

ZONIFICACION ECOLOGICA DE Gmelina arborea Roxb.

Y Eucalyptus globulus Labill. PARA PERU

Tesis de Grado

de

Magister Scientiae

Simón Morales Tejada



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ciencias Forestales Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Junio, 1973

ZONIFICACION ECOLOGICA DE Gmelina arborea Roxb. Y

Eucalyptus globulus Labill. PARA PERU

Tesis

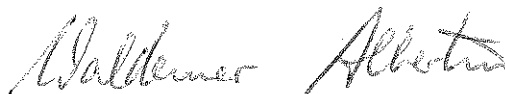
Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



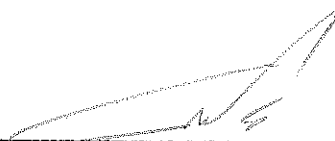
Waldemar Albertin, Ph.D.

Consejero



Leslie R. Holdridge, Ph.D.

Comité



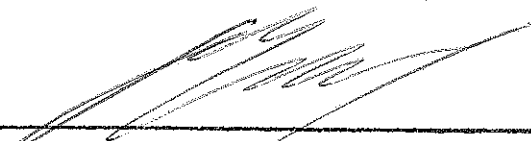
Gilberto Páez, Ph.D.

Comité



Pablo Rosero, Mag. Agr.

Comité



Adalberto Gorbitz, Ing. Agr.

Comité

Junio, 1973

A mis padres

Por ser ejemplos de sacrificio
y dedicación

A mi esposa e hijos

Por ser fuentes de inspiración de
mis más grandes ideales de supera
ción intelectual

A mis hermanos

Por sus constantes estímulos
hacia mi superación profesional

A mi padrino

José Miguel Vallenás

Por su orientación inflexible en el logro
intelectual de mis máximas aspiraciones

AGRADECIMIENTOS

El autor deja constancia de sus más profundos y sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades:

Al Dr. Waldemar Albertin, Consejero Principal y Jefe del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, por su valiosa ayuda en la dirección, planeamiento, así como su amplia colaboración durante la ordenación, análisis, interpretación y redacción del presente trabajo, la que paralela a su constante estímulo moral y franca amistad hizo que la misma llegara a su feliz culminación.

A los miembros de su Comité Consejero, Dr. Leslie R. Holdridge, Dr. Gilberto Páez, Mag. Agr. Pablo Rosero e Ing. Adalberto Gorbitz, por sus oportunas correcciones e invalorable sugerencias para la presentación de este trabajo.

Al Ministerio de Agricultura del Perú, Dirección General Forestal, de Caza y Tierras, Zona Agraria XI, Cusco, por la licencia concedida durante sus estudios.

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Dirección Regional para la Zona Andina, por la ayuda y prórroga de beca recibida para realizar estudios de postgrado.

Al Ing. Eduardo Izquierdo C., Ex-Director General Forestal, de Caza y Tierras del Perú, igualmente al Director de Recursos Forestales y Vida Silvestre, Ing. Luis Julio Cueto A.

Al Ing. Javier Icaza, por su espontánea y franca colaboración.

Al señor Emilio Ortíz, por su colaboración acertada en la elaboración de los mapas.

A sus compañeros de curso, Jaime Tavares Maluf, Alfredo Samaniego, Rodolfo Salazar y Luis Freire, por sus constantes sugerencias en el desarrollo de esta tesis.

A la señora Carmen Martin de Acuña, por su proficua labor en la dactilografía de este trabajo.

A sus profesores y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en los estudios de postgrado y a la realización del presente trabajo. .

BIOGRAFIA

El autor nació en Cusco, Perú, el 28 de octubre de 1938.

Los estudios secundarios los realizó en el Colegio Nacional de Ciencias de Cusco. Cursó estudios superiores en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional "San Antonio Abad del Cusco", graduándose de Ingeniero Agrónomo en el año de 1965.

En el año de 1964 y parte de 1965 trabajó como Profesor y Jefe de Prácticas del Instituto Agropecuario Nº 3 de Urubamba, Cusco.

En junio de 1965 ingresó al Servicio Forestal y de Caza del Perú, donde desempeñó los cargos de Asistente de la Región Forestal de Cusco y Huánuco en 1965; Jefe de la Región Forestal de Huánuco y Pasco en 1966; Encargado de la Sub-Dirección Forestal, de Caza y Tierras de la Zona Agraria VI, Arequipa en 1970; actualmente desempeña el cargo de Supervisor de Clasificación de Tierras y Evaluación Forestal, Zona Agraria XI, Cusco.

