre la vegetación tropical, debemos de mencionar a P.W. Richards (129, 130) y J.W. Wright en su trabajo

de "Introducción de Árboles: (170); el trabajo de investigación de procedencias y el estudio de la diversidad genética asociada a la geografía de R.Z. Callahan (24).

También son notables los trabajos de N.F. Kabanov presentado al VI Congreso Forestal Mundial realizado en Madrid, sobre aplicabilidad de los principios y métodos de la fitocenología de la explotación de los bosques tropicales (83); el trabajo de A.A. Tsynek (152) sobre los principales principios de zonificación económica del bosque, y otros pioneros de esta disciplina como la discutida obra de T.D. Lysenko (101), hoy ya superada; así como la escuela de N. I. Vavilov iniciada en 1922 con la ley de las series homólogas en la variación (154).

2.5. Principios de distribución ambiental

El fitogeógrafo R.D. Good en 1931 (64) establece los principios que rigen la distribución de los vegetales, tema muy discutido, pero no sistematizado y expuesto tan en detalle hasta esa fecha.

Good (64, 65) establece que el principal principio es el de la evolución, el cual sirve de fundamento a los demás. Agrega a este principio otros seis más que son:

1. La distribución vegetal está controlada por las condiciones climáticas, en primer lugar.
2. La distribución vegetal está controlada por los factores edáficos, en segundo lugar.
3. En el pasado se han producido grandes movimientos de floras que aún se encuentran en movimiento.
4. El movimiento de especies (migración de especies) se efectúa por transporte individual de las plantas durante sus fases móviles de dispersión.

5. Ha habido gran variación y oscilación de la flora, especialmente en las altas latitudes, durante la historia geológica de las angiospermas.
6. Se ha producido alguna y probablemente considerable variación en la distribución relativa y contornos de la tierra, y el mar durante la historia de las angiospermas.

Con respecto al segundo principio, se establece que los factores edáficos, como: material de origen, suelo, fisiografía, son secundarios, debido a que son influenciados por el clima, el cual determina si una planta o cosecha dada es potencialmente apropiada para un área y que los factores edáficos pueden realmente determinar su presencia y la cantidad en que se encuentre dicha especie en aquel lugar (64, 65). Este principio es básico en el estudio en que nos encontramos y que nos servirá de base en determinar los ecosistemas homólogos para la introducción de especies*.

Good desarrolló un concepto de tolerancia específica, mediante el cual trata de explicar el porqué los cambios ambientales y otros climáticos daban lugar al movimiento y migración de las plantas. Este concepto establece que: "Cada una y todas las especies vegetales son capaces de existir y reproducirse, de manera sucesiva, solamente dentro de unos límites climáticos y edáficos bien definidos. La tolerancia de una especie es un carácter específico sujeto a las mismas leyes y procesos de la evolución orgánica que sus caracteres morfológicos y que ambos no estaban necesariamente ligados entre sí. Que los cambios de tolerancia de una especie puede ir o no acompañada de cambios morfológicos y viceversa". (64, 65).

* Nota del autor

Otro principio sobre tolerancia establece que: "Especies morfológica -- mente similares pueden manifestar amplias diferencias de tolerancias y, por el contrario, especies con tolerancia similares, poca semejanza morfológica. La distribución relativa de las especies con tolerancia similar está determinada, en último término, por el resultado de la competición entre ellas". (64, 65).

Sobre estos principios básicos, otros investigadores han agregado o modificado ampliamente estos conceptos cuyos capitales fundamentos pasaremos a discutir.

V.E. Shelford (35) propuso una ley de tolerancia en los términos siguientes:

1. Es probable que los organismos con amplios límites de tolerancia, para todos los factores ambientales, se encuentren extendidamente distribuidos.
2. Los organismos pueden tener unos límites de tolerancia amplios para un factor y estrechos para otro.
3. Cuando las condiciones no son óptimas para un factor, se pueden reducir los límites de tolerancia para otro factor.
4. El período de reproducción es, usualmente, crítico cuando los factores ambientales son limitantes.

Cualquier factor tendrá un efecto óptimo para la distribución de una especie, asimismo tendrá un mínimo y un máximo, lo cual establecerá un rango de tolerancia para cada factor climático y ambiental (35).

L.A. Fournier (51) resume estos conceptos acotando que: "el ámbito de tolerancia de un organismo o sea su grado de adaptabilidad al medio, depende entonces de los ámbitos de tolerancia de éste a todos los factores ambientales

y que el ámbito de tolerancia de una especie estará condicionado por los ámbitos de tolerancia de los diversos individuos que la integran. Se tiene entonces que cada categoría taxonómica tendrá un ámbito de tolerancia cuya amplitud dependerá de los ámbitos de tolerancia de las unidades taxonómicas que la componen".

En la misma obra, Fournier presenta otro principio de Shelford sobre factores limitantes: "Un factor que se encuentra por debajo de su mínimo o en exceso de su máximo crítico es capaz de excluir a un organismo de determinada área".

Fournier (52) en un trabajo presentado sobre la variación altitudinal en el número de familias de árboles y arbusto en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, informa que tan sólo una sexta parte de las familias estudiadas se encuentran presentes sobre los 3000 m.s.n.m., y que entre los 1000 y 15000 m.s.n.m. se presentan el mayor número de familias, lo que nos da una muestra de la variación de los ámbitos de tolerancia de dichas familias. Informa, además, que las familias que presentan un ámbito de tolerancia más amplio son las que tienen mayor número de especies, con algunas pequeñas excepciones, que por otro lado tienen géneros de amplio margen de tolerancia, como es el caso de las Saurauriaceae, con un ámbito de distribución bastante amplio.

En trabajo similar, Veillon (156) no encuentra diferencia cuantitativa de la masa forestal al pasar de 50 a 3000 m.s.n.m. o sea entre las temperaturas medias anuales de 27° a 10°C.

El bosque nublado andino es el que mayor masa forestal tiene por unidad de área. Pero mucho más sensibles a la altitud son la composición florística y la distribución altitudinal de las especies forestales. Existe gran variación de una especie a otra en cuanto a su tolerancia de temperatura. Ciertas

especies sólo se presentan en una faja altitudinal muy angosta, generalmente en una zona de transición o en la tierra baja y más caliente; otras parecen indiferentes a los cambios de temperatura y se presentan en varios pisos altitudinales (156).

Por lo general, la mayor parte de las especies recopiladas ocupan una faja altitudinal determinada y pertenecen al tipo ecológico de la formación característica de ésta (51, 52, 156).

También se observa especies de la familia Lauraceae que se presentan desde los 230 a los 2910 m.s.n.m. y de otras que son características de una determinada faja altitudinal, tales como la familia Podocarpaceae que se presentan entre los 2350 a los 3080 m.s.n.m, y la familia Anarcadiaceae que se presenta entre los 100 a los 1090 m.s.n.m. Pero, por otro lado, si la familia Sterculiaceae se presenta en una faja comprendida entre los 100 a los 1090 m.s.n.m., hay especies de esta familia que sólo se presentan en el piso 0-200 m.s.n.m. como el Basiloxilon brasiliense. Otras como Vochysia Duquei y Hieronyma sp. (Palo colorado) se presentan en zonas de transición, éstas dos últimas pertenecientes a las familias Vochysiaceae y Euphorbiaceae, respectivamente (156).

Conclusiones en cuanto a la distribución florística y altitudinal presentan los trabajos de Ellenberg (46) en el Perú, Lamprecht en Mérida, Venezuela (91) y el de White (164) en Puerto Rico, los cuales en cuanto a resultados concuerdan parcialmente con los obtenidos por Veillon (156).

Mason (103) sugirió, además de los principios de Good, unas pequeñas variaciones:

1. Los extremos de las condiciones climáticas son más significativos que los medios, lo cual confiere importancia a la periferia o límites del área de distribución, donde es más probable que actúen

como limitantes los factores climáticos.

2. La dispersión y el establecimiento son esenciales para la migración de las plantas.
3. La teoría de la tolerancia debiera destacar la importancia de la relación factor--función.

Durante el proceso de crecimiento y desarrollo del vegetal considerado en forma independiente de su especie, mejor dicho de su vigor específico, existen fases críticas que tienen estrechos límites de tolerancia para un factor ambiental particular, lo cual destaca aún las diferencias que se manifiestan en los límites de tolerancia a través de sus fases ontogénicas (103).

Cain (23) adiciona tres conceptos a los de Good y Mason que son: (1) los factores bióticos pueden ser importantes, (2) el medio es holocenótico, es decir, que existen relaciones dinámicas entre los factores ambientales y la totalidad de sus efectos sobre los organismos vivientes; la planta se encuentra por lo tanto condicionada simultánea y colectivamente por todos los factores del medio; (3) las tolerancias tienen una base genética (lo cual se encuentra comprendido en la ley de tolerancia).

En cuanto a los factores limitantes, expresada por Good y establecida por Liebig en 1840 como "ley del mínimo": el crecimiento depende de la sustancia nutritiva que se encuentra en cantidad mínima (51).

Esta ley fue ampliada por W.P. Taylor en 1934 (144) a todos los factores del medio, destacando la acción de un factor sobre los estados críticos del desarrollo, cuando el organismo puede tener tolerancia más estrechas para ciertas intensidades de un factor.

Blackman citado por Wilsie (167) considera las velocidades con las cuales son realizadas las funciones: "Cuando un proceso estaba condicionado, res-

pecto a su velocidad, por un número de factores, la proporción en que se desarrollaba, estaba limitada por aquel que actuaba más lentamente".

En cuanto a la relación de factores sobre el establecimiento de "límites fisiológicos" es Livingston (97) quien establece que: "para cada función vital hay un punto cero máximo y otro mínimo, respecto a cualquier factor condicionante, más allá de los cuales cesa la función. Además, para cada área climática distinta parece haber un tipo correspondiente de vegetación" (97). Este principio es básico en el trabajo de la zonificación de especies de estas líneas*.

Odum en 1959 (117) trata de combinar todas estas teorías estableciendo que bajo condiciones naturales, las plantas parecen estar controladas por tres clases de fuerzas: (

1. cantidad y variabilidad de aquellos materiales de los que se tienen unas necesidades mínimas
2. factores físicos que actúan como críticos
3. límites de tolerancia de las plantas mismas a estos y otros factores del medio.

Wilsie (167) agrega que al aceptar la teoría de la tolerancia, reconocemos que las relaciones ambientales tienen un fundamento genético, y que las variaciones de tolerancia a los factores del medio tienen que ser probablemente tan grandes como las que se observan en las características morfológicas.

En cuanto al factor de compensación o reemplazabilidad, éste ha sido muy estudiado. Wilsie (167) propone que, frecuentemente, una especie puede persistir en la proximidad de la periferia de su área de distribución, en lugares que

* Nota del autor.

no parecen ser su propio medio, gracias al factor reemplazabilidad.

La ley de la relatividad establecida por Lundegardh en 1931 expone que a medida que aumenta un factor en intensidad, disminuye su efecto relativo sobre el crecimiento de la planta (167). Rubel (133) a continuación demostró que la cantidad de un factor considerada normalmente como limitante, puede ser compensada, en parte por otro factor. Estos factores compensantes pueden ser de varias clases, a saber:

1. La elevación puede ser sustituida por la latitud, y que a elevaciones de 1220 a 1830 metros en el trópico, las condiciones climáticas tienen semejanzas a las latitudes de 35° a 45° respectivamente.
2. El grado de inclinación de una pendiente y su dirección pueden ser sustituidos por la latitud. Es decir, una adaptación a la temperatura depende del ángulo de exposición a los rayos del sol, del viento y posiblemente a otros factores del ambiente.
3. El material madre de los suelos puede ser compensado por el clima.
4. La precipitación puede ser reemplazada por la neblina.
5. La textura del suelo puede ser sustituida por la humedad. Por ejemplo, el espárrago crece en suelos arenosos, en estaciones que serían demasiado húmedas si la textura del suelo fuera arcilloso (133).

2.5.1. Factores climáticos

Conocidos y discutidos ampliamente, pasaremos a reseñarlos brevemente.

Numerosos estudios, para mencionarlos detalladamente, establecen que la humedad es uno de los factores principales para el desarrollo y crecimiento vegetal; humedad que se puede manifestar de diferentes formas: precipitaciones, neblinas, rocíos, escarchas, etc., (llamados también meteoros acuosos) y que existe una estrecha correspondencia entre ellos y la biocenosis, determinando

las formaciones vegetales en conjunción con el factor temperatura, principalmente (5, 19, 28, 22, 23, 32, 49, 51, 24, 65, 86, 167). Lo más importante no es el total de milímetros de lluvia o su equivalente lo que cuenta, sino es fundamental y determinante el transcurso de la misma durante el año (5, 51, 121, 148).

Los vegetales han evolucionado presentando diferentes adaptaciones a los diferentes niveles de humedad del aire y del suelo, tales como sistemas radiculares profundos y ampliamente distribuidos, superficie transparente en las hojas reducida con respecto a la que presenta la raíz, etc. (23, 51, 52, 103, 139, 142).

La humedad del ambiente es un elemento principal en la vida y desarrollo de la asociación. La humedad relativa debido a que expresa un porcentaje del agua que podría contener un volumen de aire, y por lo tanto es un índice no muy expresivo de la situación de humedad ambiental. La presión del vapor de agua en la atmósfera es una medida de la cantidad de vapor de agua presente en ella cuando la temperatura se mantiene constante y se expresa en milímetros de mercurio; "el déficit de presión de vapor" es la diferencia entre la cantidad de vapor de agua presente y la cantidad de agua que podría reterner el aire sin condensarse a la misma temperatura y debe de utilizarse este índice cuando se quiere referir a la evaporación potencial de un determinado lugar (5, 121).

El vapor de agua, la neblina y las nubes reducen la intensidad de la radiación solar que llega al suelo, a la misma vegetación, infiriendo por lo tanto también en la variación de la temperatura (5, 51, 37, 75, 139, 142).

La vegetación de zonas de escasa precipitación y alta humedad atmosférica estacional, presentan especies bien adaptadas a dichas condiciones, me -

diante absorción del agua de dichas neblinas o rocíos por intermedio de las hojas; como sucede con el Prosopis tamarugo Phil. en el norte de Chile (142), y probablemente con el Prosopis juliflora en la costa desértica del Perú^{*}; o acumulación de agua en tejidos de reserva como en las cactáceas, etc. (37, 139, 142).

Adaptaciones a medios higrofiticos son características de nuestros bosques tropicales húmedos, sobre todo, en casos extremos como en las asociaciones vegetales que se desarrollan en los pantanos y riberas de los grandes ríos periódicamente inundables (75, 152). Dicha adaptación se constata en los estudios florísticos, así tenemos el realizado por Petit (125) en 1961 sobre tipos de árboles de bosque de tierras bajas perteneciente a las asociaciones climáticas o zonales siguientes: bosque húmedo tropical, bosque seco tropical (ambos en Costa Rica), y bosque muy seco tropical (en Venezuela). Las muestras se tomaron de las ramas bajas de árboles adultos a una altura de cinco metros para las mediciones y observaciones respectivas, siendo las conclusiones siguientes: la longitud y ancho de la hoja, longitud del peciolo, base y ápice crecen más con el aumento de la lluvia desde el bosque muy seco tropical hacia el bosque húmedo tropical, en la zona tropical. Lo mismo podemos decir de los neumatóforos y raíces aéreas y otras adaptaciones propias de dichas formaciones húmedas (125).

En cuanto a la acción de la niebla, Cornejo (37) en su trabajo informa que el agua condensada de las neblinas humedecen el suelo de las lomas de

* BOHORQUEZ, R.J. y HOOKER, L.R. Plantaciones Forestales con fines silvopecuarias; I Proyecto de Plantaciones de Algarrobos. Lima. Dirección General Forestal, Caza y Tierras, 1971. 73 p.

Lachay, Huacho, a profundidades de hasta 1.5 m. y que se puede conseguir una precipitación equivalente a casi 2 milímetros de agua por hora con vientos de 3.6 km por hora. En este lugar las neblinas se presentan casi 8 meses al año de mayo a diciembre, por lo que la cantidad de agua precipitada es considerable.

Soldi y Chávez (139), en un estudio sobre las relaciones que existen entre la altitud y la precipitación en algunas cuencas del Pacífico y del Amazonas, ilustran los siguientes puntos: (a) que en la latitud 13°- 14S, hay que alcanzar una altitud dos veces mayor, para tener una precipitación similar a la que se tiene a latitudes 7°- 8S; (b) que entre cuencas localizadas en la misma latitud y altura se presenta diferencias en la precipitación que son debidas a características locales de topografía, geología, orientación y vegetación.

En cuanto a la variación de la precipitación con relación a la latitud, Amat y León (1), en observatorios localizados entre los 3800 y 4600 m.s.n.m. de la Cordillera Occidental, concluyen que la precipitación disminuye conforme aumenta la latitud, corroborando las conclusiones de Brooks y Hunt (19), quienes han determinado que las precipitaciones de mayor intensidad se presentan en la zona ecuatorial, luego van disminuyendo hacia los 30S, se elevan nuevamente hasta los 45S y luego disminuyen paulatinamente hacia los polos. Estas variaciones son promedios y lo mismo sucede en el hemisferio norte con muy pequeñas variaciones.

La temperatura, según Clarke (32) es el aspecto intensidad de la energía calorífica. El aspecto capacidad de la energía calorífica es de gran importancia, pero la temperatura, aspecto intensidad ejerce una influencia directa más predominante como factor ecológico (51, 167). La transferencia de energía

entre la planta y el medio es de gran importancia, para lo cual deberá de existir una gradiente de energía (51, 167).

La variación de la temperatura es estacional y disminuye del Ecuador a los polos, así como del nivel del mar a las cumbres de las altas montañas. Esta gradiente conocida como adiabática es aproximadamente de 0.6°C cada 100 m que se asciende, variando de acuerdo a la localidat (51, 86, 167). La determinación de la misma es importante para establecer o delimitar las isotermas, para lo cual en el presente trabajo se expone una metodología que se discutirá más adelante*.

En cuanto a la variación de la temperatura y la latitud, se considera al nivel del mar una disminución de 0.5°C aproximadamente por cada 100 kilómetros que se aleja uno de la zona tórrida, variando dicha cantidad de acuerdo a la influencia de las corrientes marinas y otros factores meteorológicos, como son: la continentalidad, turbides, humedad atmosférica, etc. (84).

En estudios numerosos se ha establecido que las vertientes orientadas al sur, en el hemisferio sur, son de 5 a 6°C más frías que las laderas orientadas al norte. La misma relación existe en el hemisferio norte respectivamente. Se comprende que dichas variaciones están también supeditadas a las condiciones de localidat (51, 84, 86, 167).

El efecto conjunto de la latitud y la altitud sobre la temperatura, fue estudiada por Hardy en 1965 (72) comparando las variaciones de las medias de temperatura de tres lugares en la zona intertropical; las líneas que unían las temperaturas medias eran casi líneas rectas, y su diferente posición en el cuadro respectivo se debían a su diferente altitud.

* Nota del autor.

En cuanto al efecto rítmico de la temperatura sobre las plantas, (termoperiodismo) es conveniente anotar los estudios de Went en 1957 (161) sobre la relación que existe entre los límites de las temperaturas diurnas en varias latitudes en relación con el crecimiento nocturno de las plantas. Este autor observó que en Java, a 7° latitud sur, solamente se producen 0.0°C de diferencia entre las nictotemperaturas de los meses más cálidos y más fríos. En Puerto Rico, a 18° de latitud norte, la diferencia es de 3.9°C. En Palo Alto, California, a 37° de latitud norte es de 10°C. En Alamosa, Colorado, la diferencia es de 28.3°C a los 37° de latitud norte; por último en Fairbanks, Alaska, aproximadamente a 65° de latitud norte, la diferencia es de 45°C.

En el mismo estudio, Went (161) define a la nictotemperatura como la temperatura nocturna efectiva en la cual la planta crece y establece una fórmula para calcularla:

$$t_{\text{nict.}} = t_{\text{min.}} + 1/4(t_{\text{max.}} - t_{\text{min.}})$$

La temperatura diurna o fototemperatura fue calculada así:

$$t_{\text{foto}} = t_{\text{max.}} - 1/4(t_{\text{max.}} - t_{\text{min.}})$$

En 1938, Hopkins (76) estableció su llamada "ley bioclimática" estableciendo zonas bioclimáticas, teniendo en cuenta los efectos debidos a los continentes, océanos, corrientes marinas, etc., pudiéndose expresar abreviadamente así: "Un evento biótico en la zona templada de Norteamérica mostrará, en general en primavera y principios de verano, un retardo de cuatro días por cada grado de latitud, 5° de longitud y 122 metros de altitud, hacia el norte, hacia el este y ascendientemente, respectivamente.

Hoy día, parece ser que es la duración de la noche lo que determina muchas funciones y comportamiento de las especies vegetales (94, 161). Algunos

autores arguyen que el factor duración del día compensa, en parte, el retardo de crecimiento ocasionado por el aumento de latitud (75, 76, 84).

Para calcular con la mayor precisión posible el efecto de la temperatura sobre los cultivos se han empleado principalmente los siguientes criterios:

- a. Duración de la estación de crecimiento, es decir, el período comprendido entre la última helada de primavera y la primera helada de otoño; es la estación libre de heladas. Sin embargo, se ha comprobado que esta estación de crecimiento varía notablemente de año en año (28, 99).
- b. El índice fisiológico sobre la proporción de crecimiento de la planta a determinada temperatura, estableciendo una curva característica para cada especie. En la gráfica aplanada se representan ordenadas para los incrementos de crecimiento en milésimas de milímetros y en las abscisas los grados de temperatura. Para expresar el crecimiento proporcionalmente, se dividen las proporciones de alargamiento de cada hora entre el valor de crecimiento obtenido a 4.4°C , temperatura tomada como unidad. Este índice fisiológico se conoce con el nombre del autor o sea Índice Fisiológico de Livingston (97).

Klages (85) comprobó una alta correlación entre la media de la estación libre de heladas (estación de crecimiento) y otros métodos de expresión de la eficiencia termal de una región, tal como el Índice de Thornthwaite y el Índice de Livingston. Afirma, asimismo, que todos estos métodos tienen un valor general respecto a los problemas de la distribución de las plantas.

- c. Los sistemas de unidades térmicas basados en el concepto de que una planta alcanza un estado determinado de desarrollo cuando ha recibido una cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello (167).

La mayoría de los sistemas basados en las unidades térmicas se fundamentan en la suma de las temperaturas positivas por encima de una temperatura base o punto cero de actividad de la planta. Esta temperatura es diferente para cada especie, así se ha fijado la de 4.44°C para la mayoría de las plantas que se siembran temprano, al principio de la esta-ción de crecimiento. Para el maíz se ha establecido la de 10°C para el algodón de 15.5°C . Probablemente para las especies de las formaciones húmedas tropicales dicho límite se inicie alrededor de los 24°C (5, 51, 167).

El número de las unidades térmicas de un día se obtienen restando la temperatura media de aquel día de la temperatura base para la especie en cuestión. La suma de estas unidades térmicas diarias dan el total para el período comprendido entre la fecha de plantación y la de cosecha. Estos valores reciben el nombre de "día grado" y "unidades de calor" a-demás del de "unidades térmicas" (5, 51, 167).

Estas unidades térmicas han sido ampliamente utilizadas en la industria de conservas agrícolas, sacándose de la experiencia de campo, que más importante es la temperatura a la que se encuentra el suelo en el momento de la plantación y a partir de la emergencia de la planta son más importantes las temperaturas del aire (11, 34, 84).