De abril a diciembre de 1967 trabajó como Profesor de Dasonomía en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" de Huánuco.

En octubre de 1971 ingresó como Estudiante Graduado del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, en el Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, recibiendo el grado de Magister Scientiae en junio de 1973.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Factores principales del medio ambiente que afectan el crecimiento de especies forestales	5
2.1.1 Factores climáticos	5
2.1.2 Factores edáficos	11
2.1.3 Factores fisiográficos	12
2.1.4 Factores bióticos	12
2.2 Geografía física y clima del Perú	14
2.2.1 El clima	15
2.3 Zonificación ecológica de cultivos	19
2.4 Características botánicas y económicas de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	22
2.5 Distribución geográfica y condiciones climo- edáficas de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	25
2.5.1 Localidades de origen	25
2.5.2 Localidades de introducción	28
2.5.2.1 Sierra Leona	28
2.5.2.2 Costa del Marfil	29
2.5.2.3 Ghana	29
2.5.2.4 Nigeria	30
2.5.2.5 Uganda	32
2.5.2.6 Kenia	33
2.5.2.7 Tanzania	33
2.5.2.8 Malawi	33
2.5.2.9 Zambia	34
2.5.2.10 Sud Africa	34
2.5.2.11 Filipinas	34
2.5.2.12 Malaya	36
2.5.2.13 Islas Salomón	37
2.5.2.14 Islas Fiji	37
2.5.2.15 Honduras Británica	37
2.5.2.16 Puerto Rico	37
2.5.2.17 Costa Rica	38
2.5.2.18 Panamá	38

	<u>Página</u>
2.5.2.19 Colombia	39
2.5.2.20 Trinidad y Tobago	39
2.5.2.21 Brasil	40
2.6 Características botánicas y económicas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	40
2.7 Distribución geográfica y condiciones climo- edáficas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	42
2.7.1 Localidades de origen	42
2.7.2 Localidades de introducción	43
2.7.2.1 Nueva Zelandia	43
2.7.2.2 India	43
2.7.2.3 Ceilán	44
2.7.2.4 Filipinas	45
2.7.2.5 Marruecos	45
2.7.2.6 Camerún	46
2.7.2.7 Etiopía	46
2.7.2.8 El Congo	46
2.7.2.9 Kenia	47
2.7.2.10 Tanzania	49
2.7.2.11 Rhodesia	49
2.7.2.12 Sud Africa	49
2.7.2.13 Estados Unidos	50
2.7.2.14 Haití	52
2.7.2.15 Jamaica	52
2.7.2.16 Puerto Rico	52
2.7.2.17 Guatemala	52
2.7.2.18 Costa Rica	53
2.7.2.19 Colombia	53
2.7.2.20 Venezuela	56
2.7.2.21 Ecuador	57
2.7.2.22 Bolivia	59
2.7.2.23 Paraguay	60
2.7.2.24 Chile	60
2.7.2.25 Argentina	62
2.7.2.26 Uruguay	64
2.7.2.27 España	68
2.7.2.28 Portugal	81
3. MATERIALES Y METODOS	83
3.1 Modelo de zonificación	83
3.1.1 Biotemperatura	84
3.1.2 Precipitación	87

	<u>Página</u>
3.1.3 Pisos altitudinales	87
3.1.4 Humedad ambiental	88
3.1.5 Suelos y factores climáticos menores	91
3.2 Materiales	91
4. RESULTADOS	93
4.1 Zonificación ecológica de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. ..	93
4.1.1 Zonas de vida de las localidades de origen de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	93
4.1.2 Zonas de vida de las localidades de introducción de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	93
4.1.3 Zonificación ecológica de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. en Perú	97
4.1.3.1 Bosque húmedo de la región subtropical ..	97
4.1.3.2 Bosque muy húmedo de la región subtropical	98
4.1.3.3 Bosque muy húmedo premontano de la región tropical	98
4.1.3.4 Bosque húmedo de la región tropical	99
4.2 Zonificación ecológica de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	99
4.2.1 Zonas de vida de las localidades de origen de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	99
4.2.2 Zonas de vida de las localidades de introducción de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	101
4.2.3 Zonificación ecológica de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en Perú	101
4.2.3.1 Bosque seco montano bajo de la región tropical	105
4.2.3.2 Bosque seco montano bajo de la región subtropical	105
4.2.3.3 Bosque húmedo montano de la región tropical	106
4.2.3.4 Bosque húmedo montano de la región subtropical	107
4.2.3.5 Bosque húmedo montano bajo de la región tropical	107

	<u>Página</u>
4.2.3.6 Bosque húmedo montano bajo de la región subtropical	108
5. DISCUSION	110
5.1 Zonificación de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	110
5.2 Zonificación de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en Perú.....	111
6. CONCLUSIONES	116
7. RESUMEN	118
7a. SUMMARY	120
8. LITERATURA CITADA	122
9. APENDICE	133

LISTA DE CUADROS

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Crecimiento de mudas en <u>P. taeda</u> de 64 semanas sobre condiciones de diferentes combinaciones de temperaturas diarias y nocturnas	8
2	Crecimiento del <u>Pinus taeda</u> en relación a diferentes precipitaciones y temperaturas	10
3	Datos meteorológicos de la Costa Peruana	17
4	Datos meteorológicos de la Sierra Peruana	18
5	Datos meteorológicos de la Selva de las Vertientes Orientales del Perú	19
6	Comportamiento de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. en Sierra Leona	29
7	Comportamiento de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. en diversas plantaciones de Nigeria	32
8	Condiciones climo-edáficas y crecimiento de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. en varias localidades de Sud Africa	35
9	Comportamiento de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. en Malaya	36
10	Crecimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en Baguio-Mountain Province y Cagayan-River Basin, Filipinas	45
11	Datos meteorológicos relacionados al crecimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en Kenia	47
12	Tasas de crecimiento y producción de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en diversas localidades de Sud Africa	51
13	Crecimiento y rendimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en condiciones climo-edáficas de Belfast, Sud Africa	51

Cuadro Nº	<u>Página</u>
14	Crecimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en Ríosucio, Colombia 54
15	Crecimiento de especies de <u>Eucalyptus</u> en Gallinazo, Colombia 55
16	Crecimiento de <u>Eucalyptus</u> en la Quinta Equinoccial, Provincia Pichíncha, Ecuador 57
17	Datos climáticos de algunos lugares del clima templado interandino del Ecuador 58
18	Condiciones climáticas de algunas localidades de Chile relacionadas con el cultivo de <u>Eucalyptus</u> <u>globulus</u> Labill. 61
19	Datos climatológicos de Montevideo 65
20	Crecimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en algunas localidades de América Latina 67
21	Datos climáticos de algunas localidades de España donde se cultiva el <u>E. globulus</u> Labill. 69
22	Tablas de producción de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., Provincia Santander, España 70
23	Producción de la plantación de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. durante el primer turno en la plantación de Almonte, Provincia Huelva, España 75
24	Producción de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. durante el segundo turno en la plantación de Almonte, Provincia Huelva, España 77
25	Crecimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en relación con precipitación y tratamiento, Plantación de Almonte, Provincia Huelva, España 78
26	Crecimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en relación con precipitación y temperatura. Plantación de Almonte, Provincia Huelva, España 79
27	Comparación de crecimiento de varias especies de <u>Eucalyptus</u> . Plantación de Almonte, Provincia Huelva, España 80

Cuadro Nº		<u>Página</u>
28	Comparaciones de temperatura y precipitación en varias localidades de España, Australia e Italia, relacionadas con plantaciones de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	80
29	Datos climáticos de algunas localidades de Portugal donde se cultiva <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	81
30	Zonas de vida de las localidades de origen de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	94
31	Zonas de vida de las localidades de introducción de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	95
32	Zonas de vida de las localidades de introducción de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	102

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		<u>Página</u>
1	Influencia de la textura del sub-suelo en el crecimiento de los árboles	13
2	Crecimiento en altura total media de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en cuatro calidades de sitio, Provincia de Santander, España	72
3	Regresión logarítmica volumen/altura para <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. Provincia de Santander, España	73
4	Volumen por clases de calidad para <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. Provincia Santander, España	74
5	Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo, de L. R. Holdridge	86
6	Posiciones aproximadas de las líneas guías de regiones latitudinales y pisos altitudinales del sistema de zonas de vida del mundo, de L. R. Holdridge	89
7	Zonas de vida ecológicamente aptas para el cultivo de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. en Perú	100
8	Zonas de vida ecológicamente aptas para el cultivo de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en Perú ...	109