Aunque este sistema de unidades térmicas tiene validez en un sentido ge-neral, no se debe de olvidar que además en el proceso de producción in-tervienen otros factores fitocenológicos como son los suelos, pendien-tes, topografía, latitud, altitud, vientos, vida animal y vegetal del suelo, etc.*

* Nota del autor.

d. Mención aparte merece el factor radiación solar, del cual la temperatura viene a ser una consecuencia. La intensidad de la luz solar medida en gramos-caloría por centímetro cuadrado viene a tener mayor significado que la simple acumulación de la temperatura como sucede con el sistema de las unidades térmicas, que no considera las alternancias del día y la noche y que trabaja con un promedio de la temperatura diaria y no considera los valores extremos de dicha variación, además de que se ha comprobado de que el crecimiento y desarrollo vegetal no son directamente proporcionales al aumento de la temperatura, especialmente para valores sobre el óptimo de temperatura (121).

e. Las unidades fototérmicas establecidas por Reath y Wittwer y luego ampliamente estudiadas por Huttonson (116) se obtienen multiplicando los grados diarios por la duración media de la luz diurna. Esta expresión es menos variable que la simple suma de los grados diarios. Este mismo autor encontró que en elevaciones similares, al aumentar la latitud disminuían los grados diarios y que el sistema fototérmico tiende a eliminar dichas diferencias, debido a la inclusión de la duración del día en dichos cálculos.

Clements (34) observó que en idénticas condiciones, dos plantaciones de caña de azúcar, producía mayor rendimiento aquella que recibía mayor cantidad de insolación que aquellas que eran frecuentemente ensombrecidas. Las diferencias principales entre las dos áreas parecían deberse a la diferencia de irradiación solar y a su absorción. A partir de este descubrimiento se aplicó una medida de insolación conocida como "grados de luz solar" valor resultante de la diferencia entre las temperaturas registradas con termógrafos de bulbo negro y de bulbo blanco. Estos valores

siguen el mismo curso, aunque más débiles que los obtenidos por el piroheliómetro (gr/cal./cm²/seg.)

2.5.2. Factores de Suelos

Se considera importante incluir aquí algunas generalidades de los suelos de la zona en estudio. Así tenemos que Muro (11) al referirse a los suelos tropicales establece que, los de ceja de selva o selva alta como también se le conoce, son:

- a. De origen residual, los cuales se encuentran en las laderas y cerros empleados en agricultura permanente. Los materiales residuales que generalmente se encuentran son: calcáreo (roca sedimentaria de carbonatos de calcio y magnesio); sales (arcilla silícica consolidada); y andesitas (granitos, gneis y otros tipos de rocas preterciarias); y areniscas (arena silícica consolidada).
- b. De origen aluvial en las partes bajas ribereñas del valle del Huallaga, se encuentran suelos cuyo material madre es transportado, es decir, son aluviones que han sido transportados por el río, y que forman terrazas altas o antiguas y terrazas bajas o modernas, que generalmente son inundables; de distinto grado de textura y de gran fertilidad debido al poco tiempo en que han estado sometidos al riguroso intemperismo.

Muro (11) expone que si una región es adecuada al proceso de latolización, los latozoles se formarán cualquiera que sea el material madre. El suelo formado tendrá características propias, típicas, que muestran el clima bajo el cual se ha formado el suelo. Todos los suelos tendrán una característica en cuanto a la influencia climática; si son suelos desarrollados en regiones húmedas y calientes, serán latosólicos y en todos ellos habrán acumulación de sesquiosidos.

El clima por lo tanto ha influido en el proceso edafológico, en su dirección y el material madre influye en determinadas propiedades del suelo, pero cualquiera que sea su material madre dichos suelos poseen características idénticas en su perfil, con presencia de óxidos de fierro y aluminios que les da la característica coloración de rojizos a amarillentos de pH generalmente bajo, debido al intemperismo rápido debido a la acción de los elementos temperatura-humedad sobre la descomposición de los silicatos, siendo los productos de dicha descomposición drenados o recombinados para formar nuevos productos con ausencia de carbonatos (5, 28, 49, 61, 110).

Bornemisza e Igue (18) en su trabajo sobre suelos tropicales exponen que con la determinación del aluminio y hierro total se ha tratado de encontrar información que explicara los procesos pedológicos y edafológicos en los suelos tropicales. De manera general se utiliza para esta determinación una fusión del suelo con carbonatos, incluyendo de esta manera la totalidad de estos elementos presentes en el suelo, tanto las fracciones que no participan en los procesos del suelo como aquellas que participan directamente en ellos.

Continúan estos investigadores informando que si bien se ha encontrado que la determinación del aluminio y del hierro totales aclara varios procesos pedológicos, ésta no ha sido igualmente útil en investigaciones edafológicas, ya que parece que una fracción, y no el total de los óxidos es responsable de una serie de características de los suelos. Así es como investigaciones posteriores han sido orientadas a la identificación de la fracción de óxidos de aluminio y hierro asociados con el complejo coloidal del suelo (18).

2.6. Descripción de las Especies Forestales por Introducir

Aceptada desde ya la premisa de que es necesaria la introducción de plan

taciones en el trópico, y en especial en el caso estudiado: Huallaga Central, se presenta un grupo de especies que ya han dado resultados como especies introducidas en otras regiones del mundo, y algunas cuyo establecimiento y resultados son promisorios. Las especies forestales y la justificación de su escogencia se describen a continuación:

2.6.1. Pinus caribaea Morelet var. hondurensis (Seneclaus) Barret et Golfari

1. Generalidades

La introducción de esta especie forestal en otras regiones del mundo tropical es un notable éxito, dada la plasticidad ecológica de la misma, su rápido crecimiento y rentabilidad económica factible, ofreciéndonos la posibilidad de establecer plantaciones de coníferas con las ventajas que de aquello se obtendría (2, 27, 42, 45, 105, 106, 127, 136, 141, 153).

2. Aspectos Botánicos

La especie P. caribaea reúne tres variedades bien caracterizadas por Barret y Golfari (10) en 1962, distinguiendo:

Pinus caribaea Morelet var. Caribaea (típica)

Pinus caribaea Morelet var. Hondurensis nov. var.

Pinus caribaea Morelet var. Bahamensis nov. var.

De estas variedades reconocidas, la variedad hondurensis es la que más se ha estudiado y difundido por el mundo tropical.

Sinonimia. P. bahamensis Griseb, P. cubensis Sar., P. hondurensis Seneclaus y P. hondurensis Lock.

Nombres vulgares. Pitch pine (Honduras Británica, Nicaragua y Honduras); yellow pine, white pine (Honduras Británica); pino de la costa (Honduras);

ocote blanco (Guatemala); pino caribea de Honduras (América Latina) (10, 122, 141).

Este pino difiere de la variedad típica por tener 3 hojas y a veces 4 y 5 por fascículo; los conos son de 6 a 14 cm de largo. Las semillas articuladas y raramente adnatas. Habita en el litoral atlántico de Centro América continental (10, 100, 122, 141).

Se designa como tipo de árbol el siguiente material: W. Barret-77,582 Augustine, 550 m de altitud, en Mountain Pine Ridge, Distrito de Cayo, Honduras Británica, 5 de noviembre de 1960. Arbol de 10 a 45 m de alto, diámetro de hasta 100 cm dap; hojas comúnmente en grupos de 3 por fascículo, aunque se pueden encontrar de 4 y 5 (Honduras y Guatemala) y excepcionalmente de a 2 (Guatemala). En plantas jóvenes los fascículos con 4 y 5 hojas son más comunes que en las adultas, presentándose hasta de 6; el largo de las hojas varía de 13 a 33 cm; el espesor varía de 1 a 1.5 mm, los canales resiníferos internos de 2 a 5; las vainas de 10 a 16 mm de largo de color castaño claras a parduzcas, nunca oscuras-negruzcas; las flores masculinas en amentos cilíndricos de 25 a 45 mm; los conos oblongos asimétricos, algo encorvados de 6 a 14 cm de largo. Ancho en conos cerrado de 2.8 a 4.5 y en conos abiertos de 6 a 7.5 cm. La madurez de los conos en la costa ocurre en los meses de junio a julio y en el interior en julio y agosto; las semillas angostamente ovoides de 6.5 mm de largo, 3.5 mm de ancho y 2 mm de espesor; tegumento algo más fuerte que en la variedad típica. En un kilogramo entran de 50 a 60 mil semillas (102) a la membranácea castaño oscura, (articulada) exceptuando aproximadamente un 10% que permanece adherida; cotiledones de 5 a 9, promedio de dos distintas procedencias: 6.43 y 6.95 (10, 102). Según Little y

Dorman (96) dicho promedio es 6.58.

Considerables cantidades de pinus caribaea var. hondurensis han sido embarcadas a los principales mercados, tales como EE.UU. y Gran Bretaña, todos bajo la denominación de "pino de Nicaragua". Esta madera ha sido empleada en su inicio en los ferrocarriles y construcciones marinas, donde compite directamente con el pino longleaf (Pinus palustris Mill) y con el Douglas Fir (Pseudotsuga taxifolia Birtt.). El mercado de Nueva York para el pino de Nicaragua ha ido en aumento debido a la escasez del pino longleaf, especialmente en lo que se refiere a grandes dimensiones y por lo tanto surgieron algunas dificultades en lo que se refiere al conocimiento de sus principales propiedades. Las dimensiones principales solicitadas en estos mercados principales son de 4 por 12", 6 por 12" y maderas cuadradas de 8 por 8" a 16 por 16" de sección, y de largo arriba de 50 pies (2, 47, 96).

La madera normal del pino de Nicaragua es estrechamente parecida a los pinos amarillos, especialmente a Longleaf y Slash del sureste de los EE. UU. (47, 27, 98). La madera del corazón o duramen es marrón rojiza y distinta de la amarillenta clara de la albura (98, 106). Los canales resiníferos son abundantes y generalmente prominentes, especialmente en la ligeramente coloreada albura y en la madera temprana del duramen (98, 106, 136).

El contenido de resina del duramen es ampliamente variable, pero definitivamente en mayor proporción que en el pino Longleaf, variando arriba del 40% o más del peso seco de la madera. La resina imparte un pronunciado característico olor a la madera y también materialmente aumenta su peso (98, 106).

La madera es de grano derecho y bastante grosero en su textura; una marcada distinción entre el pino caribaea y los pinos longleaf y slash del sureste de los EE.UU., se encuentra en la distribución de la madera tardía en el crecimiento de los anillos. En la mayoría de los pinos de Nicaragua los anillos de crecimiento aparentemente no consistían de una sola banda de madera temprana sino de algunas bandas de cada una, variando considerablemente en número y anchura, aún en la misma unidad. Usualmente hay dos o más bandas estrechas de preliminares bandas de madera tardía con una banda ancha final que aparece al final de la estación de crecimiento; pero frecuentemente las bandas son tan cercanas unas de las otras y del mismo ancho que es dificultoso o imposible decidir donde un anillo de crecimiento nace y comienza el siguiente (102, 103).

Pruebas Mecánicas

Los métodos usados fueron los del Servicio Forestal de los EE.UU. y conforme a los patrones adoptados por la American Society for Testing Materials (ASTM). Las tres especies se han trabajado con 12% de humedad.

Los resultados de las pruebas en madera húmeda se exponen en el Cuadro 2.

Cuadro Nº2 VALORES COMPARATIVOS DE TRES PINOS (MADEPA HUMEDA)

Clase de Prueba	P. caribaea	P. palustris	P. elliotii
Peso específico	0.66	0.57	0.56
<u>Deformaciones estáticas</u> ²			
-Tensión en el límite proporcional	397600	330400	357000
-Módulo de ruptura	664300	605500	623000
-Módulo de elasticidad	124880	121170	110600

1. Valores tomados del U.S.Dpto. Agr. Tech. Bull. 479

2. Gramos/centímetro cuadrado

Cuadro N°3 VALORES COMPARATIVOS DE TRES PINOS (MADERA SECA)

MODULOS	<u>P. caribaea</u> (4)	<u>P. palustris</u>	<u>P. elljottii</u> (1)
<u>Deformaciones estáticas</u> (2)			
- Tensión en el límite proporcional	724500	674800	686000
- Módulo de ruptura	1217300	1138900	1113000
- Módulo de elasticidad	170100	163800	144200
<u>Comprensión paralela</u> (2)			
- Tensión en el límite proporcional	457800	444500	439600
- Fuerza máxima de ruptura	637000	633500	637000
<u>Comprensión perpendicular</u> (2)			
- Tensión en el límite proporcional	144900	115500	97300
<u>Dureza</u> (3)			
- Radial	98700	75600	70700
- Tangencial	104300	84700	
- Terminal	91000	77700	75600
<u>Tensión máxima de astillado</u> (2)			
- Radial	128100	121800	121100
- Tangencial	133700	112000	121100

(1) Valores tomados U.S. Dpto. Agr. Tech. Bull 479

(2) Gramos/centímetro cuadrado

(3) Gramos para incurstar una bola de 1.1 cm de diámetro hasta la mitad de su diámetro

(4) Maderas clasificadas para especímenes que tienen 30% o más de madera tardía.

3. Centro de Origen y Distribución

Este pino se encuentra distribuido en masas discontinuas ubicadas entre los 18° (Orange Walk, Honduras Británica) y los 12° latitud norte (Blue field, Nicaragua), desde el nivel del mar hasta un máximo de 850 m.s.n.m. (10, 106).

Los bosques de pinos en Honduras Británica cubren un área aproximada de 250,000 ha de las cuales un poco más de la mitad están clasificados como bosques de corona. Ellos se presentan en diferentes sitios, los planos costeros y las montañas, presentando por lo tanto diferencias ecológicas que deberán de tomarse en cuenta al adquirir semillas (10, 106, 153).

McWilliam y Richards (106) enviados a Honduras Británica realizaron un estudio de este pino y presentaron un informe al Queensland Forestry Department, el cual examina los rodales naturales, en forma detenida.

4. Ecología

Existen grandes variaciones climáticas dentro del área de distribución de este pino. En la planicie costera se registran temperaturas que varían de 24° a 27°C con poca variación estacional y lluvias abundantes de hasta 3500 mm con un corto período de seca de 2 a 3 meses, condiciones de un bosque higrofítico, y la región interior de mayor altura con clima subtropical con temperaturas que varían de 20° a 24°C con mayor variación estacional y lluvias escasas desde 950 mm a más y con un largo período de sequía de hasta 6 meses, que corresponde a un bosque xerofítico. Toda el área está libre de heladas, correspondiendo la mínima absoluta a 2°C en la región más elevada del interior (106).

Los suelos que pertenecen al grupo de latosólicos (rojos, pardos rojizos y amarillos) se han desarrollado sobre distintas rocas madres como gra ..

nitos, esquistos, areniscas (Mountain Pine Ridge), andesitas como en el interior de Honduras y dolomitas en Petén, Guatemala (2, 106).

En la planicie costera los pinos crecen sobre suelos pobres, arenosos a suelos areno-limosos como en Honduras Británica o de rodados silíceos y arenas gruesas como en Nicaragua (106).

Los suelos normalmente consisten de arenas permeables, con un subsuelo arcillo, los cuales están caracterizados por su baja fertilidad y a menudo drenaje impedido; estas características ecológicas dan por resultado una vegetación conocida como "pine ridge" (lomas de pinos), aunque esto es algo engañoso, debido a que la topografía es plana a ligeramente ondulada y hay también alguna variación en la calidad del sitio. Aquí los rodales se presentan muy ralos con menos de 30 árboles por 0.4046 ha. En áreas no protegidas de los fuegos hay una completa ausencia de regeneración natural; los rodales son maduros como se evidencia por las copas o coronas achatadas y ramas muertas o moribundas de muchos árboles. La forma y apariencia general de los rodales no es impresionante debido mayormente a las pesadas cortas, las cuales han sacado la mayoría de los árboles sanos dentro de la clase de 105 cm y más, y por supuesto, debido también a los fuegos anuales. La mayoría de los rodales promedian en esta zona entre 18 a 24 m de altura y son probablemente mayores en exceso de los 60 años de edad. La edad actual es difícil de determinar debido a la irregular producción de los anillos anuales. Los pinos que se presentan en los claros del "pine ridge", a lo largo de los ríos y hacia el pie de las montañas son de mejor calidad; se presentan como árboles diseminados o en grupos arriba de los 27 m de altura y usualmente en la madurez son mucho más altos, debido probablemente al ambiente favorable del suelo y lo menos frecuente de los fuegos (10, 47, 54).

Los bosques de la planicie costera han tenido una larga historia del fuego, probablemente data desde la temprana civilización Maya, y aún más atrás. Estos fuegos son usualmente fuegos de grass o bajos; destruyen toda la vegetación baja y la regeneración pequeña menos de los tres años destruyendo o retardando el alargamiento de los plantones. Las heridas de la corteza de los árboles grandes son seguidas por ataque de termites (10, 106).

Cuando las hierbas son del género *Pteridium* sp. o dumbcane y *Tripsacum* sp., los fuegos del piso pueden alcanzar las coronas, los cuales pueden causar la muerte de grandes rodales de árboles y toda la regeneración. Según las estadísticas, sobre una sola área, un estimado de 300 millones de pies de pino en 1928, ha sido reducido a 70 millones de pies en 1942, solamente debido a esta causa (2, 10, 106).

En las áreas protegidas del fuego, la regeneración es buena y en pequeñas islas naturales que han escapado a los efectos de los fuegos por largos períodos, el pino se presenta como un árbol bastante diferente, derecho, vigoroso, con ramas finas y bien desarrolladas, copas sanas (10, 28, 105, 106).

Debemos anotar que la reacción de los suelos es ácida, variando de 6.5 (El Zamorano, Honduras) hasta 4.3 (Puerto Cabezas, Nicaragua) (106).

El otro tipo de bosques de pinos del interior y caracterizado por lo variado de su topografía es el denominado "Mountain pine ridge" en el cual encontramos rodales más dispersos de pinos cubriendo un área de 57,500 ha, de las cuales 31,250 ha están como Reservas Naturales Permanentes. El crecimiento y desarrollo de los pinos es de lo mejor en los valles protegidos y sobre las suaves colinas de la cuenca granítica donde se

presentan algunos buenos rodales. Los rodales parecen ser mejores que los de la planicie costera. La elevación ocupa una sección del norte y de las montañas mayores dentro de una altitud de 300 a 1000 m, sin embargo, el grueso de los rodales se presentan entre los 300 y 600 m (106).

La geología de la zona es variada, así se presentan suelos graníticos cuarcitas, pizarras y esquistos. Los mejores rodales se presentan sobre suelos graníticos en una depresión o cuenca la cual se encuentra en la sección oeste del área con buen drenaje, al este del río Belize (10, 106).

La precipitación en esta zona varía de 775 mm a 1825 mm, teniendo un promedio de 1300 mm. Algunas lluvias caen en cualquier mes del año, sin embargo, hay una bien definida época seca de febrero a mayo y una estación húmeda de junio a diciembre. En el sur de la colonia se registran lluvias anuales de 1500 mm (10, 61, 106). A continuación se presentan algunos registros de estaciones meteorológicas:

Cuadro Nº 4 DETALLES DE ALGUNAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DE HONDURAS
BRITANICA (106)

Estación	Localidad	Lluvia	Período/ años
Punta Goda	Costa Sur	4250 mm	24
Stann Greek	Costa Central	2075	16
Belize	Costa Central	2025	25
Cayo	Interior Central	1625	18
Mt. Pine Rge.	Alturas Centrales	1300	4

Al compararse analíticamente la forma costera con la forma de montaña en la Hondura Británica, se han encontrado pequeñas diferencias que no son suficientes para considerarlas entidades morfológicamente distintas. En la costa, los conos son más pequeños, el tamaño y peso de la semilla es también menor (10).

Aquí es conveniente anotar que en un piso superior y a continuación de la formación de pinos caribaea var. hondurensis, se encuentra otra formación de Pinus occarpa Schiede; en la zona de contacto de ambas especies existen numerosas formas intermedias (10, 106).

En cuanto a los suelos más apropiados para efectuar las plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis, fuera de su habitat natural, se han ensayado plantaciones de este pino en diferentes clases de suelos. Groulez (69) informa que se han hecho plantaciones de pinos en tres clases de suelos; en altitudes que van de los 0 a los 600 m.s.n.v.; estos suelos son: suelos arenosos, arenas graníticas y suelos provenientes de la descomposición de esquistos, serpentinas, porfiritas, lateritas. Concluye en que este pino puede desarrollarse en suelos pobres, pero que no crece más allá de una decena de metros y que no soporta suelos calcáreos; pero soporta bien los suelos pantanosos (2). Houtte (77) informa que en suelos de primera calidad, una plantación de este pino a una distancia de 2.75 por 2.75 m en 35 años da un volumen de 455 m³; en suelos de calidad 2, se obtienen 355 m³, y en suelos de calidad 3, se obtienen 175 m³ por hectárea. Así mismo, informa que mejores resultados en Sudafrica se han obtenido con Pinus insignis, patula y pseudoestobus a los 30 años (hay que tener en cuenta que la estación no es la más apropiada para el pino de Nicaragua).

5. Aspectos Silviculturales

Mitchell (109) informa que los primeros ensayos se efectuaron en Malaya en 1953 sobre suelos graníticos cubiertos con un pasto muy dominante llamado Imperata cylindrica Beauv, en Malaya Central. En Belukar, se han establecido plantaciones sobre suelo pizarroso, aclareado de la maleza. Los resultados son buenos, los árboles están fructificando, pero la semilla es de baja viabilidad (109).

Huddleston (78) informa que en New South Wales (Australia), este pino desarrolla muy bien sobre suelos pobres y con 125 cm de lluvias anuales, que caen principalmente en verano y con períodos ocasionales de sequedad debido a los suelos de naturaleza pizarrosa.

Lamb (90) informa de una producción de 2.24 m³ en Trinidad a 11°N en infértiles tierras pantanosas de arena fina hasta 16.8 m³ en Zululand al nivel del mar y con 28°S en suelos profundos arcillosos-arenosos.

El desarrollo de este pino en Puerto Rico también es promisorio según el Reporte Anual del Instituto Forestal Tropical de Puerto Rico (27, 79), en el cual se informa que sobre suelos arenosos y arcillosos, a los dos años de edad se obtuvieron las siguientes mediciones:

Suelos areno-arcillosos

Altura media superior 1.17 m; promedio 0.84 m ; más alto 2.4 m

Suelos arcillosos:

Altura media superior 1.23 m; promedio 0.72 m ; más alto 1.80 m.

Golfari (59, 60) expone que este pino ha sido introducido en las siguientes regiones:

- a. Tropical monzónico: en Trinidad, con mucho éxito y muy promisorio en Jamaica, Puerto Rico, Guayanas, Sierra Leona, Federación Malaya, Islas Fidji (Oceanía) y Pará (Brasil).
- b. Subtropical monzónico: Costa Norte de Natal, República de Sudáfrica y costa de Queensland al norte de Rockhampton, con mucho éxito. Las plantaciones establecidas en Sao Paulo y Tucumán son promisorias. Así por ejemplo, Slee (137) manifiesta un extraordinario crecimiento invernal de este pino, en su fase inicial; también las observaciones de otros investigadores como McWilliam y Richards (106), Lojan (99), Luckhoff (100) y otros investigadores (71, 98, 136, 153), que sería largo enumerar; sin embargo, es conveniente presentar la recopilación de Wadsworth (157) que se presenta en el cuadro N° 5.