APENDICE

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Datos climáticos y zonas de vida de las localidades de origen e introducción de <u>Gmelina arborea</u> Roxb.	134
2	Datos climáticos y zona de vida de las localidades de origen e introducción de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.	135
3	Crecimiento de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. en algunas localidades de la sierra central y sur del Perú	136
Figura N ^o		
1	Plantación de <u>Gmelina arborea</u> Roxb., de dos años de edad, en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica, a 620 m s.n.m. Bosque muy húmedo premontano	137
2	Plantación de <u>Gmelina arborea</u> Roxb. de siete años de edad, en Manila, Provincia Limón, Costa Rica, a 50 m s.n.m. Bosque muy húmedo premontano	137
3 y 4	Plantación de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. de nueve años de edad, en Huarón, Depto. Pasco, Perú, a 3.500 m s.n.m. Bosque húmedo montano de la región tropical	138
Mapa N ^o		
1	Mapa ecológico de Perú según el Sistema de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo	

1. INTRODUCCION

Muchos gobiernos establecen organismos y oficinas especiales para planificar sistemáticamente el desarrollo económico latinoamericano. Pero en muchos casos descuidan el papel que los bosques deben desempeñar en el desarrollo integral de los países. En este contexto la introducción de especies de rápido crecimiento está tomando un nivel importante, mediante la sustitución de especies forestales tradicionales de crecimiento lento y condiciones de regeneración difícil por especies exóticas de rápido crecimiento y alto rendimiento. De esta manera se puede conseguir la recuperación de zonas tropicales, antes ocupadas por bosques naturales y hoy destruidas debido al avance acelerado e irracional de las poblaciones y de la agricultura nómada, presentando un panorama tétrico de grandes masas deforestadas en evidente degradación, con un número exiguo de especies forestales de valor comercial relegados a lugares inaccesibles.

Por otra parte, a medida que la población mundial aumenta, se agudiza la escasez de alimentos y materias primas esenciales, entre ellos la madera y otros productos forestales. Así, se puede decir que, debido al aumento del consumo de madera y mediante los adelantos xilotecnológicos, se establecieron plantaciones con especies exóticas prometedoras, pero sin considerar la técnica requerida para tal efecto. En esta forma los resultados esperados se pueden obtener a períodos no menos de 10 años; quizás sea esta situación, el freno al desarrollo forestal en América Latina.

Al no existir un sistema de clasificación de tierras según su

capacidad de uso en función de bioclima y factores edáficos, el sector agropecuario avanza con pasos acelerados sin encontrar ninguna barrera en su movimiento expansivo sobre aquellas áreas sin posibilidades agrícolas permanentes, por tratarse de suelos de aptitud netamente forestal. El establecimiento de plantaciones forestales con un completo desconocimiento de las necesidades ecológicas corre el riesgo de obtener fracasos como los sucedidos con el Pinus insignis (D. Don.) en Sao Paulo, Brasil (51). La inadecuada utilización de los recursos se observa claramente que corresponde a la falta de zonificación con base científica.

El objetivo general del presente trabajo es determinar a través de la zonificación ecológica, aquellas áreas en Perú que sean más aptas para el buen desarrollo de Eucalyptus globulus Labill. y Gmelina arborea Roxb. La primera es una de las especies principales del programa peruano de reforestación y, la segunda, originaria de los trópicos del Asia, tiene una gran posibilidad de constituirse en una de las especies de mayor importancia en las zonas forestales del trópico húmedo peruano. Por su crecimiento rápido, con producción de madera útil para una importante gama de usos, G. arborea se colocaría en una posición destacada entre las maderas tropicales. Fuera del uso múltiple de la madera y de su rápido crecimiento, la especie tiene otras ventajas silviculturales, como la posibilidad de usar varios métodos para plantar, el rebrote al ser cortado y la ausencia de serias enfermedades. Estas condiciones podrían brindar al país importantes ventajas económicas y sociales, como ahorro y entrada de divisas en

un futuro corto.