Cuadro N° 5 CRECIMIENTO DEL P. CARIBAEA VAR. HONDURENSIS EN PLANTACIONES (157)

P a í s	Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)	A. Basal (m2)	Volumen (m3)
Guayana Británica	5	13	13	25	32*
Honduras Británica	5	10	6	5	80
Jamaica	6	13	11	11*	43*
Trinidad	6	14	11	11	43
Honduras Británica	7	17	8	23	35
Honduras Británica	8	18	10	28	48
Honduras Británica	11	20	12	15	74
Honduras Británica	13	19	11	22*	105
Honduras Británica	14	18	13	20	110

*

Valores estimados

Luckhoff (100) presenta los datos de crecimiento de P. caribaea var. hondurensis en una plantación de Dukuduku, Zululand, Sudáfrica, como se indica en el cuadro N° 5.

Cuadro N° 6 CRECIMIENTO DE PINUS CARIBAEA VAR HONDUPENSIS EN DUKUDUKU,
ZULULAND, SUDAFRICA (100) (POR HECTAREA)

Edad años	DAP s.c. cm	Altura m	Volumen s.c. m ³	Volumen total m ³	Incremento medio anual m
29	34	26	152	261	9
34	47	28	190	298	9

Si bien este incremento anual medio no es muy significativo, debemos de tener en cuenta que el mismo ya se mantiene estacionario, lo cual indica que el turno de corta debe de localizarse probablemente a edad muy temprana.

En la misma zona Pointon (127) en 1957 informa que en una plantación de más de 8 años es más prometedora que cualquier otra ensayada. En 1955 se plantaron 1962 ha por el estado; las plantaciones tienen un crecimiento de 2.10 m por año en los primeros cinco años. Las copas cierran despacio y las malas hierbas pueden ser un problema los primeros años. El mismo autor informa que en el norte de Langepan a los siete años se obtuvo con 540 plantas por 0.4046 ha un DAP de 19.25 cm; una altura de 10.5 m y un volumen de 0.112 m³, y que en Dukuduku a los 27 años se obtuvo en 170 plantones por 0.4046 ha un DAP de 44.25 cm; una altura de 21 m y un volumen de 1.288 m³. por árbol.

En Malaya, Mitchell (107, 108) informa de varias especies introducidas, refiriendo que en 1953 el pino de nicaragua fue introducido en diferentes localidades, no habiéndose detectado plagas ni enfermedades graves. En una plantación de nueve años sobre el pasto Imperata y con un distan

cimiento de 2.4 por 2.4 m, en suelo arcilloso-limoso, granítico degradado con 200 árboles iniciales, supervivieron el 83%, dando las siguientes medidas: circunferencia media a la altura del pecho 49.25 cm; incremento medio anual de circunferencia 5.5 cm, altura dominante 16.4 m, máxima circunferencia 112.5 cm.

Barnard y Beveridge (7) informan que la mayoría de las plantaciones en Malaya se están efectuando bajo los 160 ms..n.m. con precipitaciones que oscilan entre 275 a 325 cm y temperaturas de 28° a 33°C a 22° a 23°C, con lluvias en verano.

2.6.2. Toona ciliata M. Roem var. Australis

1. Generalidades

La Caoba y el cedro son dos especies forestales muy explotadas en América Latina por su alta calidad, siendo muy cotizadas en el mercado mundial. Estas dos especies pertenecen a la familia de las Meliaceae y los esfuerzos por establecer plantaciones de ellas han fracasado principalmente en el Perú, porque éstas son susceptibles al ataque de la larva de una mariposa Hypsipyla grandella Zeller, un barrenador que ataca varias partes del árbol, pero principalmente los brotes. Los daños causados son principalmente a los brotes terminales y como consecuencia la muerte de éstos, provocando la formación de numerosos brotes secundarios que producen deformaciones posteriores en el tronco del árbol. Los repetidos ataques del barrenador producen también la disminución del crecimiento del árbol e incluso pueden causar la muerte de los árboles jóvenes (16).

En el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, se ha observado en la prueba de especies forestales que la especie

Toona ciliata var. australis introducida de Australia está libre de ataques del barrenador Hypsipyla grandella Zeller, mientras que las especies nativas Cedrela odorata, Swietenia macrophylla, Swietenia humilis cultivadas en el mismo arboreta eran fuertemente atacadas por el barrenador (68).

Esta importante observación sobre la Toona ciliata var. australis hace necesaria una urgente investigación sobre las posibilidades de la introducción en el continente Americano de dicha especie, basada sobre todo en la necesidad de intensificar las plantaciones forestales de maderas finas que puedan en un futuro cubrir la gran demanda que de ellas se hace, sobre todo en la planificación a largo plazo (68).

2. Aspectos botánicos

Nombres botánicos (16, 25, 31, 132, 138):

1. Toona ciliata M. Roem
2. Toona ciliata M. Roem var. australis (F.V.M.) C.D.C.

Sinónimos (16, 25, 68, 132, 138):

1. Toona ciliata: Cedrela toona Roxb. ex Rotl.
2. Toona ciliata var. australis: Toona australis Harms;
Cedrela australis F.V.M.

Existe mucho desacuerdo entre los botánicos sistemáticos con respecto a esta especie ya que las especies de este género, asiáticas se parecen tanto a la Cedrela de América Latina que de Candolle (25) las agrupó a todas en el género Cedrela. En 1846 Roemer (132) separó los géneros asiáticos en el género Toona. Recientemente esta separación ha sido confirmada por Smith (138) en su revisión del género Cedrela y las distingue por las siguientes razones:

- a. Entre las importantes diferencias morfológicas figura la columna que forma al ginóforo en Cedrela y su ausencia en Toona.
- b. En Cedrela los filamentos están adnatos a la superficie del ginóforo, mientras que en Toona los filamentos expandidos forman un tipo de almohadilla en la cual el ovario involucrado está parcialmente cubierto.
- c. Los pétalos de Cedrela están adnatos al ginóforo por medio de una carina en la superficie interior. Los pétalos de la flor de Toona están conectados por su base misma al ápice del pedicelo, muy abajo de la masa de filamentos expandidos.
- d. En Toona el cáliz está formado por cinco lóbulos bien diferenciados, soldados brevemente en la base, consecuentemente el cáliz se abre en forma plana o refleja el antesis. En vista de que los pétalos están soldados solamente al ápice del pedicelo, éstos también se abren ampliamente. En Cedrela los segmentos del cáliz están soldados formando una copa, la adnación de los pétalos al ginóforo permite su apertura solamente encima del punto de conexión.

Debemos dejar constancia que (112) existen 20 variedades de la especie

Toona ciliata.

Descripción: Los árboles del género Toona son árboles deciduos, grandes, que pueden alcanzar alturas de 50 metros con diámetros de 1.50 m (16, 23, 85, 163). Tronco recto monopodial con un 75% libre de ramas; las gambas son frecuentes, por lo menos en áreas tropicales y subtropicales (31, 80). La corteza de árboles maduros tiene un color gris café rojizo, con un grosor de 6 - 15 mm. La caída de la corteza es por escamas grandes (ritidomo). Cortando la corteza se pueden diferenciar dos capas, la capa

exterior que tiene un color rojizo, mientras que la capa interior, floema, tiene un color blanquecino; generalmente posee un líquido de color oscuro con un olor agradable y un sabor amargo (16, 25, 52, 85, 163).

Las hojas son deciduas, alternas, pendientes, compuestas, frecuentemente paripinadas, de 30-50 cm de largo, 6 - 12 pares de foliolos, con frecuencia 7. Benthall (16) indica que las hojas de Toona ciliata pueden tener hasta 100 cm de largo. Los foliolos son opuestos o casi opuestos, glabros, oval lanceolados, obtusos en la base, acuminados en el ápice, 8 - 13 cm de largo y 7 - 8 cm de ancho, los márgenes a veces ondulados, los lados a veces desiguales y curvados de un color verde brillante en las hojas ma duras y rojizo en las hojas jóvenes. Los pecíolos de las hojas foliolares miden aproximadamente 6 mm (16, 29).

La variedad *australis* tiene hojas alternas compuestas, pinadas con 3 - 8 pares de foliolos, cada una con apariencia de una hoja ordinaria, lados desiguales, con pecíolos de menos de 1 cm de largo (53).

La inflorescencia es una panícula terminal pendiente que lleva flores blancas hermafroditas olorosas, cáliz en cúpula, pulverulento en el exterior con cinco sépalos cilióides; cinco pétalos oblongos cilióides; disco amarillo pubescente, más corto que el ovario; ovario pubescente, estilo glabro, cinco estambres con filamentos glabros o pubescentes (16, 26, 29, 158), el estilo termina en un estigma redondo y plano (138).

Smith (138) cree que el androceo de *Toona* se deriva de un tubo estaminal por la razón de que los estaminodios están alternados con sus estambres y por la existencia de la masa de tejido, alrededor del ovario.

En cuanto a la floración de esta especie en la India florece en febrero-marzo (16, 53). La variedad *australis* florece en setiembre-octubre. La floración es constante todos los años.

Los frutos son cápsulas pediceladas, oblongas, leñosas, 2-2,5 cm de largo y 1 cm de diámetro aproximadamente, abertura apical en cinco valvas; contiene semillas con alas membranosas a ambos lados insertadas en cinco cavidades de la columna central; 4-5 semillas en cada cavidad (53).

Smith (138) indica que los frutos de *Cedrela* y *Toona* son prácticamente similares, siendo la principal diferencia entre las dos especies el grado de desarrollo. Los frutos de *Toona* son más pequeños y la columna en el fruto es solamente angulada, mientras que en el género *Cedrela* es alada. En *Toona* no se encuentra un área apical estéril como sucede con el género *Cedrela*.

Los otros géneros de la familia Meliaceae se diferencian de estos géneros debido a que presentan 8-10 estambres unidos en un tubo, entre otras diferencias anatómicas (53, 138).

3. Centro de origen y distribución

Toona ciliata var. *australis* y sus otras variedades tienen una distribución muy amplia, encontrándose en la India, al este de Paquistán, Birmania, Tailandia, el sur de China, Nueva Guinea y Malaya, en el archipiélago de Bismark, Célebes, Molucas y Filipinas, en los valles del Himalaya hasta los 1300 m.s.n.m. Se encuentra al borde los ríos o en precipicios sombríos desde Assam, Bengala, hasta el oeste de Ghats. Muchas veces también se encuentra en los bosques tropicales húmedos (16, 73, 87). Según Kraemer (87) la especie se encuentra en todo el Pacífico Oeste, pero en ningún lugar es abundante; se extiende desde las zonas de bajura hasta los 1700 m.s.n.m. en las laderas de las montañas. *Toona ciliata* tiene una distribución natural en el este de Australia, desde Ulladulla, al sur de Sydney, en el Estado de New South Wales hasta Atherton en el Norte de Queensland (53,57).

La especie se encuentra en su medio natural en comunidades heterogéneas, en asociaciones con otras especies como Freycinetia excelsa una trepadora del género Pandanaceus y helechos que viven sobre el tronco del árbol como los de la especie Asplenium nidus, conocidos como helechos budis de pájaros; además de otras Meliaceae como los géneros Dysoxylum y Melia (13).

4. Ecología

Existe una gran disparidad de criterios, términos de referencia y terminología seguidos por varios autores en las descripciones de las regiones ecológicas, climáticas y forestales, por lo que no es posible por el momento adoptar ninguno en particular. El Instituto Forestal Latinoamericano de Mérida, Venezuela (49) ha iniciado una compilación, pero para su adopción es necesario que los técnicos de las diversas regiones lleguen a un acuerdo al respecto. En la actualidad hay una tendencia a establecer zonas de vida natural (75, 150).

Los bosques pluviales siempre verdes tienen su centro en la cuenca del Amazonas, pero se dan también las mismas características ecológicas en las mesetas de las Guayanas, Orinoco, América Central e Islas del Caribe, formando subtipos locales (75, 92, 150).

Estos ecosistemas característicos de los bosques higrofiticos se les encuentra sobre roca madre de origen cenozoico arcaico o igneo y los suelos franco arenosos, bajos, arcillosos con horizontes impermeables, problememente aireados, ácidos y con escaso mantillo, de color rojizo, lateríticos y posólicos; el humus en algunos casos puede ser abundante y mullido, pero de muy poca duración, ya que los factores ambientales de estos ecosistemas son extremos y tienden a descomponer rápidamente la materia orgánica. Los suelos son pobres en su mayoría y este proceso de laterización se pronuncia

cuando por alguna razón el bosque se elimina, se descubre el suelo y se le somete al intemperismo, rompiéndose el equilibrio del ecosistema desde su base misma, desde su nivel trófico más inferior (5, 32, 49, 51, 59, 60, 84, 86, 92, 110, 117, 121, 131).

En estas zonas se encuentran viviendo especies de la familia Meliaceae con precipitaciones promedio de 1500 mm, alturas hasta de 500 m.s.n.m. con más de 100 mm/mes, con un promedio de temperatura superior a 24 grados centígrados y con una humedad relativa de 80% aún en los meses más secos (5, 49, 55, 131). Al lado de la *Swietenia macrophylla*, se encuentran también especies de *Bertholletia*, *Castilla*, *Cybistax*, *Ocotea*, *Mora*, *Hevea*, *Dalbergia*, *Hura*, ect., entre las más frecuentes y con quienes la *Toona ciliata* var. *australis* podría desarrollarse apropiadamente ya que el medio natural de ésta última se semeja mucho a la anterior zona ecológica (68).

La *T. ciliata*, en su distribución natural se presenta en regiones con una precipitación que varía de 1125 a 4000 mm al año (26, 28, 141); la estación más seca es generalmente de 3 a 4 meses. La especie prefiere suelos o sitios húmedos, pero crece también bajo riego y en sitios más secos (13, 26, 68). Strets (141) indica que la especie pueda crecer también bajo condiciones climatológicas relativamente secas si se la riega en su juventud, como se hace en la India. Chevalier (29) observa que la especie crece también en la región de los monzones con una estación seca y prolongada, y a la vez se encuentra en zonas templadas en la Chira. *Toona ciliata* se adapta también a condiciones bastantes secas (800 mm por año) si está plantado en un suelo bueno, con un nivel freático accesible en la época seca.

En turrialba, Costa Rica, donde la precipitación del mes más seco es de 50 mm, no se ha notado que la especie pierda sus hojas (68) como sucede en India, cuando la temperatura baja. La especie y su variedad *australis*

con árboles de rápido crecimiento y exigentes en luz, aunque en su juventud son tolerantes a la sombra (10, 28, 68).

La variedad *australis* se encuentra en los bosques tropicales pluviales de la costa de Nueva Gales del Sur y Queensland, Australia donde la precipitación generalmente equivale a 1500 mm/año (53); la distribución de la lluvia varía desde uniforme en Nueva Gales del Sur, hasta concentrada en el verano en Queensland. La temperatura varía, en el área de distribución natural de la T. ciliata de 43°C a 1°C. La especie tolera ligeras heladas (13, 53, 141).

En cuanto a suelos, la especie y su variedad *australis* se desarrolla preferentemente en la parte inferior de las pendientes con un suelo rico y bien drenado; también se le encuentra en los bordes de los ríos. No soportan suelos compactos arcillosos ni suelos arenosos pobres. Tiene cierta preferencia por los suelos calcáreos (26). El sistema radical es superficial necesitando un buen abastecimiento de agua y elementos minerales en los horizontes superficiales del suelo. Es muy importante anotar que la T. ciliata es un poco más resistente a la humedad excesiva del suelo que la *Cedrela* sp. (*odorata* en especial). Kraemer (87, 88) indica que en la región del Pacífico Oeste, la especie prefiere los suelos aluviales profundos bien drenados y crece también en inclinaciones de montañas bajas hasta alturas de 1700 m.s.n.m.

Para efectuar plantaciones con estas especies el técnico forestal deberá tener en cuenta una serie de factores de equilibrio ecológico, debiendo de estudiar las posibles alternativas como la de talar el bosque original para efectuar la plantación o por otro lado hacer el mejor uso posible de las sucesiones naturales, en lo que conocemos por purma o bosque secun-

dario, empleando las respectivas técnicas silviculturales (55, 68, 92, 153, 157, 166, 170).

En la elección de las especies debe de prestarse especial atención a la tolerancia recíproca y al riesgo sobre todo de ser eventualmente desplazadas por otras especies colonizadoras por excelencia en dicho medio, estableciéndose tensiones antieconómicas, si consideramos que dichas plantaciones pueden tener un turno medio de 50 años para aserrío. Se plantea esta posibilidad en el caso de que se haya decidido efectuar una plantación mixta de T. ciliata con alguna otra u otras especies forestales que sería lo más apropiado y cuya determinación queda a cargo de una futura investigación (55, 68, 92, 153, 157, 166, 170).

5. Aspectos Silviculturales

El fruto de esta especie es una cápsula, fructificando todos los años recomendándose recolectar las cápsulas de los árboles poco antes de que estén totalmente maduras. Las cápsulas recolectadas se colocan en tendales al sol para abrirse, para luego separar las semillas con la ayuda de zarandas (26, 68).

Las semillas son liviana, por gramo hay 280-425 semillas (102), en la variedad australis encontramos un promedio de 306 semillas. Las semillas pueden ser almacenadas un año en recipientes herméticamente cerrados y envasados en seco. Según Letourneux (95) se pueden almacenar las semillas en sacos de yute por un año perdiéndose solamente un 20% de su poder germinativo. La germinación de semillas frescas de Toona ciliata es buena y se indica un promedio de 90% después de 8-12 días (95). En Turrialba, semillas frescas de la variedad australis germinaron en un 84% en condiciones de laboratorio. Aparentemente existe una correlación entre el peso de la semilla

y el porcentaje de germinación. La especie puede ser propagada también por medio de estacas (141). En Turrialba, Costa Rica (68) se efectúa la germinación en pequeñas cajas de madera o zinc de un tamaño de 50 x 30 x 10, de las cuales se sumerje la parte inferior en agua, mojando así el medio de germinación por capilaridad. Como medio se usa un suelo fértil fino desinfectado y se cubren las semillas con una capa delgada de unos 2 a 3 cms de grosor. En vista de que las semillas son pequeñas, es conveniente colocar las cajas de germinación bajo techo aparente para proteger las plantitas recién germinadas contra la lluvia y la excesiva radiación. El repique se efectúa después de dos semanas cuando las plantitas tienen sus primeras hojitas y unos cinco centímetros de altura. La siembra directa en el campo no es recomendada, debido al poco tamaño de las semillas, aparte de todos los inconvenientes que este método presenta en la práctica silvicultural (68).

La plantación en el campo se efectúa en algunos lugares mediante tocones plantones deshojados o plantas de vivero. En Africa tropical se usan plantas de un año de edad, que tienen alrededor de 1.20 m de altura (163). Estas plantitas son plantadas al final de la época seca o al comienzo de la época de lluvias. En la época de lluvias se pueden plantar los tocones que tienen unos 7 cm de largo y unos 25 cm de raíces (26). Estos tocones puede ser almacenados hasta por 6 semanas en un medio húmedo dando los mejores resultados cuando son plantados en forma inmediata a su obtención. En Turrialba, las plantas al ser trasplantadas al campo tienen una altura de 30 cm (68).

El enraizamiento superficial y las grandes necesidades de la especie en cuanto a agua y elementos nutritivos, exigen que el espaciamiento sea

amplio; en Africa tropical (26) un distanciamiento de 4 x 4 es sugerido como mínimo y un 6 x 6 es considerado como promedio. No obstante se ha constatado en Puerto Rico que la especie tiene un desarrollo más pobre que la Cedrela odorata, en campo abierto (151). La experiencia con la variedad australis en Turrialba indican que las plantaciones a 2 x 2 m se cierran al cabo de un año, por lo cual se podría recomendar un mayor espaciamiento, quizá un 2.50 x 2.50, por ejemplo (68).

Las plantas jóvenes son susceptibles a la competencia de las malas hierbas, por lo cual se debe de mantener limpias las plantaciones durante los primeros años; las prácticas de podas son innecesarias (26).

En cuanto a crecimiento dentro del bioma que le es característico, un bioma de selva, la literatura no da información sobre su incremento anual.

Los datos que se tienen son de plantaciones; así tenemos que en Africa tropical (26) se calcula que las plantaciones en buenos suelos pueden obtener diámetros de 50 cm en unos veinte años. Letourneux (95) indica un espaciamiento de 2 x 2 y un espaciamiento de 2.5 x 2.5 más recomendable; informando un crecimiento inicial más lento, en el primer año solo 30 cm; pero observa un desarrollo subsecuente mucho más rápido y que a los 22 años tiene una altura de 19 m y una circunferencia de 55 cm.

En Hawai esta especie está considerada como la especie más prometedora de las especies introducidas; una plantación de 22 años tenía una altura que variaba entre 30-36 m y un diámetro entre 25 y 55 cm. En esta isla se ejecuta la plantación a raíz desnuda, con plantas de 30 a 60 cm. Aparentemente esta especie se adapta mejor a zonas bajas que a de mayor altura (68; 87, 89, 141).

En Turrialba la especie ha sido plantada en doce localidades y no ha sido atacada en ningún lugar por el barrenador de la Hypsipyla grandella Zeller (68). El desarrollo de la Toona ciliata var. australis es sumamente rápido y prometedor (68). La inmunidad de T. ciliata var. australis al ataque del barrenador de Hypsipyla grandella es lo más notorio y convincente en las pruebas de parcelas de árboles individuales, donde se ha efectuado la plantación a tres metros de distancia de Cedrela odorata, Swietenia humilis, Swietenia macrophylla y Khaya ivorensis. En estas parcelas establecidas en tres localidades con cuatro repeticiones cada una, ningún árbol de T. ciliata var. australis está atacado a la fecha; mientras que la Cedrela odorata, Swietenia humilis y Swietenia macrophylla que crecen colindantes a esta especie sí son atacadas. No se han observado ataques en la Meliaceae Khaya ivorensis, (68).

En cuanto al turno de la especie, en Turrialba, ha respondido muy bien a la aplicación de fertilizantes, con lo cual se podría acortar el turno que se le calcula en 50 años a 40 años, sin aplicación de fertilizantes, que sería materia de un análisis económico para determinar su factibilidad (68).

Una vez establecida la plantación, la segunda rotación se ve facilitada por la rápida y abundante regeneración, como ya se ha establecido en muchos países de Africa tropical (95, 141). Esta última característica de la especie es la que principalmente se debe de aprovechar para planificar, ordenar una plantación, tendiendo a un precoz aprovechamiento del monte establecido a base de distanciamiento corto, un 2 x 2, por ejemplo y siempre que se establezca sobre suelos profundos y de calidad al menos regular, es decir, evitar que los suelos de selva no se encuentren tan degradados que impidan el establecimiento económico de una plantación de Toona ciliata (16, 26, 29, 68).

Francis (53) da la siguiente descripción de la madera de Toona ciliata var. australis: Los poros son solitarios y en cadenas radiales, con dos a cinco poros por cadena; frecuentemente hay anillos concéntricos de poros grandes desconectados en el comienzo de cada zona de crecimiento; el parénquima está situado en la confluencia de las zonas de crecimiento en forma de líneas concéntricas que muchas veces son interrumpidas por cadenas concéntricas de poros grandes. La figura de la madera es causada por estas cadenas de poros grandes concéntricos y solamente es prominente cuando estos poros están bien desarrollados. Otra descripción es la que da Chowdhury (30): La madera es porosa o semiporosa en forma de anillos; el número de anillos varía de 144-368 por cm^2 (87). Los anillos de crecimiento están presentes y visibles en el corte transversal y longitudinal; hay alrededor de 2 a 15 por cm^2 . Los poros de la madera formada en primavera son ovalados y grandes, sin tñlides, pero conteniendo frecuentemente una sustancia gomosa de color café oscuro. La transición a la madera de verano es gradual y los poros de esta madera tardía son más pequeños en diámetro; solitarios o en grupos de 2-3 radiales en su orientación. Los conductos gomosos están generalmente ausentes, pero a veces encontrados en grupos concéntricos conteniendo sustancias oscuras. Parénquima paratraqueal alrededor de los poros de primavera. En el corte transversal, los rayos son visibles a simple vista, unos 40 por cm . El largo de las fibras cambia dentro de un anillo de crecimiento. En T. ciliata var. australis, las fibras de la madera tienen un largo promedio de 0,75 mm, mientras que las fibras de la madera de verano tienen un promedio de 1,37 mm (30, 87, 141).

Catalogada como una madera fina por todas sus características maderables, está considerada además, como una de las mejores maderas de la India y Australia. Inglaterra ha importado grandes cantidades de esta madera desde Birmania. Se le utiliza principalmente para enchapados, muebles, ebanistería en general, carpintería, cajas de puros y té, construcciones en general, barcos, fósforos y por último como leña (30, 68, 87, 141).

En algunos lugares se usan las flores como colorante rojo y amarillo y son empleadas para teñir algodón. En la India las hojas son empleadas como forraje para el ganado. La corteza es empleada como un astringente para combatir la disentería y también es considerada como remedio para la fiebre (16). Los árboles mismos son ornamentales por la forma de su copa y las escamas que presenta el tronco por lo que se le emplea mucho para adornar parques y jardines (14, 15, 16, 39, 43).

El aumento de la población y el consumo en el mundo y dentro de éste el de productos forestales, originan día a día una creciente demanda de maderas finas. Muchos países que antes se autoabastecían, hoy tienen que efectuar grandes gastos en la importación de maderas finas y enchapados, existiendo la evidencia de que dicha demanda seguirá en aumento en los años venideros (48). En América Tropical se presenta el mismo problema. La instalación de plantaciones forestales de maderas finas es dificultosa, sobre todo, en los géneros *Swietenia* y *Cedrela* de la familia *Meliaceae* (8, 9, 11, 20, 28, 49, 68).

Se han iniciado en Puerto Rico y Turrialba estudios preliminares sobre la introducción de esta especie, siendo necesario el planeamiento de estudios e investigaciones más específicas para determinar las exigencias y plasticidad de la especie en su nuevo habitat, donde la especie

encuentra sobre todo diferencias de períodos de luz y la falta de temperaturas extremas que ella encuentra en su bioma original, (20, 49, 104, 68).

2.6.3 Araucarias

Nomenclatura botánica de la familia Araucariaceae

La familia Araucariaceae pertenece al orden Coniferales de las Gimnospermas. La familia Araucariaceae tiene dos géneros: Aghatis con un limbo largo y nervación paralela; y Araucaria. El género Araucaria a su vez, según Debazac (45) comprende dos secciones principales y una intermedia: I Sección Colymbea, con hojas aciculares aplanadas, largas de nervación paralela; inflorescencias masculinas laterales y estambres verticilados. Conos de grandes dimensiones. Germinación de la semilla epigea, con un hipocotilo tuberoso; son especies representativas de la sección: A. arauca, A. angustifolia y A. bidwillii; dos cotiledones.

II Sección Eutaca, con hojas alesnadas dispuestas en escobillón muy punteagudas y generalmente con las ramas inferiores decumbentes. Inflorescencia masculina terminal y estambres en espiral; los conos de dimensión más pequeña; germinación de la semilla hypogea sin hypocotilo tuberoso; la sección comprende la A. excelsa, A. cunninghamii y A. columnaris; dos a cuatro cotiledones.

III Sección Intermedia, con dos tipos de hojas; las hojas jóvenes aciculares, las hojas adultas con un limbo alargado de 12 a 15 mm. Amento masculino terminal. Dos a cuatro cotiledones. Incluida en esta sección está A. hunsteinii (Syn. A. klinkii).

Distribución de la Familia Araucariaceae

Streets (137) describe a la familia Araucariaceae como árboles coníferos

siempre verdes confinados hoy al hemisferio austral. Se presentan en Sud América, Australia, Nueva Guinea, Nueva Caledonia, Nuevas Hébridas y la Isla de Norfolk, bajo un clima tropical y subtropical. Las Araucarias son notables por su gran porte, recto y limpio fuste. La madera tiene muchos usos y algunas son cultivadas como árboles ornamentales. Hoy se le encuentra diseminada en todo el mundo, donde las condiciones del clima son más o menos similares a su lugar de origen, siendo muy apreciadas por su madera, derivados y resinas.

2.6.3.2 Araucaria cunninghamii Sweet

1. Aspectos botánicos

Según la descripción de Dallimore y Jackson (41) la Araucaria cunninghamii Sweet presenta las siguientes características:

Ramas: grandes, con ramillas concentradas en densos grupos cerca de las plantas o extremidades de las mismas.

Hojas: Son de dos clases. Las que se presentan en árboles jóvenes (hojas juveniles) y ramas laterales son dispuestas en forma espiral, usualmente lanceoladas o triangulares (1.68 a 1.9 cm de largo), derechas fuertes, márgenes enteros, diseminadas, verdes o glaucas. En los árboles viejos se presentan las ramas con conos, las hojas son más pequeñas, llenas, incurvadas, de punta pequeña. Estomas en ambas caras en los dos tipos de hojas.

Flores: los árboles son dioicos, es decir, que las flores femeninas y masculinas están en árboles separados. Los amentos masculinos de 5 a 7.6 cm de largo. Los conos femeninos son ovoides simétricos alrededor de 10.2 cm de largo por 7.6 cm de ancho. Escamas: claramente cuneiformes, con un largo y punteagudo ápice replegado, incurvado.

Semillas: con alas membranosas, con unas alas a cada lado de 0.63 cm marrones y de forma oblonga. Frutos: Los conos oblongos o casi esféricos, de 5 a 10.2 cm de largo por 5 a 7.6 cm de ancho.

En Turrialba, todavía no se le ha bautizado con un nombre común, ya que no es conocida la especie, sin embargo, en su lugar de origen se le conoce como Hoop Pine, Colonial Pine, Richmond Pine y White Pine. En el extranjero se le conoce como Hoop Pine (13, 40, 53, 115, 141).

2. Características del árbol.- Según Parddé (122) el árbol puede pasar los 40 m y con una circunferencia de 4 m (42). En Australia se han registrado árboles con diámetros de 1.83 m y alturas de 61 m (115).

Los árboles maduros tienen un tronco libre de ramas, derecho, con muy poco ahusamiento y a menudo los dos tercios de la altura limpios. El tronco principal es persistente hasta la punta de la copa. La corteza es persistente sobre el tronco y pequeñas ramas (40,53). La corteza es dura y rugosa, con grietas horizontales formando anillos circulares o bandas y tiras rectangulares. La corteza es gruesa y de un marrón oscuro o negra sobre la superficie y roja cuando se le corta. La copa o corona es menos simétrica que lo usual en el género (40, 53).

En comparación al comportamiento del Hoop Pine en otras latitudes, la diferencias en cuanto a las descripciones de los árboles son difíciles de establecer. Según Nicholson (113) existe una diferencia en cuanto a la forma y desarrollo de las razas de New Guinea y Australia. En 1960, dos lotes de semillas fueron obtenidos de Sabah, uno era del Departamento Forestal de Queensland y el otro del Departamento Forestal de Nueva Guinea, originario del valle de Bullolo Valley; se encontró que las dos procedencias han desarrollado diferentemente. La proveniente de Nueva Guinea es

la más saludable y fuerte, aún en malos sitios, siendo más frondosas. También se ha puntualizado que en Queensland el comportamiento ha sido diferente, siendo la procedencia de mejor aspecto la de Queensland que la de Nueva Guinea. También se observó algunas diferencias en cuanto al enrramado.

3. Centro de origen y distribución

El Hoop pine tiene una amplia distribución latitudinal y altitudinal; se le encuentra en forma natural en Australia, Papua y Nueva Guinea. En Papua se le encuentra desde el nivel del mar hasta cerca de los 2500 m sobre el nivel del mar. Se le encuentra en las montañas del noroeste de Nueva Guinea. Las regiones costeras de Queensland y Nueva Gales del Sur (122, 158).

Se le encuentra desde los 30° L.S. hasta casi los 6° Sur en Nueva Guinea. En cuanto a altitud se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1000 m.s.n.m en Australia y de los 700 a los 1700 m.s.n.m. (141).

4. Ecología de la Especie

Clima

Lluvia: Hoop Pine se encuentra localizado en áreas con veranos lluviosos e inviernos secos. Tiene limitadas perspectivas de crecimiento en áreas donde la lluvia se distribuye uniformemente durante todo el año, sin una estación seca (59). Los rangos de requerimientos de lluvias están comprendidos entre los 1016 mm a 1524 mm por año con la mayor parte de la lluvia en verano, de enero a abril en Australia. Dabral (40) puntualiza que las Araucarias en Dehra Dun necesitan arriba de los 1524 mm por año. Temperatura: Los límites de temperatura son amplios relativamente, sin embargo, se debe de tener en cuenta aparte de la temperatura media, la

temperatura media del mes más frío, del más más calido, la temperatura mínima absoluta (59); los datos que se establecen son: media anual entre 21.1° a 26.6°C; la temperatura media del mes más frío, entre 9 y 11°C; la temperatura media del mes más frío, entre 9 y 16°C; la temperatura media del mes más cálido entre 20° y 26°C; la temperatura mínima absoluta -6.5°C. Dabral en Dehra Dun fija una temperatura media anual entre los 70° a 80°F y los meses más fríos entre 49° y 60°F y ausencia de severas heladas (40).

En el sudeste de Queensland de donde la especie es originaria, el clima es subtropical con veranos húmedos y secos inviernos; cerca de mar no hay heladas, pero en el interior en las tierras altas pueden haber hasta 20 días con heladas al año (115).

Factores edáficos

Crece sobre un ancho rango de calidades de suelos, incluyendo suelos desde con tendencia a arenosos hasta arcillas basálticas provistos siempre de un buen drenaje. Los rodales más densos se encuentran sobre suelos arenosos, graníticos y shales, donde hay menos competencia con las especies del bosque tropical-húmedo (141). En cuanto a los factores fisiográficos esta Araucaria se desarrolla bien en los terrenos costeros y colinas de las zonas montañosas. En Nueva Guinea se presenta principalmente en las zonas montañosas (80, 122).

Asociaciones Ecológicas

Por los estudios realizados por Webb (158) se sabe que raramente la especie en estudio se presenta formando rodales puros en condiciones naturales. En el bosque, por el autor citado, denominado bosque lluvioso subtropical se presenta asociada con especies tales como Tarrietia spp.

Sloanea woollsi, Dysoxylon, Alaocarpus, Ficus, Eugenia, Cryptocaria, Listea y Cinnamomum spp. Siendo un gran demandador de luz puede eventualmente ser desalojado por estas maderas duras al menos de que una segunda apertura del dosel suceda. Sin embargo, a pesar de ser un gran demandador de luz, no regenera bajo luz completa del sol.

También se presentan en asociación con otras especies tales como Siphonodon australe, Planchonella pohlmaniana y Flindersia spp. en zonas llamadas bosque lluvioso seco, como sucede en partes de Richmond-Tweed, donde la precipitación es bajo de los 1016 mm por año, esto según las observaciones de Baur (13). Por otro lado en muchas partes de su rango de distribución la A. cunninghamii debe de ser considerada como una especie característica de un tipo ecológico intermedio entre las sucesiones del Rainforest y Hardforest. El término "hard forest" es usado para describir el bosque típico dominado por los Eucalyptus sp. (13, 115, 131).

Asociación Biótica

La asociación micorrizas encontradas en un gran número de árboles de importancia comercial, se ha presentado como beneficiosa debido a que aumenta el área superficial de las raíces y son responsables para el aumento de la absorción de sales, especialmente las formas ectotróficas (67, 172). Las micorrizas son selectivas en la absorción de iones, resultando, por ejemplo, un estable pH como sucede en la Rhizophora; el hongo tiene la posibilidad de traslocar los iones absorbidos a la raíz. El hongo no puede tomar directamente Nitrógeno del aire, sino que cualquier aumento del Nitrógeno en la planta tiene que haber sufrido una transformación a partir del humus del suelo y mediante el conocido ciclo del Nitrógeno en el suelo. Se ha determinado que el hongo es el Boletus

granulatus y también con un hongo no determinado que ha sido separado de raíces de Hoop Pine. La micorriza es fundamental para el prendimiento de las estacas de propagación vegetativa, a falta de la micorriza las estacas mueren al poco tiempo (67, 172). Las micorrizas son cortas, gruesas, sin bifurcación y no se agregan en grupos, de color rosado-rojo similar a las raíces madres (67, 172).

Polinización

Estudios realizados por Nikles (114) se han efectuado para estudiar mejor los hábitos de floración, polinización, período de receptividad de polen. Al hacer el estudio con diferentes cubiertas, se encontró que ningún tubo polínico se determinó en óvulos que fueron aislados de una posible polinización, o sea que el aislamiento fue efectivo. Los resultados explican que mucho depende del árbol; que el máximo de receptividad por estróbilo fue entre el rango de 0.75 cm a 2.75 de largo. La floración normal ocurre en diciembre y enero en Queensland y en algunos árboles puede seguir hasta mayo. El período de floración es más de un mes y esto es mucho más que para otras coníferas.

El polen se puede guardar por un año en buenas condiciones de almacenaje para posibles hibridaciones como las que se están ensayando de A. angustifolia por A. araucana, cruce híbrido que está manifestando resultados prometedores (115, 122, 141).

5. Aspectos Silviculturales

La regeneración natural es difícil en el bosque tropical lluvioso debido a que la especie, como ya se ha establecido, es exigente en luz en sus primeras etapas sobre todo. Los ensayos que se han efectuado en este sentido no han tenido éxito, concluyéndose que además dicho tipo de

regeneración es antieconómico. La regeneración artificial (40, 41, 49) de la especie es la que más se está empleando y con buenos resultados en Australia, Nueva Guinea y todos los países donde actualmente se están desarrollando plantaciones. En muchas partes se están ensayando métodos con aplicación de hormonas (41) con muy buenos resultados, empleando estacas de 22.5 cm de largo y con un ancho en la base de 0.75 a 1.25 cm removiendo las hojas de la base sin dañar la corteza y empleando "Seradix B" en polvo. Las estacas deben de plantarse en suelo de vivero previamente infestado con micorriza apropiada (41).

En la A. cunninghamii, el polen comienza a producirse alrededor de los veinte años de edad del árbol, fructifica cada cuatro años (49) en Queensland. Hay aproximadamente 1200 semillas por libra y 2667 por kg.; otros autores han encontrado hasta 4000 por kg. La semilla más viable, con mayor poder germinativo es aquella cosechada en la plenitud de la estación y de aquellos árboles con un diámetro entre 60 a 121 cm de diámetro (D.A. P.) (49).

En general las semillas son de bajo poder germinativo (40,41) y la recolección de los conos se debe de hacer cuando las primeras trazas de marrón es observado en el cono verdoso. Los conos que son colectados al final de la cosecha y los que se han caído al suelo suelen ser desechados debido a su bajo poder germinativo. Los conos deberán de ser, después de recolectados, secados en tendales y nunca amontonados, debiéndoseles dar vuelta todos los días para que el secado sea regular y a la sombra; los conos así tratados comienzan a desintegrarse a los pocos días. Los conos que dejan de desintegrarse hasta los diez días se descartan por considerarse inmaduros (40, 41).

La siembra directa no se recomienda, ni tampoco se practica (40, 41, 49). El sembrío deberá de efectuarse de acuerdo a las normas establecidas en cuanto a preparación del suelo de vivero, infestación con micorrizas, desinfección de semillas y de suelo con la debida anticipación y con una densidad de 12 plantitas por 0.09 m² (128). En Queensland no se provee sombra a las camas por lo menos hasta la primera semana del sembrío, luego se pone una sombra del 50%, la cual se va eliminando paulatinamente hasta que a los ocho meses o sea en abril, la sombra se ha removido por completo. Cuando se presentan heladas tempranas es conveniente sacar la sombra al menos en los períodos críticos o de riesgo (40, 41, 49, 172).

Selección y clasificación

El sistema radicular es muy susceptible al manejo; al comienzo los plántones se desarrollan muy lentamente, pero si luego se les da suficiente luz crecen rápidamente (39, 40). A veces se podan las raíces a una profundidad de 15 a 18 cm, estando las plantas con una edad de 17 meses y unos dos meses antes del trasplante (49). En Nueva Guinea clasifican las plantitas en tres categorías de acuerdo a su tamaño a partir del suelo de 17.78 a 50.8 cm, pero en Australia (115) establecen una clase superior más, hasta los 60.96 cm; todas las plantitas fuera de este rango se eliminan; las plantitas deberán de permanecer dentro de los depósitos de vivero (latas, bolsas de plástico, etc.) de 10 a 13 semanas antes de ser plantadas en terreno definitivo (115).

Plantación

En áreas de bosques pluviales de los trópicos, la preparación del terreno para la plantación definitiva depende mucho de las condiciones locales,

los costos son muy variables y van desde cinco jornales a treinta jornales por hectárea. De preferencia el forestal deberá de escoger áreas que ya han sido cortadas o que no tienen árboles (136). La plantación deberá de iniciarse tan pronto sea posible y siempre que las condiciones lo permitan. Los pozos deberán de prepararse con la debida anticipación y siguiendo las técnicas apropiadas para ello. Con las primeras lluvias del verano, y cuando el suelo está húmedo en una profundidad de 20 a 25 cm. Se recomienda no plantar, si las lluvias dejan de caer durante una semana y durante los períodos secos y calientes (veranillos) (13, 172). Todas las plantitas deberán de trasplantarse con champa y en lo posible sin causar disturbios al cilindro que contiene la planta y la tierra, ya que las raíces son muy susceptibles. No se deberá de plantar ni muy profundo, ni muy superficial ya que ambos extremos son peligrosos (115, 136, 172).

No se recomienda efectuar las plantaciones por debajo de los 2.5 cm del nivel del suelo, sobre todo en suelos húmedos (136).

El espaciamiento en las plantaciones de Nueva Guinea (4, 40, 42, 162, 165) es de 2.8 m entre filas y 2.5 entre plantas, este espaciamiento representa cerca de 600 plantas por acre. En Turrialba las plantaciones preliminares se han efectuado a 2.5 m entre filas y plantas (8,104).

Havel (74) ha puntualizado los siguientes factores que influyen principalmente en la supervivencia de los plántones: la desfavorable formación de las raíces laterales y falta de proporción con el vástago debido generalmente a la deficiencia del suelo del vivero, razón por la cual este debe de ser suelto y con bastante proporción de arena.

Quince meses es la edad apropiada para realizar el entubado-embolsado de las plantitas de preferencia con una altura entre 15 y 23 cm (74). Con buenas condiciones de suelos en los viveros, se puede realizar esta operación a partir de los nueve meses a terreno definitivo (40, 74). En Nueva Guinea, el mínimo tamaño para el trasplante es de 9" (23 cm) y el máximo de 24" (61 cm) de altura (40, 42). Se ha encontrado (74) que el mayor porcentaje de prendimiento se ha obtenido de plantitas de dos años de edad y con una altura de 12" (29.5 cm). Havel (74) ha encontrado diferencia significativa en el prendimiento de las plantitas de un año con respecto a las plantitas de dos años. Las primeras tienen menor porcentaje de prendimiento y menos desarrollo de sus raíces laterales.

Otras plantaciones

En Malaya (108) se están ensayando A. cunninghamii y A. hunsteinii y la que mejor se está comportando es la segunda. A. cunninghamii fue introducida en 1930 y A. hunsteinii en 1954.

En Chipre, en zonas de montaña con 1000 a 1250 m.s.n.m. con buenos resultados (141). En las Islas Fiji semillas y plantitas se importaron desde 1948, pero la mortalidad ha sido alta. En la zona de montano las especies han alcanzado 5.30 m y 0.42 m de diámetro en siete años, pero el daño de los vientos ha sido alto. En la zona húmeda, el crecimiento es muy despacio (40, 42, 49, 115).

En la India (40, 141) se han establecido plantaciones en grupos en Dehra Dun y en el Estado de Madras, en zonas de bosque húmedo tropical.

En Kenya, se han establecido pocas plantaciones, las cuales en 18 años han alcanzado 25 m y 18 cm de espesor. Hay dificultades en el semillado y las semillas traídas de Queensland almacenadas en frío dan baja germinación (42, 115).

En Mauritius han crecido exitosamente desde 1915 sobre buenos y malos suelos entre los 60 a 350 m.s.n.m. con una precipitación de 1250 a 1500 mm. muy bien distribuidos durante el año. Soportan muy bien los ciclones. Los árboles de 13 años han alcanzado alturas de 10 a 17 m. con diámetros de 20 cm. Semillas fértiles se han logrado a partir de los 15 años. Ellas han germinado en musgo y se les ha puesto directamente en tubos de bambú para plantación posterior (141, 168).

En Trinidad y Tobago se han introducido en escala experimental (49, 141)

En Malaya, (38, 66, 67), grupos de estos árboles fueron plantados en 1924 en la Colina de Fraser a 1400 m.s.n.m. los cuales se encuentran vigorosos. El árbol más vigoroso tuvo en 1953 case 30 m de altura y 1.90 de diámetro. Algunos de estos árboles han fructificado, pero la viabilidad de la semilla es baja. Recientes importaciones de semillas de Queensland y Nueva Guinea han sido usados por el Instituto de Investigación y han logrado pequeños rodales uno de los cuales sobre arena pobre con un crecimiento bajo presentaron una supervivencia del 75% en 5 años con una media de altura dominante de 10 m y 36 cm de diámetro a un distanciamiento de 4 x 4 y recibiendo fertilizantes orgánicos cada 6 meses. Los ataques de termitas se controlan con gamexane. Esta especie está considerada como digna de propagarse.

En Sud-Africa se introdujo en 1870 y se reporta un desarrollo de 33 m y 50 cm de diámetro en 43 años con una densidad de 100 palos por 0.4046 ha con 1130 mm de precipitación por año, sin heladas en laderas al sur y al este (53, 115, 141).

En el Centro Tropical de Enseñanza e Investigación (IICA-CTEI), Turrialba, Costa Rica, en plantaciones efectuadas en julio de 1966; en mayo de 1970, se tenía una altura media de 3.84 y superior de 4.75 m^{*}. Los arbolitos se muestran muy vigorosos y sanos, los suelos son arcillo arenosos, con buen drenaje, pH ligeramente ácido y el distanciamiento que se está empleando inicialmente es de 2.5 m. La temperatura media anual es de 22.4°C, no se presenta nunca heladas; la precipitación es de 2500 mm distribuidos más o menos regularmente durante todo el año y la altitud es de alrededor de 650 m.s.n.m. La humedad relativa promedio es de 85%, latitud norte 9° 3'.

2.6.3.2 Araucaria hunsteinii K. Schumann

1. Aspectos botánicos

Esta especie es conocida también como A. klinkii Lauterbach; los nombres comunes con que se le designa son: Rassu, Pai y sobre todo como Klinki Pine (42, 57, 74, 80, 115, 122, 141).

Esta especie es oriunda de Papua y Nueva Guinea, donde se presenta en los valles interiores. Las mejores áreas donde esta especie se presenta con mejor desarrollo son los valles de los ríos Bulolo y Watut y la cordillera divisoria Manki (115).