Se ha decidido hacer la zonificación ecológica de Eucalyptus globulus y Gmelina arborea para Perú debido a las siguientes razones:

a. El Perú es uno de los países que en relación a su superficie territorial, posee mayores recursos forestales de América Latina, pues existen unos 70.000.000 hectáreas de bosques y tierras forestales preferentemente del tipo tropical, esto es el 65 por ciento del territorio (Brasil 60%, Argentina 35% y México 16%) (113). Además, en la propia región amazónica, y en otras áreas de la sierra, la reforestación puede brindar rendimientos elevados, en materia de bosques artificiales.

b. El Gobierno Peruano, a través del Servicio Forestal, ha establecido un plan nacional de plantaciones forestales, a base de eucaliptos en la Sierra, para abastecer el mercado actual y futuro representado principalmente por la minería. Este plan se basa fundamentalmente en E. globulus.

c. Los campesinos de la Sierra peruana cuentan con grandes extensiones de tierra de vocación forestal, las mismas que se han incrementado con el actual proceso de reforma agraria, y que en gran parte son inadecuadas para la explotación agrícola, pero pueden ser aprovechados mediante la reforestación.

d. En el caso particular de G. arborea significaría una base importante para la repoblación forestal futura en las zonas tropicales húmedas peruanas.

e. La disponibilidad de la información necesaria, datos

climáticos y edáficos de las dos especies, facilitaría la zonificación ecológica para el área en estudio.

f. Se conseguiría un incremento de la producción forestal peruana, a través de la utilización de especies de rápido crecimiento y alto rendimiento.

g. Los resultados obtenidos de esta zonificación servirán de base para el planeamiento de otras especies forestales de valor comercial, que posean buenas posibilidades para su introducción.

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

a. Definir las zonas de vida, ecológicamente aptas para el desarrollo de Gmelina arborea Roxb. y Eucalyptus globulus Labill., con base en los requerimientos y exigencias de cultivo de estas especies.

b. Brindar a los organismos encargados de planificación y técnicos forestales, bases más consistentes y seguras, para la elaboración de programas de desarrollo forestal.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Factores principales del medio ambiente que afectan el crecimiento de especies forestales

2.1.1 Factores climáticos

La acción de los factores climáticos sobre las plantas arboreas se hace sentir inicialmente en el aspecto geográfico. Se observa en el globo terrestre que las grandes líneas de su distribución son determinadas por la acción de estos factores (92).

Se analizan las principales implicaciones de los factores climáticos sobre el crecimiento de los árboles.

1) Radiación solar es considerada inicialmente por constituir una fuente primaria de energía del proceso fotosintético, sin el cual no existirán las plantas. El efecto de la radiación sobre el crecimiento puede ser manifestado de varias formas, a través de su intensidad, calidad y duración.

Sin embargo, el espectro de energía radiante es compuesto de luz de diversas amplitudes de ondas; solamente una luz del espectro visible tiene importancia primaria sobre el crecimiento de las plantas, por constituir una parte que es absorbida por ellas (132).

No sólo el efecto de los días cortos puede influir en el crecimiento de las plantas. Ciertas especies de árboles, como Pinus radiata (D. Don) y Pinus elliotti Engelm. puede crecer continuamente, cuando en su estado de crecimiento se suministró luz con duración diaria de 24 horas (35).

Wilsie (132), refiriéndose a los efectos de la luz sobre las plantas, indica que es de fundamental importancia como fuente primaria de energía para el proceso fotosintético. Las plantas que convierten la energía radiante en energía química constituyen el primer paso en el ciclo ecológico de todo ecosistema completo. Según ha sido indicado por Daubenmire, citado por Wilsie (132), la estructura del mesófilo esponjoso y el aparato estomatal permiten un rápido cambio gaseoso. Las longitudes de onda visibles de la luz, tan insignificantes en fotosíntesis, tienen también los más altos valores energéticos. Pero, a pesar de estas condiciones aparentemente favorables, las plantas terrestres más activamente crecientes solamente utilizan para la fotosíntesis cerca del uno por ciento de la radiación visible.