Generalmente las ramas están agrupadas de a cinco; las hojas son de 5 a 12.7 cm de largo, de forma alesnada con hojas adultas llenas y anchas agrupadas hacia el final de las ramas (42, 74) llenas y anchas, agrupadas hacia el final de las ramas (42, 74). Los conos miden de 15.2 x 10.2 cm 10.2 cm de ancho ó 19 por 12.7 cm cuando se encuentran completamente maduros (74, 80).

* Observaciones tomadas por el autor.

Semillas: Las semillas escamosas de un cono maduro son cuerosas, de color marrón dorado y son el producto de la fusión de la semilla y la bráctea que se extiende lateralmente formando alas membranosas y terminando en un grueso umbo. Dentro de la saliente cubierta cuerosa se encuentra la semilla propiamente con un gran endosperma amiláceo, con un embrión en forma de cigarro de una medida de 16 mm de largo a la madurez y la semilla misma mide, a la madurez, cerca de 20 mm de largo por 8 mm de ancho (74, 80, 122, 141, 165).

El incremento de crecimiento anual aumenta hasta los 40 años y se ha comprobado que es más resistente a la sequía que los pinos (89). El número de cromosomas para el género es de $26.2n$ (120).

Económicamente es el árbol más importante de Nueva Guina y el Territorio de Papua. Se presenta sobre las montañas de Arfak (115) mezclado con A. cunninghamii; varias especies se han encontrado hasta los 2600 m con excelente madera (115).

El árbol crece entre alturas de 46 a 85 m con un fuste limpio, cilíndrico, ofreciendo hasta 43 m de fuste limpio hasta la primera rama, presentando un fuste limpio muy apreciado en la fabricación de paywood. La corteza es a menudo de 2.5 cm de grueso, rojiza marrón, rugosa y que exuda una resina coloreada abundantemente. La corteza interna es de un rojo intenso que va disminuyendo conforme se profundiza (57). En el IICA se han observado similares características que no se han definido completamente debido a la edad temprana de los rodales establecidos (104). La copa de una forma ligeramente piramidal, con las hojas tendiendo a agruparse en los extremos de las ramas. Es muy común que presente circunferencias de 6 m y diámetro de 3m (74, 80).

Esta especie es muy similar a la A. cunninghamii en cuanto se refiere a las características de su comportamiento y características de la madera (57, 74, 115).

La madera de la Araucaria es notable por su color claro. Los anillos de crecimiento anual son difíciles de observar a simple vista; la madera es de uniforme textura, grano derecho. Se le clasifica en cuanto a su densidad o peso específico como ligera o medianamente pesada. Es de fácil trabajo; seca bien, pero no soporta mucha compresión, sobre todo cuando ha crecido en lugares inapropiados; esto es un serio defecto. Las fibras de la madera son largas y apropiadas para pulpa y papel. La pulpa es muy apropiada para mezclarla con otras pulpas tales como las provenientes de maderas duras para aumentar la resistencia del producto. La pulpa de la Araucaria no blanquea con prolongada batidura (42, 57, 81, 82).

Jane (81) establece de que no hay gran diferencia y que son muy similares las maderas de Araucaria y Aghatis. Ambos géneros, sin embargo, se diferencian de otras maderas blandas por el punteado de las paredes de las traqueidas verticales. Las punteaduras de las traqueidas de estos dos géneros se presentan en forma alternada y en filas de 2 a 4, verticales. Las punteaduras pueden estar llenas, de tal manera, que el borde exterior de la misma aparece como aplastado y el borde de la punteadura puede llegar a ser más o menos exagonal en vista superficial.

Hay muy poca diferencia entre la madera temprana y la madera tardía, aún cuando los anillos pudiesen ser notables. Las traqueidas tienen diámetros llamativos y grandes; las células parenquimatosas de los rayos tienen paredes delgadas horizontales. El punteado de los rayos es característicamente cupresoide. Las células resinosa y canales resinosa están

ausentes de estos tejidos, pero la resina es usualmente abundante en las células de los rayos y en las traqueidas verticales. Sin embargo, la Agathis puede distinguirse de la Araucaria, en que la primera tiene el duramen o corazón de color marrón, mientras que la segunda tiene el corazón blanquesino, claro. Si las traqueidas de las maderas blandas tienen los diámetros grandes, las traqueidas de las Araucarias son extremadamente largas; cerca de 11mm se han registrado para el Hoop Pine (45, 57, 81, 82, 115).

En cuanto a las propiedades físicas de la madera, varios autores coinciden (81, 82, 145, 162) en la descripción de las dos especies como se indica en los cuadros Nos. 8 y 9.

Cuadro N°7 Propiedades físicas de la madera A. cunninghamii y A. hunsteinii

Módulos	<u>A. cunninghamii</u>	<u>A. hunsteinii</u>
Color	: crema o casi blanco	violáceo atractivo, variable en listas
Anillos	: casi ausentes	casi ausentes
Rayos	: uniseriados, sin depósitos	uniseriados, sin depósitos
Parénquima	: ausente	ausente
Traqueidas	: punteadas alternas con 1-3 filas verticales	punteadas alternas con 1-3 filas verticales
Resinas	: ausentes	ausente
Grano	: derecho	generalmente derecho, pueden ocurrir figuras
Textura	: liso y uniforme	liso, compacto y uniforme
P. específico	: 0.521 con 12% de agua	0.39
Densidad	: 0.53 kg/cm ³	0.44 kg/cm ³
Olor	: ninguno	ninguno

Cuadro N° 8 Algunas Propiedades Mecánicas de A. cunninghamii y A. hunsteinii

Módulos	Unidad	<u>A. cunninghamii</u>	<u>A. hunsteinii</u>
Módulo de ruptura	gr/cm ²	481600	427700
Módulo de elasticidad	10 ³ gr/cm ²	98700	101500
<u>Comprensión paralela al grano:</u>			
Máxima fuerza al crujir	gr/cm ²	263200	221900
M. elasticidad	10 ³ gr/cm ²	123900	114800
<u>Cizallamiento:</u>			
Máximo esfuerzo	gr/cm ²	60060	46900
Dureza	gr	315100	239200
Tenacidad	gr/cm	21732	17567

En general, las propiedades del Hoop Pine son muy similares a las de la A. angustifolia, conocida como Pino de Paraná. Lo mismo se puede decir para el Klinki Pine (162).

La madera del Hoop Pine es conocida comercialmente como "Moreton Bay" (162).

2. Centro de origen y distribución

Esta especie es originaria de Nueva Guinea donde se le encuentra creciendo entre los 610 a 1525 m.s.n.m. Se distribuye igualmente por el territorio de Papua. Se le encuentra conjuntamente con la A. cunninghamii cubriendo un área de unas 16,190 ha, son comunes en las montañas cerca de Finschafen y las colinas del río Upper Ramu, sin embargo, alcanza sus

mejores desarrollos en Bulolo con una elevación de 700 a 1220 m.s.n.m. Está confinada al valle Jimmi en el noroeste y Milne Bay en el sureste dentro de las latitudes 5° y 10° (74).

A. hunsleini no se ha difundido en el exterior de su habitat natural, debido a que pierde rápidamente la semilla su poder germinativo, ya que a las 12 semanas no hay germinación (115).

4. Ecología de la Especie

Clima

Lluvia: En Bulolo y Wau donde la especie alcanza su mejor desarrollo, la media anual de precipitación es de 1600 mm y 1854 mm respectivamente. No hay una estación seca en forma pronunciada, ya que no hay meses que presenten un promedio por debajo de los 76 mm de lluvia, aunque el período seco del año se presenta de mayo a setiembre. En Bulolo las dos terceras partes de la lluvia caen entre noviembre y abril. En Wau llueve 250 mm más que en Bulolo (72, 74, 80).

Temperatura: Las temperaturas máximas son similares para Bulolo y Wau y ellas no varían marcadamente con la estación. Esta temperatura es de 32.2°C para todos los meses (115); las siguientes temperaturas y humedad relativas han sido registradas para Bulolo:

Cuadro N°9 Temperatura y humedad media mensual para Bulolo (115).

	Temperatura °C	Humedad relativa
Máxima	26.6° a 32.2° C	9 am. 82% y 3 pm. 61%
Mínima	17.7° a 18.8° C	9 am. 72% y 3 pm. 49%

Estas características se han atribuido a la combinación de la protección de la lluvia y el efecto de la altitud (115).

Factores edáficos

Los suelos del habitat natural son provenientes de la descomposición de rocas depositadas en el pleistoceno lacustre. Estos suelos formados por sedimentos de lagos y ríos, son de textura pesada, limo arcillosas y arcillo limosas, el drenaje es moderado y hay una tendencia a la alcalinidad; debiéndose de evitar los suelos alcalinos para la formación de viveros (11). La A. hunsteinii se presenta en las colinas del interior de Nueva Guinea y Papua, donde el área forestal es escarpada y presenta muchos precipicios (11).

Factores bióticos

Las dos Araucarias en estudio, si bien se encuentran en la misma localidad, no se encuentran igualmente mezcladas; ambas especies tienden a ser gregarias con una especie dominando a la otra. Por ejemplo, en el valle Jimmi la A. hunsteinii ha sido encontrada en forma abundante y la A. cunninghamii muy raramente (74).

A. hunsteinii se encuentra en asociación con especies del rain forest, formando una emergente y dispersa dosel, estas especies son: Endiandra, Antiaris, Argyrodendron, Toona, Celtis, Cryptocarya, Cryptomeria, Dysoxylum, Flindersia pimentelina, F. macrocarpa, Firmiana papuana, Ficus, Geijera salicifolia, Pometia y Pouteria. En general, la A. hunsteinii se mezcla en su límite altitudinal bajo con las especies del rain forest, principalmente con las del tipo seco y en su límite altitudinal alto con los bosques de robles (74).

En cuanto a la necesidad de micorrizas para establecer nuevas plantaciones, son las mismas que para la A. Cunninghamii (67, 172).

4. Aspectos silviculturales

Según Ismail (78) la regeneración natural se presenta, pero no es suficiente para garantizar operaciones silviculturales. Las técnicas que se siguen para la reproducción o regeneración artificial son las mismas que se emplean para la A. cunninghamii.

Un cono pesa de 1152 a 2016 grs y las escamas semilleras miden de 20 mm de largo por 8 mm de ancho. Cada cono contiene aproximadamente unas 1200 semillas escamosas. Estos conos se encuentran ubicados en las puntas extremas de la copa. Aunque se pueden encontrar conos durante todo el año, la viabilidad de los mismo sigue la misma variación que en la A. cunninghamii. La maduración de un cono toma casi dos años y la mejor época para cosecharlos es a fines de setiembre o comienzos de octubre. Cada árbol puede proporcionar cerca de 750 semillas fértiles. Los conos una vez cosechados deberán de tratarse de la misma manera que en la especie anterior (42, 57, 74, 80, 122).

La semilla pierde rápidamente su poder germinativo razón por la cual se deberá almacenarla en condiciones apropiadas de aireación y temperatura de 3.30°C (115), (ver Cuadro N° 10).

La viabilidad se pierde rápidamente cuando se saca la semilla del almacenaje, dura escasamente una semana. La semilla de A. hunsteinii no soporta bajas temperaturas (-12.2°C) como lo soporta A. cunninghamii (74). Se recomienda así mismo que el transporte sea por vía aérea agregándose de que la semilla debe de acondicionarse con material liviano y almacenado en el compartimento de congelación de los aviones (42, 74, 80).

Cuadro N° 10 Viabilidad de la semilla de A. hunsteinii (115)

Clase de almacenamiento	Duración	% de viabilidad
Cuarto abierto	2 semanas	50%
Cuarto cerrado	2 semanas	50%
Cuarto abierto con 38°F	6 semanas	50%
Cuarto cerrado con 38°F (seco)	9 meses	50%
Cuarto cerrado con 38°F (húmedo)	18 meses	50%

Las semillas tienen un alto porcentaje de germinación siempre que se siembren inmediatamente después de la recolección de los conos; la pérdida del poder germinativo se expone en el Cuadro N° 11.

Cuadro N° 11 Porcentaje de Germinación de la semilla de A. hunsteinii (74)

Período en ^r la recolección y el sembrío	% de germinación
1 semana	89.9
2 semanas	80.1
4 semanas	67.7
6 semanas	28.0
8 semanas	2.9
12 semanas	Ninguna

Técnicas de vivero

En Nueva Guinea se emplea sombra constante y camas de 16.5 de largo por 1.2 m de ancho; la sombra a unos 20 cm del suelo del sendero. Sobre las camas se coloca la sombra a unos 76 cm. de la superficie de las camas. El suelo deberá de ser apropiadamente preparado con la técnica general de viveros, evitando que sean muy alcalinos. La densidad más apropiada parece ser la de 130 plantitas por metro cuadrado, que es cerca de 2400 por cama de las dimensiones citadas (42, 74, 122).

La plantación en terreno definitivo debe de efectuarse tan pronto como sea posible. Las plantitas deben de llevarse al terreno de plantación con sus recipientes evitándose causar disturbios al cilindro que rodea las raíces cuando se remueva el recipiente al trasplantar la plantita. Deberá de tratarse de que el cuello de la plantita quede ni muy profundo ni muy superficial; se recomienda una profundidad de 2.5 cm del nivel del suelo (42, 74, 122).

El espaciamiento que se usa es el de 2,8 por 2.5 m en Nueva Guinea. En Turrialba se ha usado 2.5 por 2.5 m con los resultados que se acompañan. El tamaño de las plantitas al trasplante ha sido estudiado estadísticamente por Havel (74) determinándose que las plantitas de un año son más susceptibles a no prender, en cambio las plantas de dos años de edad fueron las que mayor porcentaje de prendimiento tuvieron y con un tamaño de 29.5 cm. La causa de esta diferencia es probablemente debida a que las plantitas de un año no tienen bien desarrolladas las raíces laterales; lo mismo que se presenta con la A. cunninghamii (74).

Los deshierbos son importantes durante los dos primeros años de la plantación (74).

Otras plantaciones

Se ha informado sobre plantaciones (67, 80, 128) en Malaya con buenos resultados para la A. hunsteinii. En 1954 se plantaron 0.2 ha en la Estación de Investigación Forestal de Kepong a 150 m.s.n.m. usando tubos de chapas de madera (veneer) con plantitas promediando 12.7 cm de altura de diez meses de edad desde el sembrío; mucho más pequeñas de lo que se usa en Nueva Guinea. Se plantaron 165 plantitas a un distanciamiento de 4 x 3 m (67, 80, 128).

El tipo de suelo que se empleó era moderadamente pesado granítico derivado de arcillas limosas y sobre unas colinas bien drenadas; el área estaba cubierta por una sucesión secundaria de 25 años antes de la plantación.

Un año después de la plantación, la vegetación secundaria (sucesión) fue parcialmente eliminada por medio de envenenamiento por anillamiento de los árboles de sombra. Se obtuvo un 90% de supervivencia al año de plantación con alturas dominantes de 38 a 71 cm respectivamente (67, 108).

En Nueva Guinea, en Bulolo y Wau, cerca de 4601 ha han sido plantadas de A. hunsteinii y A. cunninghamii y de esta área cerca del 20% es de Klinki Pine. El programa de plantación anual es de 506.13 ha por año (74).

Por observaciones en cuanto a su crecimiento, existe hoy la tendencia a preferir al Klinki Pine sobre el Hoop Pine, ya que si el primero es de lento crecimiento al principio, luego sobrepasa al Hoop Pine con ventaja; además tiene una mejor forma y ofrece mejor volumen de producción en buenos sitios. (108).

Richards (128) en estudios hechos sobre suelos en A. Cunninghamii establece que el factor limitante para el crecimiento del Hoop Pine es la deficiencia de Nitrógeno; sin adicionar nitrógeno virtualmente no hay

crecimiento y cuando el nitrógeno fue añadido en una proporción de 125 kg/ha/año, el crecimiento durante los primeros siete años se pudo comparar al crecimiento de la especie en los sitios adecuados de su habitat del rain-forest. Una vez que la deficiencia en nitrógeno es corregida, hay una ligera respuesta cuando se agrega fósforo. En la presencia de adecuado nivel de nitrógeno, el azufre también puede ser deficiente. Estos fertilizantes se aplican hasta que la plantación haya cerrado el dosel a los siete años más o menos. Los autores sostienen la hipótesis de que la distribución del Hoop Pine en la zona del rain-forest en el sur este de Queensland es determinado primariamente por la fertilidad del suelo (128).

Las dos especies, en general, no presentan plagas, ni enfermedades de gravedad; sin embargo, hay que anotar el ataque de un Termite: Coptotermes elisae, el cual prefiere al Klinki Pine y luego de desarrollarse bien ataca al Hoop Pine de edad entre los 3 a 13 años, proviniendo las canastas de tocones podridos. Infestaciones del 7% han sido reportadas. Los árboles presentan un follaje más clorótico, más débil y son así susceptibles al taque de los vientos que los deforman finalmente. Aldrín al 0.03% en emulsión dentro de las galerías dio buen resultado, pero cuando se trató el suelo, no dio buen resultado (4).

Griffiths (66) en estudios hechos sobre la patogenidad del Botryoeiplodia theobromae, en Malaya, concluye en que el hongo no puede atacar árboles que se encuentran sanos y que el hongo ataca plantas que se encuentran debilitadas por ambiente desfavorable o como un patógeno secundario. En el norte de Queensland se ha identificado un hongo Fomitopsis annosa en los tocones de A. cunninghamii y probablemente en todo su rango de dispersión (3).

Algunos insectos han sido referidos por White y Cameron (165) tales como el gorgojo del Hoop Pine: Vanapa oberthurii ha sido estudiado en Nueva Guinea y sus ataques se han observado también en Bulolo y Wau. La larva de este insecto hace galerías en la madera. Los mayores ataques se han observado en Bulolo en el período seco del año. Parece haber una gran mortandad de las larvas debido probablemente a un virus. Para combatir esta plaga, una vez observada, tumban todos los árboles infestados y extraen las larvas, luego el área afectada es visitada a los pocos días y se aplican insecticidas; los árboles adyacentes al área infestada se visitan cada tres meses. Se usa de preferencia DDT al 2.5% en solución (165).

El Aesiotes notabilis es común en las plantaciones de Hoop Pine en Australia y puede causar serios daños durante la poda en verde, por esta razón en Queensland el período de poda está restringido entre el 1º de mayo y el 31 de agosto o sea durante el período más seco del año. Se usa para cubrir las heridas una mezcla en partes iguales de creosota y aceite (165).

Fuego

Tanto la A. cunninghamii como la A. hunsteinii son muy susceptibles a la acción del fuego y medidas apropiadas deberán de tomarse para excluir el fuego de las plantaciones a través de la rotación. Esto significa que un sistema externo e interno de rompe fuegos (fajas) deberán de diseñarse y proyectarse bien en el avance de la plantación (42, 74, 122, 165).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

Geográficamente, la zona de estudio está localizada entre las coordenadas 8° y 9°30' de latitud sur, y 76° y 77° de longitud oeste, con una altitud entre 1000 y 450 metros sobre el nivel de mar. Políticamente corresponde a las provincias de Leoncio Prado y Mariscal Cáceres, dentro de los Departamentos de Huánuco y San Martín, respectivamente. Se extiende a ambos márgenes del Río Huallaga con un ancho variable entre 10 y 20 kilómetros, determinado por las irregularidades de las estribaciones de la Cordillera Central y Oriental por donde discurre el Río Huallaga; entre las desembocaduras de los Ríos Mishollo, aguas abajo de Tocache y Río Pendencia aguas abajo de la ciudad de Tingo María, cubriendo un área aproximadamente de unas 400,000 ha (ver Fig. N° 1).

La zona en estudio se encuentra comprendida en lo que se ha denominado Huallaga Central.

De acuerdo a Tossi (145), la zona está comprendida entre las formaciones de bosque húmedo tropical (BH-T) y bosque muy húmedo sub-tropical (BMH-ST).

La zona es de una fisiografía irregular, comprendiendo las riberas y terrazas aluviales a terrenos húmedos pantanosos conocidos en la zona como "aguajales", para luego ir tomando inclinaciones en algunos casos mayores de 35°.

Se estima que más del 50% de los terrenos de la zona son de vocación forestal, comprendiendo bosques que se pueden considerar como aptos para un aprovechamiento sostenido y otros de protección de los recursos como son el suelo, agua y vida silvestre que se encuentran en aquellos suelos considerados dentro de la VII categoría de la "Clasificación de los suelos por su capacidad de uso".

La zona es completamente accesible desde la carretera troncal Lima-Pucallpa, la cual pasa por Tingo María, ciudad ubicada sobre la carretera Marginal de la Selva que une en este momento ya la ciudad de Yurimaguas con Tingo María, faltando concluir algunas obras de arte. Se encuentra asimismo en proyecto una carretera vía Uchiza-Chimbotr, la cual tiene en actual uso más de la mitad de la misma, faltando realizar en lo proyectado unos 200 kms siendo la vía más corta a la costa.

Los bosques de la zona

De acuerdo a los estudios de W. Guerra (69) es interesante constatar que sólo siete especies forestales (Moena, Cumala, Shimbillo, Favorito, Shiringa, Tornillo y Quina-Quina) constituyen más del 4)% del total de árboles por hectárea. Esta característica de la relativa abundancia de las especies dominantes es muy importante si se tiene en cuenta la heterogeneidad genérica y específica que caracteriza a los bosques tropicales y subtropicales amazónicos. De un total de más de 85 especies registradas en la zona de estudio, cerca del 75% del total de árboles por ha está constituido por sólo 16 especies. El 25% restante corresponde a un conglomerado de más de 70 especies, muchas de las cuales podrían ser gradualmente eliminadas, por ser especies indeseables o muy poco frecuentes para fines de aprovechamiento económico. (Ver Cuadro Nº 12). Los bosques de la zona contienen por hectárea un promedio de 75 a 90 árboles con diámetros iguales o superiores a 30 cm.

3.2 El Método Propuesto

El método propuesto se basa fundamentalmente en establecer por analogías climáticas, mesoclimas similares en lo posible en base a los óptimos y límites

Cuadro Nº 12 Composición forestal florística de la zona del Río Huallaga

Nombre común	Nombre científico	No. arb./ha.	%
Moena	Aniba sp	10.1	12.3
Cumala	Virola lorentensis	5.4	6.6
Shimbillo	Inga alba	4.6	5.6
Favorito	Osteophloeun sp.	4.5	5.5
Shiringa	Hevea guianensis	4.3	5.2
Tornillo	Cedrelinga catenaeformis	4.2	5.1
Quina-Quina	Lucuma sp.	4.2	5.1
Otros en menor proporción			

climáticos de la especie estudiada y para lo cual se tendrá que seguir la secuencia siguiente:

1. Establecer el tipo bioclimático de la especie estudiada, teniendo en cuenta:

A. Factores tanatoclimáticos (que en ciertos niveles producen la muerte de los vegetales) (2m):

a. Fríos extremos

- i. Temperatura mínima absoluta anual, probable en un año de cada cinco (20%).
- ii. Promedio del número de días en el año con temperaturas mínimas inferiores o iguales a 15°C.

b. Calores extremos

- i. Temperatura máxima absoluta anual, probable en un año de cada cinco (20%).
- ii. Promedio del número de días en el año con temperaturas máximas iguales o superiores a 35° C

c. Sequedad extrema

Promedio anual de la deficiencia de agua en mm. Número de meses con deficiencia de agua en el año.

B. Factores bioclimáticos Anaptígenos (que determinan el desarrollo de los vegetales).

a. Fotoperíodo anual y diario

Determinados ambos simultáneamente con la latitud.

b. Termoperiodismo: termoperíodo diario

- i. Termofase positiva diaria. Temperatura media máxima del mes más cálido.
- ii. Amplitud del termoperíodo diario. Amplitud media de la temperatura diaria del mes más cálido.

c. Temoperíodo anual

Se considera incluir un índice específico del termoperíodo anual, cuya influencia no se ha señalado aún. Sin embargo, éste está implícito en las diferentes combinaciones de los factores señalados en Aa y Bb y lad de Aa y Bbi.

C. Factores bioclimáticos auxógenos (que determinan el crecimiento de los tejidos vegetales).

- a. Magnitud de las sumas térmicas anuales sobre los 15°C
- b. Magnitud de los excesos y las deficiencias de agua en el año.

2. Valoración del agroclima de la región de origen de la especie

- A. Determinar la zona de vida a la que pertenece
- B. Determinar el tipo de asociación ecológica que caracteriza a la especie y su posición dentro de ella.

3. Valoración del agroclima de las regiones que ocupa la especie en el mundo.

- A. Localización de las zonas de vida en que la especie se desarrolla.
- B. Determinación de los óptimos y límites ecológicos de la especie en dichas zonas de vida.
- C. Determinar los tipos de asociación ecológica en los que la especie en cuestión se desarrolla y su posición dentro de ella.

4. Valoración del agroclima de las regiones donde la introducción de la especie ha fracasado.

- A. Localización de las zonas de vida respectivas.
- B. Determinación de los límites ecológicos, tanatoclimáticos en forma especial.

5. Valoración del agroclima sobre la base de trabajos experimentales en los que se trataron de determinar los requerimientos agroclimáticos de la especie.

- A. Recabar información sobre los resultados de trabajos experimentales sobre la ecología de la especie.
- B. Determinar los óptimos y límites ecológicos de la especie.

6. La confección de los mapas homobioclimáticos

Determinados los óptimos y límites ecológicos de la especie de acuerdo al acápite No. 1, con los datos climáticos disponibles localizamos la región

de origen de la especie en su respectiva zona de vida de acuerdo al sistema Holdridge y como primera aproximación fundamental debe de coincidir con la zona de vida donde queremos introducir la nueva especie.

Los óptimos y límites climáticos obtenidos se trasladan a mapas base individuales, de preferencia de escala 1:50,000, para después proceder a superponerlos y obtener al final mediante recortes sucesivos las áreas con condiciones óptimas para la instalación inicial de las nuevas plantaciones.

Las temperaturas en el trazado de las isoterms al nivel del mar se harán de acuerdo al método de los gradientes medianos de De Fina y Sabella (21, 55).

El trazado del mapa de osyetas se compensarán para obtener registros más cercanos a la realidad, sobre todo en las estaciones que no cuentan con datos completos o escasos (55).

Con los datos de temperaturas medias máximas y mínimas, se calcula la evapotranspiración potencial de la estación y luego mes a mes, se efectúa el balance hídrico respectivo, el cual nos indicará al final si hay déficit hídrico, exceso, esorrentía y la evapotranspiración real o uso consuntivo. Este balance hídrico es fundamental en el establecimiento de las analogías agroclimáticas por los parámetros que se obtengan de los mismos y que nos servirán como pautas de comparación en el traslado de las isolíneas respectivas.

En el balance hídrico será necesario y fundamental para la precisión del trabajo determinar la capacidad de campo y el punto de marchitez de cada suelo con el objeto de conocer la cantidad de agua que en realidad dispone la planta y la que en realidad hay en el suelo a su disposición. Estos nuevos conceptos son los que en realidad le dan su singularidad a la metodología propuesta, mediante la cual se logrará determinar con exactitud los meses

ecosecos, los ecosecos variables, los meses con exceso de lluvias, los meses en que el agua almacenada en el suelo cubre el déficit aparente de precipitación. Está demás insistir que en trabajos de Proyectos de Factibilidad deberá esto de tenerse muy en cuenta, ya que esta metodología se podrá aplicar a cualquier estación que cuente con la información mínima requerida, así como para su aplicación en la introducción y localización de cualquier especie. Estos juegos de mapas se superpondrán sobre un mapa de suelos de preferencia correspondiente a la 7ma. clasificación y a escala 1:50,000.

7. Reajuste mediante climogramas Gausson

Una vez determinadas las áreas por el sistema descrito se comprobarán los transcurso pluviales, es decir, se verificarán en otro mapa independiente la duración de las épocas con lluvia y secas y sus respectivas duraciones, insistiendo en que los climogramas comparados deben de ser del mismo tipo (6, 57). Esta comparación deberá de establecerse en razón de que el sistema Holdridge no contempla dicha variable. Iguales comparaciones deberán de establecerse en cuanto al régimen termocíclico y fotocíclico, determinando sus equivalencias con la latitud y altitud, de acuerdo a tablas que ya existen. La amplitud térmica es otra variable importante que deberá de cartografiarse.

8. Aplicación de los métodos estadísticos en la determinación de los óptimos ecológicos y su variabilidad.

Una de las mayores contribuciones del método propuesto es el de aplicar las modernas técnicas de la ciencia estadística, para lo cual existe

una nutrida bibliografía *

Al confeccionar cuadros de referencias climáticas para cada especie, en los que deben de constar los parámetros que hemos ya indicado, se obtendrán poblaciones de temperaturas mínimas medias absolutas, amplitudes térmicas, amplitudes hídricas, etc., estableciendo la variabilidad de dichos parámetros, aplicando el coeficiente de variabilidad principalmente, así como otros análisis.

La técnica estadística ofrece un amplio campo de investigaciones en las posibles correlaciones que puedan existir entre los parámetros, o sea el análisis de asociaciones. También se podrán aplicar el análisis de tendencias o regresión, así como el de variancia y covariancia.

* Se recomienda el uso de:

- STEEL, R.D. and TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
- CALZADA, B.J. Métodos estadísticos para la investigación. 2ed. Lima, Sesartor, 1964. 498 p.

a 27°C, y que los límites de temperaturas mínimas absolutas de estas especies en su habitat natural están muy por debajo de las temperaturas mínimas absolutas registradas para el Huallaga Central, lo mismo se puede decir de las temperaturas máximas absolutas.

a. Requerimientos hídricos

La información obtenida de la revisión bibliográfica ha sido bastante detallada, incluyendo precipitaciones mínimas y máximas; así como, los transcurso de las lluvias y en algunos casos su intensidad.

Los índices determinados para las especies forestales en estudio se dan en los Cuadros Nos. 14, 15, 16 y 17, en las páginas siguientes.

Los índices hídricos fueron calculados en base a los respectivos balances hídricos de los lugares de origen de la especie, así como de aquellos lugares donde la introducción ha sido exitosa. Estos índices y sus magnitudes se presentan variando el óptimo en cuanto a deficiencia hídrica de 0 a 100 mm y en cuanto al exceso hídrico de 500 a 1000 mm y con dos meses ecosecos, en el caso del Pinus caribaea var. hondurensis. En el caso de la Toona ciliata var. australis, el óptimo en cuanto a deficiencia hídrica se presenta cuando no hay tal deficiencia hídrica en ningún mes y el exceso está comprendido entre 0 a 1000 mm anuales con ningún mes ecoseco. En el caso de las Araucarias estudiadas, el óptimo en cuanto a deficiencia hídrica está comprendido entre 100 a 200 mm anuales y el exceso hídrico comprendido entre 0 a 500 mm anuales y con dos a cuatro meses ecosecos.

Todos estos índices son muy similares a los calculados en idénticas condiciones, para el Huallaga Central, como se exponen en el Cuadro N° 25. Lo mismo se puede decir en lo referente a la similitud de los meses ecosecos que varían de 2 a 5 meses en general.

Cuadro No 13 INDICES TERMICOS EN GRADOS CENTIGRADOS CONSIDERADOS PARA ESTABLECER LA ZONIFICACION

Especie forestal:	Optimo	Tendencia al déficit	Tendencia al exceso	Población (1)	Mínima absoluta	Máxima absoluta
<i>Pinus caribaea</i>	24 - 26	20 - 24	26 - 27	22	-1.4	35
<i>Toona ciliata</i> var. <i>aust.</i>	19 - 24	18 - 19	24 - 27	29	-7.8	37.3
<i>A. cunninghamii</i>	20 - 23	17 - 20	23 - 27	21	4.4	37.3
<i>A. kunsteinii</i>	26 - 27	23 - 25	más de 27	17	11.2	33.3

(1) Número de observaciones consideradas para el cálculo de los índices.

Cuadro N° 14. Índices hídricos en mm considerados para Pinus cariabaea var. hondurensis.

Índice	Símbolo	Deficiencia hídrica anual mm	Exceso hídrico anual mm	Meses ecosecos
Óptimo	1	0 - 100	500 - 1000	2
Tendencia al exceso	2	0 - 100	1000 - 1500	2
Tendencia al déficit	3	100 - 200	500 - 1000	2 - 4

Cuadro N° 15 Índices hídricos en mm considerados para Toona ciliata var. australis

Índice	Símbolo	Deficiencia hídrica anual mm	Exceso hídrico anual mm	Meses ecosecos
Óptimo	1	No hay	0 - 1000	0
Tendencia al exceso	2	No hay	1000 - 2000	2 - 4
Tendencia al déficit	3	100 - 200	1000 - 1500	2 - 4

Cuadro N° 16 Índices hídricos en mm para Araucaria cunninghamii y Araucaria hunsteinii

Índice	Símbolo	Deficiencia hídrica anual mm	Exceso hídrico anual mm	Meses ecosecos
Óptimo	1	100 - 200	0 - 500	2 - 4
Tendencia al déficit	2	igual o menos de 250	0 - 500	2 - 4
Tendencia al exceso	3	No hay	500 - 1000	0 - 2

La correspondencia y ajuste se efectúa correlacionando la latitud y altitud de los respectivos lugares, en cuanto se refiere a la homologación de los índices respectivos.

De acuerdo a los requerimientos térmicos e hídricos de las especies en cuestión podemos localizarlas de acuerdo al sistema Holdridge en su lugar de origen en:

<u>Punus caribaea</u> var <u>hondurensis</u>	Bosque húmedo tropical
<u>Toona ciliata</u> var <u>australis</u>	Bosque húmedo tropical (Nueva Guinea)
<u>Toona ciliata</u> var <u>australis</u>	Bosque húmedo subtropical (Queensland - Australia)
<u>Araucaria cunninghamii</u>	Bosque húmedo tropical (Nueva Guinea)
<u>Araucaria cunninghamii</u>	Bosque húmedo subtropical (Queensland - Australia)
<u>Araucaria hunsteinii</u>	Bosque húmedo tropical (Nueva Guinea)

Aparentemente estas especies, de acuerdo a esta clasificación tiene mucha similitud, pero sin embargo, ya hemos puntualizado sus requerimientos térmicos e hídricos. Para los efectos de este trabajo, se tendrá en cuenta además de la consideración de los meses ecosecos, la distribución de la lluvia durante el año, es decir, si esta es distribuída uniformemente durante todo el año, o si las lluvias se presentan en verano o invierno.

En nuestro caso, todas las especies tienen de dos a cuatro meses ecosecos (ver cuadros nos. 13, 14, 15 y 16) y con lluvias de verano.

4.1.2. Valoración del agroclima de la zona de introducción

La zona comprendida en el presente estudio abarca desde el

* sector de la ciudad de Tingo María hasta el sector de la ciudad de Tocache, la cual incluye un área de 300,000 ha. Está localizada en parte de la Provincia de Leoncio Prado del Departamento de Huánuco y parte de la Provincia de Mariscal Cáceres en el Departamento de San Martín. La zona se encuentra localizada en el valle del Río Huallaga y forma parte de lo que comúnmente se conoce como Huallaga Central.

Las coordenadas de la ciudad de Tingo María, lado sur de la zona, son: latitud $9^{\circ} 10'S$; longitud $75^{\circ} 55'$; altitud 670m.s.n.m. Las coordenadas de la ciudad de Tocache, lado norte de la zona son: longitud $70^{\circ} 31'$, latitud $8^{\circ} 11'S$; altitud 450 m.s.n.m. (ver Fig. No. 2 del Apéndice).

La precipitación anual en Tingo María es de 3266 mm anuales y la temperatura media anual es de $24.5^{\circ}C$. La precipitación anual en Tocache es de 2350 mm anuales y la temperatura media anual es de $24.7^{\circ}C$.

Entre estos dos puntos extremos de la zona considerada, se presentan una serie de variaciones de carácter local, que se analizan detenidamente mediante los balances hidrológicos respectivos y que se pueden ver en los Cuadros Nos. 22, 23, 24, 25 del Apéndice.

En cuanto a los suelos, éstos presentan una textura arcillosa en gran proporción, con áreas de tendencia arenosa. El área cubierta por terrenos pantanosos es de 15% aproximadamente (Fig. No. 1 del Apéndice).

En el Perú la región conocida como Selva corresponde al denominado bosque higrofitico; esta región que cubre más del 50% del territorio nacional presenta una imagen de exuberancia productiva, sin embargo, la realidad

* Unidad administrativa utilizada por la Agencia Agraria de la Oficina Agraria.

es de que suelos de uso netamente agrícola representan un 10% más o menos del total de dicha región.

Teniendo en cuenta que el suelo es la resultante de una serie de factores, tales como: material madre, clima, vegetación, topografía y tiempo, es de suponer que en la zona de estudio se presenten una gama de suelos resultantes de la interacción de los factores mencionados. Esta gran variedad de suelos no permiten por el momento, al nivel de aproximación de este estudio, referirnos únicamente a los suelos de acuerdo a la "capacidad de uso de los suelos de acuerdo a la tercera aproximación" establecida por ONERN (Ver Cuadro N° 21).

La imposibilidad de poder trabajar con registros pluviométricos y termométricos de igual número de años y en serie de años apropiadas, se han superado empleando la Metodología de Compensación de Registros Climatológicos Heterogéneos (56).

Las isotermas se han estimado de acuerdo al Método de los gradientes medianos de De Fina y Sabella (21), como se expone en los Cuadros No.s 17, 18, 19 y 20. Se hizo necesario el trazado de isotermas en el plano base (Fig. N° 1 del Apéndice) con el objeto de determinar las áreas potenciales para la posible introducción de las especies de acuerdo a sus requerimientos térmicos establecidos para las mismas (Ver Cuadro N° 14); así mismo se ha calculado de acuerdo al Método de los Gradientes Medianos (21, 22), el gradiente mediano de 0.65°C , para cada 100 metros de variación en altitud (ver cuadros nos. 19 y 20) los que permitieron la estimación respectiva para el trazado de isotermas en las localidades que carecían de registros meteorológicos.

Las estaciones, localización, así como los cálculos de las estimaciones que se han considerado más explicativas se presentan en los Cuadros

Nos. 23, 24 y 25. Las isolíneas de deficiencia y exceso hídrico (Cuadro No. 25) se han trazado sobre el mapa factorial de isotermas de donde se han de terminado las áreas potenciales, teniendo además en cuenta las características de los suelos en base a su capacidad de uso en primer término, y al tipo de bosque que soportan en segundo término (ver figura No. 1 del Apéndice).

4.1.3 Análisis agroclimático

a. Hídrico

Entre los diversos estudios que comprende un análisis agroclimático, el principal es el relativo al "balance hídrico mensual".

El análisis hídrico, mediante el cual determinamos los milímetros de agua en exceso o deficiencia a lo largo del año, se ha confeccionado de acuerdo a la metodología propuesta por Thornthwaite y Mater (146, 147 y 149). En lo que respecta al cálculo de la Evapotranspiración Potencial se ha preferido adoptar la fórmula de Papadakis (121), ya que éste considera para el cálculo de la EP dos parámetros como son la temperatura media máxima y mínima, lo cual da mayor precisión a la determinación de la EP, dicho cálculo se efectúa aplicando la siguiente fórmula:

$$E = 0.5625 (e_{\max} - e_{\min} - 2) \quad \text{donde}$$

E = Evapotranspiración potencial

e_{\max} = Presión de saturación del vapor de agua correspondiente a la temperatura máxima diaria en milibares

$e_{\min-2}$ = Presión de saturación del vapor de agua, correspondiente a la temperatura mínima rebajada en dos grados °C

Cuadro N° 17. Localidades que forman la cruz utilizada para determinar las gradientes medianos mensuales y anual de la zona de estudio. Método de De Fina y Sabella (21).

Estación	No. de orden	Latitud sur	Longitud Oeste	A.s.n.m. metros	Períodos de años de registro de t° (compensado)
La Morada	1	08° 43'	76° 18'	542	5 - 16
Monzón	2	09° 14'	72° 25'	850	6 - 16
Tingo María	3	09° 10'	75° 55'	670	16 - 16
Uchiza	4	08° 25'	76° 24'	480	2 - 16
Tulumayo	5	9° 10'	75° 50'	700	5 - 16

Cuadro N° 18 Ecuaciones de estimación térmica anual empleados en le estudio

Temperaturas	Ecuaciones
Medias anuales	$Y = -0,0065 h + 23,6$
Máximas anuales	$Y = -0,0080 h + 28,5$
Mínimas anuales	$Y = -0,0036 h + 18,6$

h = variación de altitud (m)

Y = isoterma compensada (°C).

Cuadro No 19 Tabulación de los datos y cálculo del gradiente vertical mediano de la temperatura
en el mes de enero en la zona de estudio

Pares de observación (a)	Altura sobre n. del mar		Temperatura en °C		Gradiente °C/100 m (h)	No. de or den de gradientes diano del mes (i)
	Valores en m (b)	Valores en fms Dif. en fms (d)	Valores Verticales (e)	Diferencias (f)		
La Morada-Monzón	542 - 850	3.08	23.2 - 22.6	0.6	0.19	10
La Morada-Tingo María	542 - 670	1.28	23.2 - 24.1	0.9	0.70	8
La Morada-Uchiza	542 - 480	0.62	23.2 - 25.6	2.4	3.8	1
La Morada Tulumayo	542 - 700	1.58	23.2 - 24.7	1.5	0.95	4
Monzón-Tingo María	850 - 670	1.80	22.6 - 24.1	1.5	0.83	5
Monzón-Uchiza	850 - 480	3.70	22.6 - 25.6	3.0	0.81	6
Monzón-Tulumayo	850 - 750	1.50	22.6 - 24.7	2.1	1.40	3
Tingo María - Uchiza	670 - 480	1.90	24.1 - 25.6	1.5	0.79	7
Tingo María -Tulumayo	670 - 700	0.30	24.1 - 24.7	0.6	2.0	2
Uchiza-Tulumayo	480 - 700	2.20	25.6 - 24.7	0.9	0.4	9

Cuadro N° 20 Gradiente Vertical Mediano por Año

(a)	Metros s.n. del mar		Diferencia en hms.	Temperatura media		Diferencia (g)	Gradientes vertical e/100 m (g/d) (h)	No. de orden
	(b)	(c)		(d)	(e)			
La Morada - Monzón	542	850	3.08	23.6	22.4	1.2	-0.40	3
La Morada - Tingo María	542	670	1.28	23.6	24.5	0.9	+0.70	1
La Morada - Uchiza	542	480	0.62	23.6	25.3	1.7	-2.70	10
La Morada - Tulumayo	542	700	1.56	23.6	24.2	0.6	+0.30	2
Monzón - Tingo María	850	670	1.80	22.4	24.5	2.1	-1.20	8-9
Monzón - Uchiza	850	480	3.70	22.4	25.3	2.9	-0.80	6
Monzón - Tulumayo	850	700	1.50	22.4	24.2	1.8	-1.20	3-9
Tingo María - Uchiza	670	400	1.90	24.5	25.3	0.8	-0.42	4
Tingo María - Tulumayo	670	700	0.30	24.5	24.2	0.3	-1.00	7
Uchiza - Tulumayo	480	700	2.20	25.3	24.2	1.1	-0.50	5

1111

$$G.V.M. \text{ por Año} = \frac{(-0.50)}{(-0.80)} = -0.65 \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ m}$$

En cuanto a la capacidad de campo de los suelos tropicales se ha localizado en 180 mm de acuerdo a lo recomendado por Holdridge (75). Lo ideal es utilizar valores medios entre los de capacidad de campo y punto de marchitez.

Thornthwaite y Mater establecieron al comienzo de sus estudios el supuesto de que la zona radical del suelo contenía un máximo de 100 mm de agua almacenada cuando estaba completamente empapada y que la humedad se gastaría con la intensidad potencial mientras la hubiera. Hoy se sabe que la capacidad del suelo para retener el agua que las raíces absorben puede ser mucho mayor de 100 mm y que conforme se va consumiendo la humedad, la rapidez de la evapotranspiración disminuye. En un trabajo del mismo Thornthwaite se indica que las plantas maduras de raíces profundas pueden disponer al menos de una capa de agua de 300 mm en la mayoría de los suelos normales y que la evapotranspiración disminuye a medida que el terreno se deseca, siendo proporcional a la cantidad de agua contenida en el suelo. Debemos tener en cuenta en los cálculos del balance hídrico que cuando la capacidad de campo del suelo se ha reducido al 50%, la intensidad de la evapotranspiración real sólo llega al 50% de la evapotranspiración potencial.

El cálculo de la evapotranspiración según el método de Papadakis se simplifica con la aplicación de una tabla muy detallada que proporciona entradas ya sea con grados centígrados o Fahrenheit.

En los Cuadros Nos. 23 al 25 se presenta los balances hídricos de las estaciones meteorológicas de las estaciones consideradas en el estudio, donde se determinan las deficiencias y excesos hídricos respectivos que nos han servido para el trazado de las isolíneas básicas para la determinación de las áreas potenciales de introducción de especies forestales.

b. Suelos

Esta categorización se basa en el estudio realizado por ONERN (Cuadro N° 21), publicado en 1971 (118). Dicho documento fue seleccionado por ser el más actualizado y que en realidad sintetiza los trabajos realizados en el Perú al respecto y que para el nivel de aproximación del presente trabajo resulta un poco general. Esta clasificación de ONERN, de Capacidad de Uso de los Suelos, ha servido de marco general al trabajo de Inventario General realizado por el Ministerio de Agricultura del Perú entre los Píos Pendencia y Mishollo y que ha servido de base al presente estudio, así como la elaboración del mapa de la zona que permitió clasificar los tipos de bosques como se expone en el Cuadro N° 22 y en la Fig. N° 1 del Apéndice.

Cuadro N° 21 Transformación de las Clases de Capacidad de Uso de los Suelos en Categorías Fisioedáficas.

Especie Forestal	Categoría Fisioedáfica (118)		
	I Muy buena	II Buena	III Regular
<u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u>	VIFP	VIIF	
<u>Toona ciliata</u> var. <u>australis</u>	V	VIPF	VIIF
Araucarias	VIPF	VIIF	

Cuadro Nº 22 Transformación de los tipos de bosques en categorías fisi-
edáficas empleadas en la zonificación de algunas especies
forestales en el Huallaga Central

Especie Forestal	Categoría Fisiocedáfica		
	I Muy Buena	II Buena	III Regular
<u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u>	S-B	CB	CA
<u>Toona ciliata</u> var. <u>australis</u>	S-B	CB	CA
Araucarias	CB	CA	S-B

4.2 Mapas de Zonificación

La aplicación de la metodología empleada da como resultado final la obtención de los Mapas de Zonificación de Especies Forestales que se expone en la Fig. Nº 1 del Apéndice. Este mapa, como ya se ha puntualizado, es de una segunda aproximación, a nivel de subzona y se ha elaborado en base al análisis de los datos compilados para la zona, así como los resultados de la información estudiada.