Allard, citado por Wilsie (132), señala que en los equinoccios, 21 de marzo y 21 de setiembre, la duración de los días y las noches es aproximadamente igual en todas las latitudes. El 21 de junio, sin embargo, la duración del día en el ecuador es de 12 horas; a 40° latitud norte, 15 horas; a 60° latitud norte, 19 horas, y en el Polo Norte, 24 horas. Esta diferencia en la duración de los días y las noches, respecto a la latitud, es un factor de gran importancia en la distribución natural de las plantas. Para Wilsie (132), fotoperiodismo es la respuesta de las plantas a la duración relativa del día y la noche. Las plantas que se desarrollan y reproducen normalmente cuando el fotoperíodo es mayor que un mínimo crítico, son denominadas de día largo. Por el contrario, aquellas otras especies que solamente se desarrollan con normalidad cuando el fotoperíodo es menor que un máximo

crítico reciben el nombre de plantas de día corto.

2) Temperatura es un factor climático que puede tornarse decisivo para el crecimiento de los árboles. Como la cantidad de insolación depende de la latitud, altitud y las estaciones del año, se deduce que la temperatura también puede sufrir oscilaciones, según estas condiciones. La acción indirecta de la temperatura se ejerce influyendo en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, transpiración y división celular. Estos procesos están relacionados, de alguna forma, en el crecimiento de los árboles. Una disminución del crecimiento puede ser debida a un exceso de transpiración, causando marchitamiento (69).

El crecimiento de los árboles ocurre en una gran amplitud de temperaturas, pero dentro de ésta hay una temperatura considerada óptima para cada especie. Asimismo, la temperatura óptima en el suelo favorece una rápida absorción por las raíces de las soluciones nutritivas (118).

*El efecto del termoperiodismo en el crecimiento de ciertas especies arbóreas en zonas templadas, puede tornarse en importante factor de crecimiento. Un experimento efectuado por Hellmers (56), con mudas de Pinus taeda de 64 semanas de edad, demostró haber gran diferencia de crecimiento cuando tales mudas fueron sometidas a diferentes intensidades de temperaturas durante los días y las noches. Estos resultados constan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Crecimiento de mudas en P. taeda de 64 semanas sobre condiciones de diferentes combinaciones de temperaturas diarias y nocturnas (56).

Temperatura diaria	Temperatura nocturna		
	7°C	17°C	26°C
	Altura (cm)		
30°C	--	52	29
23°C	60	50	35
17°C	43	38	--

Según estos resultados, el crecimiento resultó mayor cuando la temperatura diaria fue de 23°C y la nocturna 7°C. Esta información todavía no indica que estas temperaturas son óptimas para el crecimiento. Esta diferencia de temperatura entre el día y la noche no afecta el crecimiento de todas las especies. Hellmers y Sundahl, citados por Campos (20), demostraron que Sequoia sempervirens (Lamb) Endl. es insensible a esa diferencia de temperatura.

Podemos decir que la temperatura es un factor importante para el crecimiento de los árboles. Es, por lo tanto, un factor que debe ser considerado cuando se va a elegir una especie para su cultivo en un determinado sitio.

3) El agua es considerada como un factor vital para el crecimiento de las plantas, participando en todos los procesos fisiológicos

y bioquímicos. Kramer (69) se refiere a cuatro funciones importantes del agua: 1) representa 85-90 por ciento del peso fresco de los tejidos en crecimiento y parte constituyente del protoplasma; 2) es reaccionante esencial para factores y procesos hidrolíticos, como en la descomposición del almidón en azúcar; 3) es medio de disolución, en que las sales y otras sustancias atraviesan las paredes celulares y tejidos del xilema, creando un sistema disolvente continuo en el interior de la planta; 4) es esencial para mantener la turgencia, el crecimiento celular, así como la abertura de los estomas.

Para explicar la relación entre crecimiento y humedad, debemos entender que el crecimiento no es directamente controlado por la humedad del suelo, sino por el balance de agua de la planta. Es una razón relativa de la absorción y transpiración que controla este balance. Estos dos procesos, por otro lado, son afectados por las condiciones de humedad del suelo y condiciones atmosféricas (69).

Coile, citado por Campos (20), demostró el efecto de la causa relativa entre la absorción y transpiración, en el crecimiento de Pinus taeda. Este autor concluyó que el crecimiento no estaba relacionado con una precipitación ocurrida; sugiriendo que las altas temperaturas verificadas provocaban un exceso de transpiración, causando déficit interno, disminuyendo consecuentemente el crecimiento. Los datos de esta observación constan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Crecimiento del Pinus taeda en relación a diferentes precipitaciones y temperaturas (20).

Año	Precipitación	Temperatura	Crecimiento
1927	Encima de la media	alta	bajo
1928	Abajo de la media	baja	alto
1931	Abajo de la media	baja	alto
1932	Encima de la media	alta	bajo

El déficit interno de agua puede reducir el crecimiento por la reducción de la fotosíntesis, disminución de la multiplicación celular y otras condiciones internas desfavorables (69).

Se puede decir que hay una correlación positiva entre el crecimiento y agua interna a nivel adecuado y una correlación variable entre el crecimiento y condiciones del medio.

Un exceso de agua puede ser también perjudicial. Este estado es menos común que el de déficit. La acción de exceso de agua en el suelo es perjudicial para el crecimiento, debido a falta de aereación y consecuente provisión de oxígeno. Esto ocurre afectando el crecimiento y funcionamiento de las raíces (132).

Es de notar que árboles en lugares de drenaje deficiente, pueden absorber menos agua que en el suelo seco, disminuyendo el crecimiento, demostrando que el crecimiento no siempre es directamente correlacionado con la precipitación o agua en el suelo.

2.1.2 Factores edáficos

La influencia de suelo sobre el crecimiento de los árboles es debida a sus propiedades físicas, químicas y bióticas. Estas propiedades son interrelacionadas de forma compleja. Como ejemplo de la importancia de un factor edáfico en el crecimiento de la planta se puede decir, en términos generales, que los suelos excesivamente ligeros son menos fértiles que los suelos de textura bien ba lanceada.

El crecimiento de los árboles de determinado lugar está dado por la interrelación de los factores edáficos. Para expresar la acción del medio sobre el crecimiento de los árboles de un bosque, se usa el volumen de madera. La poca altura de los árboles no es debida a la densidad de la repoblación, ni a los factores climáticos, es tá relacionada principalmente por los factores edáficos (69). Esto se puede determinar por la calidad de sitio.

Dentro de los factores edáficos, la textura tiene gran influencia en la "calidad de sitio". Es a través de las partículas menores del suelo que se procesa la captación de los nutrientes por las raíces. En los suelos arenosos la proporción de arcilla es baja, disminuyendo la capacidad de cambio de cationes.

La capacidad de retención de agua por el suelo, así como su aereación, son directamente determinadas por su textura. La textura fina determina menor aereación y más retención de agua, debido al gran espacio capilar. Por otro lado, una textura gruesa proporciona mayor aereación y menor capacidad de retención del agua. Esto

sugiere a que sea la textura media limo arcilloso la que ofrece mejores condiciones para el crecimiento de los árboles (109).

La Figura 1 ilustra hipotéticamente una influencia de la textura del subsuelo en el crecimiento de los árboles.

Según la calidad de suelo, la capacidad de crecimiento de las especies puede ser variable dentro de un mismo sitio. Factores limitantes para unas, pueden no serlo para otras.

2.1.3 Factores fisiográficos

Los factores fisiográficos, según Polunin (102), son de bidos a las estructuras y modificaciones de la superficie terrestre, o sea, por las condiciones topográficas, procesos de sedimentación y erosión y consecuentemente, por la geografía local.

Es evidente el efecto del relieve sobre un clima local. Las cumbres de las montañas casi siempre presentan un clima diferente de aquellas de las partes bajas. El relieve no sólo puede traer alteraciones de los factores climáticos, sino también de los factores edáficos y bióticos. Es conocido que las partes bajas tienen suelos más fértiles que las pendientes. Esto es debido a efectos erosivos sufridos por los suelos.

El efecto fisiográfico sobre el crecimiento de los árboles puede tomar mayor o menor importancia, según las condiciones de relieve del lugar.