4.2.1 Elaboración de mapas factoriales

En esta etapa se han elaborado una serie de mapas factoriales con la información estudiada en base a los parámetros calculados y a los rangos de tolerancia ecológica para cada especie forestal estudiada.

El fondo cartográfico empleado, con el fin de dar la mayor precisión, es la escala de 1:50,000. Por conveniencia de presentación se expone el mapa final de zonificación a escala de 1:200,000 (Fig. Nº 1 del Apéndice).

En el caso de los mapas térmicos, se establecieron las isotermas empleando las diversas ecuaciones estimadoras encontradas en el desarrollo del método (Ver Cuadro N° 18).

En el caso de los mapas factoriales hídricos, se trazaron las isolíneas correspondientes a las magnitudes de los excesos y deficiencias hídricas calculados mediante los balances hídricos respectivos a la zona de estudio, algunos de los cuales se presentan en los Cuadros Nos. 23, 24 y 25; así como un resumen de los balances hídricos calculados que se presentan en el Cuadro N° 26 del Apéndice.

4.2.2. Síntesis cartográfica sucesiva

La primera síntesis se logró al superponer los mapas factoriales correspondientes a las variables agroclimáticas, de tal forma que el mapa factorial hídrico se situara sobre el mapa factorial térmico, quedando delimitada el área denominada agroclimática general.

Esta área agroclimática se recortó al superponer el mapa factorial de variables fisiológicas, obteniéndose de esta forma una síntesis final que corresponde a lo que se conoce como "Zonificación ecológica".

Para cada especie forestal estudiada se ha efectuado el mismo procedimiento, obteniéndose los mapas de zonificación que acompañan al presente trabajo (Fig. N° 1 del Apéndice).

Se comprenderá que dadas las variables que se han presentado para cada elemento agroclimático, resultaría una combinación de ellos un poco difícil de manejar, por esta razón, es que se ha creído por conveniente resumir dichos resultados, es decir, estratificarlos, de tal manera que tendremos las zonas apropiadas para los cultivos (ver Fig. N° 1 del Apéndice) de acuerdo a la siguiente estratificación:

<u>Probabilidad de obtener buenos rendimientos</u>	<u>Clave</u>
Alta	I
Regular	II
Baja	III

4.3 Aplicación práctica del Mapa de Zonificación Forestal

La introducción de especies y la zonificación ecológica de las mismas se presenta en la problemática forestal del Perú, como una posible y valiosa alternativa, ya que en la actualidad se están invirtiendo ingentes cantidades de recursos de capital y humanos en tratar de determinar qué especies forestales son las más apropiadas para las diferentes regiones del país. En dicho intento de introducción, de especies forestales se ha escogido un determinado grupo de especies forestales y se les ha instalado en diferentes zonas de vida, con el fin de estudiar su comportamiento.

Si bien el criterio de las Formaciones Vegetales de Holdridge funciona, no hay que olvidar que para el desarrollo de un Proyecto de Desarrollo Forestal hay que trabajar no ya a ese nivel general que nos proporciona la metodología Holdridge, sino que, hay que realizar los estudios a un mayor detalle, con mucho mayor análisis de información y siguiendo una metodología apropiada que permita una constante evaluación y reajuste.

Estos ensayos de comportamiento de especies forestales conllevan un consumo de recursos, así como del factor "tiempo", ya que se tendrá que esperar probablemente una generación para llegar a una primera conclusión.

La introducción de especies utilizando la metodología de la zonificación forestal propuesta para el presente caso del Huallaga y basada en la metodología desarrollada tiene la ventaja del ahorro de recursos de capital, humanos y

sobre todo de tiempo, ya que permite iniciar la introducción de especies a nivel de grandes rodales de ensayo donde las especies sí manifestarán su comportamiento en el bosque, es decir, desarrollándose en un medio en el que están presentes los múltiples factores característicos de estas biocenosis.

De acuerdo a las características ecológicas de las especies forestales en su habitat natural, y en los lugares donde dicha introducción han sido exitosas o experimentadas, es que se han determinado los rangos bioclimáticos, así como los fisioedáficos, tratando de ubicar situaciones homólogas en la zona de estudio del presente trabajo.

La determinación de las áreas homólogas para las futuras plantaciones experimentales tienen en este caso particular la característica de que el período de crecimiento en el Huallaga Central es más prolongado; sin interferir en el hábito de agoste de las especies introducidas. Conforme las plantaciones se establezcan más al Norte o sea en la zona del Bajo Mayo, indudablemente que se localizarán áreas homólogas con más ajuste y aproximación para la Toona ciliata y Araucarias.

4.4 Prioridad del estudio dentro del Plan de Desarrollo del Huallaga Central

Es ambicioso tratar de bosquejar aquí toda la gama de implicancias que conlleva el estudio de un Plan de Desarrollo Integral de la zona del Huallaga Central; sin embargo, cabe anotar que se han realizado numerosos estudios de diversa índole, incluyendo los de aprovechamiento forestal. Estos estudios se vienen desarrollando desde más de 20 años a la fecha.

Actualmente se encuentran en ejecución dos Proyectos. (a) El Proyecto de Asentamiento Rural y (b) el Proyecto Ganadero.

En ninguno de los dos proyectos se contempla la alternativa de complementar dichas actividades con plantaciones forestales de rápido crecimiento. El problema se agudiza cuando se comprueba que se están utilizando terrenos de vocación forestal (clasificados como lotes) en usos agropecuarios; cuando se comprueba la quema de ingente riqueza de maderas para convertir dichas áreas en pastizales; cuando se abandonan terrenos que solo dan una o dos cosechas debido a que son terrenos forestales y no agrícolas.

También debemos de afrontar el problema del asentamiento rural del campesino, que falto de recursos de toda índole por defecto en la planificación de su empresa, emigra a las ciudades creando los problemas que todos conocemos.

La capitalización del fundo agrícola mediante la forestación sería una de las garantías de estabilización del campesino que actualmente, y quizá por una generación o más, no puede contar con el apoyo económico de los cultivos tradicionales de la zona, limitándose a una economía de subsistencia.

Esta segura capitalización del agro, mediante plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento desde ya, otorga una primierísima prioridad a los estudios de zonificación ecológica de especies forestales en el discutido Proyecto de Desarrollo Integral del Huallaga Central, en base a los bosques aún existentes, a las plantaciones por establecer y al efecto multiplicador de trabajo que tiene la actividad forestal derivada de aquellas.

El método empleado tiende a obtener la mayor precisión en la zonificación ecológica, la cual será proporcionalmente más confiable en cuanto se analicen el mayor número posible de variables ecológicas, sugiriéndose desde ya el empleo y comparación de los puntos de compensación de luz como índices de evaluación fotosintética.

4.5 Bases Silviculturales Alternativas

El manejo de los bosques naturales que aún quedan en la Zona deberá de orientarse hacia una atención especial a las especies maderables comerciales, proporcionándoles una mayor área de desarrollo mediante raleos de las especies indeseables. Podemos agregar, que si en realidad es lo más apropiado es difícil que la empresa privada tome tal iniciativa sobre todo debido al desconocimiento de tal manejo y a la inversión a largo plazo que ello significa.

El empleo de especies forestales de rápido crecimiento como especies arbóreas de sombra para cafetales es una muy buena alternativa y posiblemente la estrategia a seguir inicialmente, para introducir estas especies en la Zona, financiado todo este proceso con los fondos de Diversificación del Café como ya se ha puntualizado anteriormente.

El empleo de especies nativas es otra alternativa; aunque no se conoce el comportamiento de dichas especies; no existen tablas de volúmenes, alométrica, de rentabilidad, etc., como existen de las especies por introducir. Sin embargo, debemos de establecer paralelamente también rodales de ensayos con especies nativas de los cuales se sugieren entre otras:

- Bolaina (Guazuma crinita Mart.)
- Cumala (Virola lorentensis A.C. Smith)
- Tornillo (Edrelinga Catenaeformis Ducke)
- Shimbillo (Inga sp.)
- Cetico (Cecropia setico Snethl.)
- Capirona (Capirona decorticans Spruce)
- Pashaco (Schizolobium excelsum Veg. var.)
- Ishpingo (Amburana cearensis A.C. Smith)

El establecimiento de plantaciones en áreas boscosas de donde ya se han extraído las maderas comerciales, es una alternativa de las más positivas y prácticas. Así se aprovechan las vías secundarias y trochas abiertas durante el aprovechamiento de las maderas.

La última alternativa es la de continuar el actual proceso de deforestación, que de continuar llegará el momento en que se rompa por completo el precario equilibrio ecológico actual con los consiguientes secuelas económicas y sociales que conlleva esta situación.

Prueba del comienzo de esta situación son los 65,000 ha que se encuentran abandonadas (con PURMA) en el Huallaga Central y que representan el 20% del total del área y más del 50% de las tierras de uso agropecuario.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. Se ha determinado una metodología para zonificación de especies, en base a analogías ecológicas que se establecen como resultado y discusión de los respectivos balances hídricos en los cuales se trabaja en base a una capacidad de campo y punto de marchitez para cada localidad.
2. Como resultado de la aplicación del método propuesto se han obtenido los mapas de zonificación forestal a escalas 1:50,000; sin embargo por facilidad en la presentación se exponen a escala 1:200,000.
3. Estos resultados pueden ser aplicables en un estudio a nivel de pre-factibilidad, habiéndose dado las pautas para afinamientos posteriores, cuando se cuente con mayor información.
4. Que dicha zonificación incluye terrenos cubiertos con bosques secundarios (Purmas), que pueden ser inmediatamente incorporados como áreas de plantaciones forestales.
5. Que dicha zonificación incluye terrenos de baja rentabilidad; caso especial de cafetales mal ubicados o en proceso de degeneración; y que en dichas áreas se deben de iniciar plantaciones forestales en forma progresiva, hasta eliminar por completo el cultivo permanente inicial, tendiendo a una efectiva "diversificación de cultivos".
6. Este estudio de zonificación ecológica nos permite iniciar ensayos de comportamiento de especies en áreas de 5 a 10 ha con un alto grado de confiabilidad y ahorro de tiempo en los estudios de factibilidad de Proyectos de Desarrollo Integral.

7. Para la Zona del Huallaga Central se han estratificado las potencialidades de éxito en el establecimiento de plantaciones forestales iniciales en tres jerarquías:
 - 1ra.. Alta probabilidad de obtener buenos resultados.
 - 2da. Regular probabilidad de obtener buenos resultados.
 - 3ra. Baja probabilidad de obtener buenos resultados.

VI. RESUMEN

El objetivo principal del trabajo fue el de establecer una metodología apropiada para la elaboración de mapas de zonificación de especies, en base a la cual se ha elaborado un "Mapa de Zonificación de especies forestales de rápido crecimiento para el Huallaga Central".

El presente trabajo se llevó a cabo a lo largo de una parte del valle del Río Huallaga, comprendida entre las provincias de Leoncio Prado y Mariscal Cáceres en los Departamentos de Huánuco y San Martín, respectivamente, en el Perú. La zona de estudio se conoce también como Huallaga Central, de la cual forma parte.

La metodología se fundamenta básicamente en el establecimiento de analogías ecológicas entre las diferentes partes en estudio, (requerimiento de las especies forestales en estudio y características del Huallaga Central), tratando de estudiar y analizar todos los elementos agroclimáticos disponibles y compensando los registros en la medida de los propios requerimientos del análisis. La revisión de literatura permitió desarrollar y deducir conclusiones preliminares que intervinieron principalmente en el cálculo de los diferentes índices que se describen y en base a los cuales se establecen las analogías ecológicas.

El Mapa de Zonificación de especies forestales se ha confeccionado en base a analogías ecológicas entre los habitats naturales de las especies Pinus caribaea Morelet var hondurensis (Seneclausse) Barret et Golfari, Toona ciliata var australis M. Roem, Araucaria cunninghamii Sweet, Araucaria hunsteinii K. Schumann y parte de la zona del Huallaga Central. Las especies escogidas

para su introducción en el Huallaga Central se han determinado en base a un estudio detenido de sus requerimientos agroclimáticos no sólo en sus habitats naturales, sino también en los lugares donde dichas especies ya han sido introducidas con notable éxito.

Para cada especie forestal se han elaborado mapas factoriales correspondientes a las variables agroclimáticas. Estas áreas se recortaron superponiéndolas al mapa factorial de variables físico-edáficas, obteniéndose de esta forma una síntesis final que corresponde a la zonificación ecológica.

Dadas las variables con que se ha trabajado para cada elemento agroclimático y físico-edáfico de difícil expresión cartográfica, por lo abundante de ella, se hizo una estratificación sintética, de tal manera que tendremos en el mapa, zonas de alta, regular y baja probabilidad de obtener buenos rendimientos.

Concluye el trabajo con un Mapa de Zonificación Forestal jerarquizado a escala de 1:200,000.

SUMMARY

The principal objective of this work was to establish an appropriate methodology in the elaboration of Species-zoned Maps, and from this research it has been possible to make a "Zoned map for quick-growth forest species in the Central Huallaga".

This research has been carried out in part of the Huallaga River's valley, between the provinces of Leoncio Prado and Mariscal Cáceres, departments of Huánuco and San Martín in Perú. The studied area is also known as the Central Huallaga zone, from which it is part.

The methodology is basically founded on the establishment of ecological similarities between the different studied areas (requirements of the woody species being studied and characteristics of the Central Huallaga zone), studying and analyzing the available data of agronomic and climatic conditions and also filling other data according to the analytical requirements.

The existent literature has been analyzed and thanks to it, it has been possible to develop preliminary conclusions based on which the different "indexes" that are described were calculated on the basis of which are established the ecological analogies (similarities).

The zoned map for Forest Species has been made on the basis of ecological analogies between the natural habitats of: Pinus caribaea Morolet var. hondurensis (Seneclausse) Barret et Golfari, Toona ciliata var australis M. Roem, Araucaria cunninghamii Sweet, Araucaria hunsteinii K. Schumann; and part of the Central Huallaga zone, the same that was located after a preliminary study of some agronomic and climatic data. The chosen species to

be introduced on the Central Hualiaga have been obtained after studying their ecological requirements not only from their native habitats, but also from places where these plants have already been successfully introduced.

Factorial maps corresponding to the agroclimatic requirements have been made for each studied species. These maps were cut and placed over other factorial maps that corresponded to physical plant-soil requirements. This way, a final synthesis for the ecological zoning was obtained.

Since the agronomic, climatic, physical and plant soil relations requirements are not easy to be graphed, because of the many data to be represented, a synthetic stratification was made, therefore on the map will be found high, medium and low chance zones of obtaining good yields.

The work finished with a degreeed Forest Zoned Map at a 1:200,000 scale.

VII LITERATURA CITADA

1. AMAT y LEON, E. Pluviometría andino-occidental del Perú en función de latitud (Hoya del Pacífico. Ministerio de Agricultura del Perú. Dirección de Aguas de Regadío. Boletín 1(1):56-60. 1964.
2. ANONIMO. Pinus caribaea Mor et P. elliottii Eng.; caracteres silvícolas et méthodes de plantations. Bois et Forêts des Tropiques 62:21-27. 1959.
3. ANONIMUS. Taxonomy and ecology of wood destroying fungi. Reporter Forester Products Australian, 1965-1966. p. 39.
4. ARDEY, J. H., CLIFORD, L.T. and GAY, F.J. Termite damage to plantation-grow Hoop pine in New Guinea. In International Congress on Entomology 12th. London, 1964. Proceeding. London 1964. Proceeding. London, 1965. pp. 680-681.
5. AUBREVILLE, A.M. Conferencias sobre ecología forestal tropical. Turrialba, IICA, 1965. 74 p.
6. BANCO CENTRAL DE HONDURAS-INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. Informe sobre el proyecto de zonificación ecológica de los cultivos. (Segunda aproximación). Turrialba, IICA, 1971. pp. 32-33.
7. BARNARD, R.C. and BEVERIDGE, A.E. Exotic trees in the Federation of Malaya. Kuala Lumpur, Yau Seng Press, 1957. p. 34.
8. BARRES, H. Diversificación agrícola en las zonas en que se cultiva café en condiciones económicas marginales. Turrialba, IICA, 1968. 6 p. (mimeografiado).
9. _____ . Man made forest. La nueva ola. In Seminario, Turrialba, May 16, 1967. Resumen. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 1 p. (mimeografiado).
10. BARRET, W. y GOLFARI, L. Descripción de dos nuevas variedades del "Pino del Caribe". Caribbean Forester 23(2): 59-71. 1962.
11. BASEDEN, S.C. Notes on deficiency symptoms in forestry nurseries. The Papua and New Guines Agricultural Journal 13(2):76-77. 1960.
12. BAUR, G. N. Tratamiento de los montes higrofiticos. Unasyllvia 18(1):18. 1964.

13. BAUR, G.N. Nature and distribution of rain forest in New South Wales. *Australian Journal of Botany* 5(2):190-223. 1957.
14. BECKING, J.H. et al. *Agrarische winkler prins*. Amsterdam, Elsevier, 1954, v3. pp. 545-546.
15. BEGEMANN, H.F. *Lexicon der Nutzhölzer*. Augsburg, Verlag Emmi Kittel, 1963. p. 526.
16. BENTHALL, A.P. The trees of Calcuta and its neighbourhood. Calcuta, Thacker Spink, 1946. pp. 110-111.
17. BEY, C.R. Genotypic variation and selection in *juglans nigra*. Ph. D. thesis. Iowa State University, 1968. 87 p.
18. BORNEMISZA, E. e IGUE, K. Oxidos de hierro y aluminio libres en suelos tropicales. *Turrialba* 17(1):23-30. 1967.
19. BROOKS, C.E.P. and HUNT, T.M. The zonal distribution of moisture over the earth. *Memorial Royal Meteorologhycal Society* 3:139-157. 1930.
20. BUDOWSKI, G. Los bosques de los trópicos húmedos de América. *Turrialba* 16(3):278-285. 1966.
21. BURGOS, J.J. Estimación de régimen térmico de Venezuela por el método de los gradientes medianos de De Fina y Sabella (Venezuela) *Agronomía Tropical* 15(1-4):9-26. 1965.
22. _____ y REYES, H. Tipos agrocliméticos mundiales del cacaoero. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 15(1-4):169-191. 1965.
23. CAIN, S.A. *Foundations of plant geograpy*. New York, Harper and Brothers, 1944. 556 p.
24. CALLAHAM, R.Z. Investigación de procedencias; estudio de la diversidad genética asociada a la geografía. *Unasylnva* 18(2-3):40-50. 1964.
25. CANDOLLE, C. de. *Meliaceae DC.* In Smith, C.E.Jr. A revision of *Cedrela fieldiana*. *Botay* 29(5): 298. 1960.
26. CEDRELA ODORATA L. et TOONA CILIATA M. ROEM. Caracteres sylvicoles et methodes de plantacion. *Bois et forets des Tropiques* N°81:29-34. 1962.
27. CENTRO TROPICAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES. Datos de crecimiento de plantaciones forestales. *Caribbean Forester* 21(1-2):108-109. 1960.

28. CHAMPION, H.J. and BRASNET, N.V. Choise of trees species. Roma, FAO, 1958. pp176-180. (FAO, Forestry development paper N°13).
29. CHEVALIER, A. Les toona's on cedres batards, arbres de reboisement. Revue de botanique appliquée et d'Agriculture Tropicale N°272-274:152-165. 1949.
30. CHOWDHURY, K.A. The formation of grow rings in Indian trees. Part II. Indian Forest Records 2(2):41-57. 1939.
31. _____. The identification of Burma commercial timbers. Indian Forest Records 3(6):14. 1945.
32. CLARKE, G.L. Elementos de ecología. Barcelona, Omega, 1963. 615p.
33. CLAUSEN, J. et al. Experimental studies on the nature of species; III Enviromental responses of climatic races of Achillea. Washington D.C., Carnegie Institute N°581, 1948. 129p.
34. CLEMENTS, H.F. Integration of climatic and physiologic factors with reference to the production of sugarcane. Hawai Planter's Record 44(3):201-233. 1940.
35. CONGRESO NACIONAL SOBRE PRODUCCION, DEFENSA Y COMERCIALIZACION DEL CAFE, Lima, 2-5 agosto, 1971. Conclusiones y Recomendaciones. Lima, Ministerio de Agricultura, 1971. p. irr.
36. _____. Ponencias. Lima, Ministerio de Agricultura, 1971. p. irr.
37. CORNEJO, T. A. Utilización de las aguas superficiales y subterráneas en el desierto costero del Perú. Lima, Universidad Agraria, La Molina, 1968. p28-32 (mimeografiado).
38. CORNER, E.J.H. Wayside trees of Malaya. 2nd. ed. Singapore, Government Printing Office, 1952. v 1. 772p.
39. DABRAL, S.M. Silviculture of the little known timbers of India and their uses. In Symposium on timber, New Delhi, 1959. Proceedings. New Delhi, s.e., 1961. pp. 48-60.
40. _____. Some observations on Araucaria cunninghamii at new forest. Indian Forester 87(5):325-328. 1961.
41. _____ and CHEI, V.N. Attempts at rooting branch cutings of A. cunninghamii, Agatis palmerstonii and some pines. Indian Forester 87(6):390-394. 1961.
42. DALLIMORE, W. and JACKSON, B.A. A handbook of coniferae, 3rd ed. London, Arnold, 1948. p99.

43. DAS, E.S. Buldings timbers of the Punjab. In Symposium on timber, New Delhi, 1959. Proceedings. New Delhi, s.e., 1961. pp 35-41.
44. DAVID B.E. et al. Estudio de mercado y comercialización de productos forestales del Perú. Lima, Universidad Nacional Agraria, Ministerio de Agricultura, 1971. 326 p.
45. DEBAZAC, E.F. Manual des coniferes. Nancy, Ecole Nationales des E ix et Forets de Nancy, 1964. 172 p.
46. ELLENBERG, H. Typen tropischen urwälder en Peru. Journal Forestier Suisse 110(3):169-187. 1959.
47. FAHNESTOCK, G.P. and GARRAT, G.A. Nicaraguan pine (Pinus caribaea Mor.) Yale University, Tropical Woods N°55:1-16. 1938.
48. FLINTA, C.M. Introducción a problemas de economía forestal en América Latina. Roma, FAO/PNUD, 1968. 392 p.
49. _____. Prácticas de plantación forestal en América Latina, Roma, FAO, 1960. 499 p. (FAO, Cuadernos de Fomento Forestal N° 15).
50. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Consulta Mundial sobre genética forestal y mejora del árbol. In Matthews, J.D. Introduction general, Unasyuva 18(2-3):1-5. 1964.
51. FOURNIER O., L.A. Fundamentos de ecología vegetal; autoecología. San José, Universidad de Costa Rica, 1970. pp 13-14. (mimeografiado).
52. _____. Observaciones preliminares sobre la variación altitudinal en el número de familias de árboles y arbustos en la vertiente del Pacífico de Costa Rica. Turrialba 19(4):548-552. 1969.
53. FRANCIS, W.D. Australian rain-forest trees. Sydney, Forestry and Timber Bureau, 1951. pp. 202-203.
54. FREEZAILLAH, B.C.Y. Some notes on Pinus caribaea Mor. grown in Malaya. Kepong, Forest Res. Inst. Res. Pam 54: 1-24. 1966.
55. GACHOT, R., GALLANT, M.N., and MCGRATH, K.P. Forest development in the Amazon valley. FAO/ETAP. Informe N° 71 al Gobierno del Brasil. Roma, 1966. pp 43-66.

56. GARCIA B.J., GUERPA, Y.A y ANDRADE, A.V. Método para compensar registros climatológicos heterogéneos. Venezuela, Boletín Técnico del MAC N° 15, 35 p. 1968.
57. GERRY, E. Foreign woods: *Araucaria klinkii*. In Ntima, O.O. The Araucarias, Oxford, Commonwealth Forestry Institute. Fast growing timbers trees of the lowland tropics N° 3:1-139. 1968.
58. GOLFARI, L. El balance hídrico de Thornthwaite como guía para establecer analogías climáticas. IDIA (Argentina), Suplemento Forestal 3:43-48. 1966.
59. _____. Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. Unasylva 17(1):33-41. 1963.
60. _____. Notas sobre el cultivo de pinos y otras coníferas en la Argentina. Revista Argentina de Agricultura N° 26:14-26. 1959.
61. _____. Regiones potencialmente aptas para plantación de pinos y otras coníferas en América Latina. IDIA (Argentina) Suplemento Forestal N°2:19-48. 1945.
62. GONZALES, R.M. Contribución para planes de ordenación en plantaciones de eucaliptos. Revista Forestal del Perú 3(1):22-41. 1969.
63. _____. Introducción a la ordenación forestal. Lima, Universidad Nacional Agraria, La Molina, 1972. 130 p.
64. GOOD, R.A. A theory of plant geography. In Wilsie, C.P. Cultivos: aclimatación y distribución. Zaragoza, Acribia, 1966. 491 p.
65. _____. The geography of flowering plants. In Wilsie, C.P. Cultivos: aclimatación y distribución. Zaragoza, Acribia, 1966. 491. p.
66. GRIFFITS, D.A. Die back of *A. cunninghamii*. Malayan Forester 29(3):154-162. 1966
67. _____. The mycorrhiza of some conifers grown in Malaya. Malan Forester 28(2):118-121. 1965.
68. GRIJMA, P. y RAMALHO, R. *Toona* spp., posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceae en América Latina. Turrialba, 19(4):531-547. 1969.
69. GROULEZ, J. Premiers resultats des assais D'aclimatation de résineux tropicaux au Congo-Brazzaville. In Colloque International sur les peuplements Forestier Artificiels et leur importance industrielle. Camberra, Australia, 1967. Roma, FAO, 1967. v3 pp. 1461-1469.

70. GUERRA, W. Los recursos forestales de la zona del Río Huallaga entre Pendencia y Mishollo. Lima, Dirección General Forestal, Caza y Tierras, 1970. 10 p.
71. GURGEL, O.A. Filho. Pinus caribaea Morolet var. hondurensis. Silvicultura en Sao Paulo N° 4:203-208. 1965/66.
72. HARDY, H. Efecto de la altitud y la latitud sobre la temperatura. In Trojer H. Curso de climatología, Turrialba, IICA, 1969. p. 31.
73. HARMS, H. and Mattfeld, J. Meliaceae. In Die naturlichen pflancen-familien. Liepzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1940. pp. 44-45.
74. HAVEL, J.J. Plantation establishment of klinki pine in New Guinea. Commonwealth Forestry Review 44(3):172-187. 1965.
75. HOLDRIDGE, L.R. Life zone ecology. Rev. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
76. HOPKINS, A.D. Bioclimatics, a science of life and climatic relations. Washington, U.S. Department of Agriculture. Misc. Pub. N° 280, 1938. pp. 12-4.
77. HOUTTE, VAN J. Detalles sobresalientes de las forestaciones en Sud Africa. Revista Forestal Argentina 1(2):66-70. 1957.
78. HUDDLESTON, E.B. and BOOTLE, K.R. Utilization of low altitude tropical pines; exotic pines utilization in N.S.W. In World symposium on man-made forest and their industrial importance. Camberra, Australia, 1967. Roma, FAO, 1967. v3 pp. 2038-2049.
79. INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY. Annual Report for 1961. Caribbean Forester 23(1):1-14. 1962.
80. ISMAIL, B.H.A. A note on a visit to the forest of Papua and New Guinea. Malayan Forester 27(4): 354-360. 1964.
81. JANE, F.W. The structure of timbers of the world. In Ntima, O.O. The araucarias. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. Fast growing timber trees of the lowland tropics N° 13:1-139. 1968.
82. JOHNSTON, D.R. Structure drawings to specimen woods. Wood 18(5): 112-119. 1953.
83. KABANOV, N.E. Applicability of the principles and methods of the soviet phytocenology in the explorations of the tropical forest. Translated from Russian by Kessel I.V. USSR State Forestry Committee. Papers for the World Forestry Congress 6° Moscow, Lesnaya Promishlennost, 1966. pp. 485-495.

84. KENDREW, W.G. Climatology 3rd ed. Oxford, 1949. pp. 75-80.
85. KLAGES, H. K. Ecological crop geography. New York, MacMillan, 1942. pp. 86-94.
86. KOEPPEN, W. Climatología. Traducción de la 2da. ed. alemana por P.R. Hendrichs. México, Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
87. KRAEMER, H.H. Native woods for construction purpose in the western pacific region. Washington D.C. Bureau of Yards and Docks, Navy Department, 1944. pp. 140-141.
88. _____ . Native woods for construction purposes in the south China Sea Region. Washington D.C. Bureau of Yards and Docks, Navy Department, 1945. pp. 120-121.
89. LAMB, A.F.A. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. In FAO Committee on forest development in the tropics; Report of the first session Rome 18-20, October 1967. Rome, FAO, 1968. pp. 73-88.
90. _____ . Choice of pines for lowland tropical sites. In World Symposium on man made forest and their industrial importance, Canberra, Australia, 1967. Roma, FAO, 1967. v2. pp. 1013-1029.
91. LAMPRECHT, H. Estudios silviculturales en los bosques del valle de la Mucuy cerca de Mérida. Mérida. Universidad de los Andes. 1954. 130 p.
92. _____ . La silvicultura tropical en relación con el establecimiento de plantaciones forestales y el manejo de los bosques naturales. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano (Venezuela) N°22: 18-32. 1966.
93. LANGLET, O. Studier over tallens fysiologyska variabilitet och dess samband med klimatet. Medd. Statens Skogsforssok-sanstalt 29: 219-470. 1936. (Original no consultado; citado por Namkoong, G. Nonoptimality of local races. In Southern Conference on forest tree improvent, 10^o Proceedings. Rome, 1969. pp. 149-153.).
94. LEOPOLD, C.A. Plant growth and development. New York, McGraw Hill, 1964. pp. 329-347.
95. LETOUFNEUX, C. Les methodes de plantations forestieres en Asie tropicales. FAO. Cahier N° 11:178. 1957.

96. LITTLE, E.L. Jr. and DORMAN, K.W. Pinus elliottii; including South Florida slash pine; nomenclature and description. U.S. Forest Service SPESP N°36: 1-82. 1954.
97. LIVINGSTON, B.E. Physiological temperature indices for the study of plant growth in relation to climatic conditions. Physiological Research 1:399-420. 1916.
98. LOAYZA, V.H. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento inicial del P. caribaea var hondurensis y E. saligna en plantación. Tesis Mag. Sc., Turrialba, IICA, 1967. pp. 18-23. (mimeografiada).
99. LOJAN, L. Aspectos del crecimiento diamétrico quincenal de algunos árboles tropicales. Turrialba 15(3):231-237. 1965.
100. LUCKHOFF, H.A. The natural distribution, growth and botanical variation of Pinus caribaea Mor. and its cultivation in South Africa. Annals University Stellenbosh 39:26-36. 1964.
101. LYSENKO, T.D. Heredity and its variability. Translated by Dobzhansky, T. New York, Kings Crown Press, 1946. pp. 67-96.
102. MAGINI, E. y TULSTRUP, W.P. Notas sobre semillas forestales. Roma, FAO, 1956. pp. 121-122. (FAO. Cuaderno de Fomento Forestal N° 5).
103. MASON, H.L. The principles of geographic distribution as applied to floral analysis. Madrono N°3: 181-190. 1936.
104. MCKENZIE, T.A. Curso para investigadores y profesores; Evaluación del mercado actual y potencial de Costa Rica para contrachapado (FAO, FFHC-16). Turrialba, IICA, 1970 25 p. (mimeografiado).
105. MCWILLIAM, J.R. and RICHARDS, B.N. Caribbean pine in Wueensland. Some notes on its behaviour and potentialities. Old. For. Ser. Res. Note 4:1-9. 1955.
106. _____. Caribbean pine (pinus caribaea); some notes on its development and characteristics in Central America. Queensland Forest Service, Research Notes 4: 1-33. 1954.
107. MITCHELL, B.A. Forestry and Tanah-beris. Malayan Forester 26(3): 160-170. 1963.
108. _____. Possibilities for forest plantation. Malayan Forester 26(4):259-286. 1963.
109. _____. The place of exotics in Malayan forestry. Malayan Forester 25(3):224-236. 1962.

110. MURO, J. del C. Génesis de los suelos tropicales del Perú. Lima, J. del C. Muro, 1966. 79 p. (mimeografiado).
111. NAMKOONG, G. Nonoptimality of local races. In Southern Conference on Forest Tree Improvement, 10°. Proceedings. Raleigh, FAO, 1969. pp. 149-153.
112. NEAL, M.G. In gardens of Hawaii. Lancaster, Bishop Museum Press, 1965. 924 p.
113. NICHOLSON, D.I. Variation in Hoop pine. Malayan Forester 27(3): 272-273. 1964.
114. NIKLES, D.G. Stages of receptivity of hoop pine stroboli. Australian Forest Research 1(2):9-10. 1965.
115. NTIMA, O.O. comp. The Araucarias. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. Fast growing timber trees of the lowland tropics Nº 3:1-139. 1968.
116. NUTTONSON, M.Y. Phenology and thermal environment as a means for physiological classification of wheat varieties and for predicting maturity dates of wheat. In Wilsie, C.P. Cultivos: aclimatación y distribución. Zaragoza, Acribia, 1966. pp. 48-59.
117. ODUM, E.P. Ecología; los modernos principios de flujo de energía y ciclos bioquímicos. México, Continental, 1965. 201.p.
118. OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES. Capacidad de uso de los suelos del Perú; tercera aproximación. Lima, ONERN, 1971. 57 p.
119. ORTIS, C.M. Situación de plantaciones forestales en algunos países de América del Sur. In Jornadas Forestales, 5. Los Angeles, (Chile), Nov. 13-15, 1969. Actas. Santiago, Asociación Chilena de Ingenieros Forestales, 1969. pp. 91-96.
120. PAHLEN, EVA KONOPACKI DE VON DER. Número de cromosomas de A. araucana. Revista de Investigaciones Agrícolas (Argentina) 14(4): 349-353. 1960.
121. PAPADAKIS, J. Ecología de cultivos. Buenos Aires, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1954. 461 p.
122. PARDE, L. Les coniferes. Paris, La Maison Rustique, 1955. p. 184.
123. PERU. MINISTERIO DE AGRICULTURA/UNDP 119. The Huallaga Project; forest inventory of the project area. Tarapoto, Ministerio de Agricultura, 1967. 58 p.

124. PERU. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Plan Forestal Nacional. Lima, Dirección General Forestal, Caza y Tierras, 1971. p. irr.
125. PETIT, P.M. Some characteristics of the leaves of trees in three types of tropical lowland forest. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Summary of Seminar N° 617. 1968. 2p (mimeografiado).
126. PHILLIPS, J. Utilización de los bosques tropicales; plantaciones y usos industriales de las maderas. Turrialba, IICA, 1963. 21 p. (mimeografiado).
127. POYTON, R.J. Notes on exotic forest trees in South Africa; Commonwealth Forestry Conference Australia and New Zealand, 1957. Pretoria, South Africa, The Government Printer, 1957. pp. 62-66.
128. RICHARDS, B.N. Introduction of the rain forest species *A. cunninghamii* to a dry sclerophyll forest environment. The Hague, Plant and Soil 27(2): 201-216. 1967.
129. RICHARDS, P.W. Estudio de la vegetación tropical. Unasyuva 10(4): 171-175. 1956.
130. _____, TANSLEY, A.G. y WATT, A.S. The recording of structure, life and flora of tropical forest communities as a basis for their classification. Oxford Imperial Forestry Institute. Institute Paper N° 19: 15 p. 1939.
131. _____. The tropical rain forest and ecological study. Cambridge University Press, 1952. 450 p.
132. ROEMER, M.J. Familiarum naturalium regni vegetabilis synopsis monographicae. In Smith, C.E. Jr. A revision of *Cedrela Fieldeana* Botany 29(5):298. 1960.
133. RUBEL, E. The replaceability of ecological factors and the law of the minimum. Ecology 16:336-341. 1935.
134. SANCHEZ, C.J. y GARCIA B.J. Regiones mesoclimáticas en el centro y oriente de Venezuela. Agronomía Tropical 18(4):429-440. 1968.
135. SHELFORD, V.E. Animal communities in temperate North America. In Wilsie, C.P. Cultivos: aclimatación y distribución. Zaragoza, Acribia, 1966. p. 44.
136. SILVEIRA, G.G.D.A. O reflorestamento no estado de Minas Gerais. Lavoura 54(4):40-41. 1950.

137. SLEE, M.U. The winter growth of caribbean pine. Australian Forest Forest Research 4(1):15-19. 1969.
138. SMITH, C.E.Jr. A revision of Cedrela Fieldeana. Botany 29(5): 195-341. 1960.
139. SOLDI-CHAVEZ y CIA. S.A. Proyecto integral de irrigación del valle Jéquetepeque. In Cornejo T.A. Utilización de las aguas subterráneas en el desierto costero del Perú. Lima, Universidad Nacional Agraria, La Molina, 1968. p 6.
140. SQUILLACE, A.E. and SILEN, R.R. Racial variation in ponderosa pine. Washington, Forest Science, 1962. Monographie N° 2. 27 p.
141. STREETS, R.J. Exotic forest trees in the British Commonwealth, Oxford, Clarendon, 1962. 765 p.
142. SUDZUKI, F. Absorción foliar de humedad atmosférica en Tamarugo (Proscopis juliflora Phil.). In Cruzado, A. Posibilidad de adaptación de P. juliflora Phil. en la costa peruana. Estación Experimental Agrícola de La Molina. Informe 7-12-70. 1970. 19 p. (mimeografiado).
143. TAYLOR, B.W. The status and development of the nicaraguan pine savanas. Caribbean Forester 23(1):21-26. 1962.
144. TAYLOR, W.P. Significance of extreme and intermittent conditions in distribution of species and management of natural resources with a restatement of Liebig's law of the minimum. Ecology 15:274-379. 1934.
145. TESDORFF, H. Experiments on crossing A. araucana and A. angustifolia (germ) Z. forst-pflanzenz 5:79-84. 1956. (Original no consultado; compendiado en Plant Breeding Abstracts 26(4):674. 1956).
146. THORNTHWAITTE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38:55-94. 1948.
147. _____. The climates of North America according to a new classification. Geographical Review 21:633-655. 1931.
148. _____. y HARE, F.K. La clasificación climatológica en dasonomía. Unasylya 9(2):55-63. 1955.
149. _____. and MATER, J.R. The water balance. Climatology 8:104. 1955.
150. TOSI, J.Jr. Zonas de vida natural del Perú. Lima, IICA, Zona Andina, 1960. 271 p. (IICA. Boletín técnico N° 15).

151. TROPICAL FOREST EXPERIMENT STATION. Puerto Rico. Ninth annual report and program. *Caribbean Forester* 10(1): 81-119. 1949.
152. TSYMEK, A.A. Main principles of forest economics zoning. Translated from Russian by Keesel, I.V. USSR State Forestry Committee. Papers for the World Forestry Congress 6^o. Moscow, Lesnaya Promyshlennost, 1966. pp. 91-96.
153. U. AUNG, DIN. Pinos para las regiones tropicales. *Unasyuva* 12(3): 122-134. 1958.
154. VAVILIOV, N.I. The law of homologous series in variation. *Journal Genetic* 12:47-89. 1922.
155. VEILLON, J.P. Unos aspectos forestales del Perú. In Flinta C.M. *Prácticas de plantación forestal en América Latina*. Roma, FAO, 1960. (FAO. Cuaderno de Fomento Forestal N^o 15).
156. _____. Variación altitudinal de la masa forestal de los bosques primarios en la vertiente nor-occidental de la cordillera de Los Andes, Venezuela. *Turrialba* 15(3):216-224. 1965.
157. WADSWORTH, F.H. Datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales, Centro América y Sud América. *Caribbean Forester* 21 (suplemento): 1-280. 1960.
158. WEBB, L.J. A physiognomic classification of australian rain forest. *Journal of ecology* 47(3):551-570. 1959.
159. WEBERBAUER, A. El mundo vegetal de los Andes Peruanos. Lima, Estación Experimental La Molina, 1945. 776 p.
160. WELLS, O.O. and WAKELEY, P.C. Geographic variation in survival growth, and fusiform-rust infection of planted loblolly pine. Washington, Forest Science. Monographie N^o 11. 1966. 40 p.
161. WENT, F.W. Experimental control of plant growth. Waltham, Mass. *Chronica Botánica*, 1957. 18 p.
162. WHITE, C.T. New Guinea timbers. Australia, *Agricultural Journal* 59(5):278-282. 1944.
163. WHITE, F. Forest flora of northern Rhodesia. Oxford University Press, 1963. 455 p.
164. WHITE, H.H., Jr. Variation of stand structure correlated with altitude in the Luquillo Mountains. *Caribbean Forester* 24(1):46-52. 1963.

165. WHITE, K.J. and CAMERON, A.L. Silvicultural techniques in Papua and New Guinea forest plantation. (Original no consultado; compendiado en Ntima, O.O. The Araucarias, Oxford, Commonwealth Forestry Institute. Fast growing timber trees of the lowland tropics N° 3:1-139. 1968).
166. WHYTE, R.O. Prospección recogida e introducción de especies vegetales. Roma, FAO, 1958. 128 p. (FAO. Estudios Agropecuarios N°41).
167. WILSIÉ, C.P. Cultivos: aclimatación y distribución. Zaragoza, Acribia, 1966. pp. 48-59.
168. WORTHINGTON, T.B. Ceylon trees. Colombo, Ceylon, Colombo Apothecaries'Co. 1959. 429 p.
169. WRIGHT, J.W. Genetics of forest tree improvement. Roma, FAO, 1962. (FAO. Forest and Forest Product N° 16).
170. _____, Introducción de árboles. Unasylva 17(1):28-32. 1963.
171. WRIGHT, S.W. A bibliography on forest genetics and forest tree improvement Upper Darby, Pa., USFS Northeast Forest Experimental Station N° 90. 1955. (Original no consultado; citado por Flinta, C.M. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, FAO, 1960. pp. 163-166. FAO, Cuadernos de Fomento Forestal N° 15).
172. YOUNG, H.F. Mycorrhiza and growth of Pinus and Araucaria. Journal Australian Institute Agriculture Science 6(1):25-36. 1940.

A P E N D I C E

Cuadro N° 23 BALANCE HIDRICO MENSUAL (mm)

Estación: TOCACHE
 Latitud: 8° 11'5
 Longitud: 76° 310

Altitud: 450 m.s.n.m.
 Punto de marchitez: 55mm
 Capacidad de saturación: 130mm

Factores	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Total
Evaporación Potencial	189	154	162	166	158	156	177	175	177	183	175	185	2057
Precipitación	129	259	184	249	294	356	194	188	103	110	117	170	2353
Cambio en el contenido de agua	-60	105	22	83	136	200	17	13	-74	-73	-58	-15	
Agua almacenada en el suelo	55	130	130	130	130	130	130	130	56	55	55	55	
Evaporación real	129	154	162	166	158	156	177	175	177	111	117	170	1852
Deficiencia de agua	60	0	0	0	0	0	0	0	0	72	58	15	205
Exceso de agua	0	30	22	83	136	200	17	13	0	0	0	0	501
Escorrentía	-	-	11	52	120	220	228	234	-	-	-	-	865

Deficiencia de agua = EP - ER

Exceso de agua = Precipitación - Evap. Real

Cuadro N° 24 BALANCE HIDRICO MENSUAL (mm)

Estación: UCHIZA
 Latitud: 8° 25'
 Longitud: 76° 24'

Altitud: 480 m.s.n.m.
 Punto de Marchitez: 55 mm
 Capacidad de campo: 130 mm

Factores	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Total
Temperaturas max.	34.4	34.8	35.	35.4	34.9	34.4	35.4	37.1	35	34.9	34.9	34.3	
Temperaturas min.	13.7	14.3	13.3	14.4	17.4	17.3	17.8	16.5	17.8	17.0	15.9	13.5	
Evap. Potencial	229	234	241	243	216	209	223	263	215	219	225	227	2744
Precipitación	175	316	277	426	338	414	260	406	200	318	129	162	3421
Cambio agua en suelo	-54	82	36	183	122	205	37	149	-15	99	-96	-65	
Agua almacenada en suelo	55	130	130	130	130	130	130	130	115	130	55	55	
Evaporación Real	175	234	241	243	216	209	223	263	215	219	204	162	2604
Deficiencia de agua	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	65	140
Exceso de agua	0	7	36	183	122	205	37	143	0	84	0	0	817
Escorrentía	0	3	21	112	173	275	293	364	0	42	0	0	1263

BALANCE HIDRICO MENSUAL (mm)

CUADRO N° 25

Estación: Brisbane
 Latitud: 27° 28' S
 Longitud: 153° 2' E

Altitud: 45 m.s.n.m.
 Punto de marchitez: 55 mm
 Capacidad de campo: 130 mm

Factores	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Totales
Temperatura máxima media	20.3	21.7	24	26.1	27.8	29.1	29.4	29.0	27.9	26.0	23.1	20.8	
Temperatura mínima media	9.4	10.1	12.6	15.6	18.0	19.6	20.4	20.4	19.2	16.4	13.0	10.7	
Evaporación potencial	176	85	96	102	108	114	112	106	86	96	85	75	1241
Precipitación	56	48	49	70	92	128	159	162	148	89	60	72	1141
Cambio en contenido de agua	-98	-37	-47	-32	16	14	47	56	62	-7	-17	-3	
Agua almacenada en suelo	55	55	55	55	55	69	116	130	130	123	106	103	
Evaporación real	104	48	49	70	92	114	112	106	86	96	85	75	1037
Deficiencia	50	37	47	32	16	0	0	0	0	0	0	0	182
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	42	62	0	0	0	104
Escorrentía								21	52				73

Deficiencia= Ep. Pot. - Ep. Real Exceso= Precipitación - Evap. Real

meses de deficiencia fuerte.

Cuadro Nº26 CUADRO RESUMEN DE LOS BALANCES HIDRICOS CALCULADOS PARA LA ZONIFICACION DE ALGUNAS ESPECIES FORESTALES EN EL HUALLAGA CENTRAL.

Localidades	Latitud (g)	Altitud (m)	Deficiencia (mm)	Exceso (mm)	Meses Eco-secos
<u>Perú</u>					
Tulumayo	9°10'S	700	0	973	0
La Morada	8°25'S	500	0	1637	0
Uchiza	8°24'S	480	90	767	3
Monzón	9°14'S	850	0	1396	0
Tocache	8°11'S	450	155	451	4
Tingo María	9°10'S	670	0	1874	0
<u>Australia</u>					
Mt. Pikapenc	29°S	650	242	0	4-5
Valle Kowmung	33°12'S	200	0	383	0
Brisbane	27°28'S	45	154	54	4-5
Darwin (límite)	12°28'S	97	579	570	5
<u>Costa Rica</u>					
Turrialba	10°N	634	150	591	2
<u>Honduras Británica</u>					
Belize	17°29'N	7	85	691	2