2.1.4 Factores bióticos

En el ecosistema del bosque, las plantas constituyen

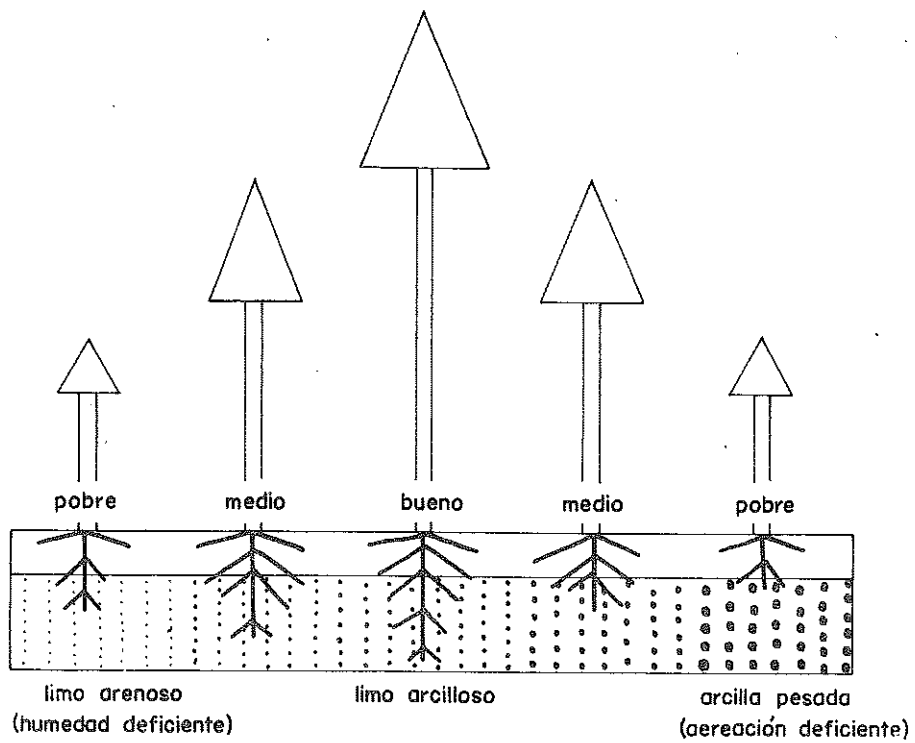


Fig. 1 Influencia de la textura del sub-suelo en el crecimiento de árboles (109)

parte de la comunidad biótica, al mismo tiempo parte del medio de otros organismos, animales o vegetales (132). La importancia de los factores bióticos en el crecimiento de los árboles se debe principalmente por su influencia sobre los factores edáficos.

Es fundamental la presencia de organismos vivos en la descomposición de la materia orgánica, el cual desempeña gran importancia en la nutrición de las plantas (33). El hombre es el más importante de todos los factores biológicos debido a su facultad de modificar muchos otros factores de su medio físico o biológico (132).

*De los factores bióticos, la ausencia de las micorrizas puede constituir un factor limitante en el crecimiento de ciertas coníferas. Estos hongos viven en las raíces, constituyendo una simbiosis importante, como por ejemplo en el cultivo de coníferas. Miller (79) relata un fracaso completo ocurrido en una plantación de Pinus echinata Mill. en terrenos donde no había micorriza, específicamente necesaria para la especie.

Otro aspecto importante en la silvicultura, referente al factor biótico, es la competencia entre los árboles de una masa forestal para utilizar las disponibilidades del medio ambiente. Árboles muy espaciados tienden a producir muchas ramas, con perjuicio para el crecimiento del tronco.*

2.2 Geografía física y clima del Perú

Weberbauer (131) indica que los peruanos dividen el territorio de la República en tres zonas: a) occidental, b) media, y c) oriental. Estas zonas son llamadas respectivamente en el Perú: Costa, que

incluye la zona baja, colinas y llanuras a lo largo del Pacífico; Sierra, que incluye los valles elevados y las altas mesetas de las cordilleras, cuya parte superior, a más de 3.500 m aproximadamente se llama Puna en el sur y Jalca en el norte; Selva, que incluye la región de los bosques de las colinas y llanuras del oriente.

Es lógico que una orografía tan accidentada sea la causa de una enorme variedad de climas, hecho característico del Perú.

2.2.1 El clima

Estando ubicado el Perú en las regiones tropical y subtropical, tiene el clima característico de esta región del mundo, una temperatura media diaria que poco cambia a lo largo del año significa la ausencia de estaciones debidas a grandes cambios de temperaturas, existencia en casi todas partes de un invierno o estación de lluvias y de un verano o estación seca. Es obvio que la topografía de las cordilleras, las enormes diferencias de altitudes, los innumerables valles andinos en direcciones diferentes y cambiantes y, por fin, la corriente marina de Humboldt son las causas de la existencia en el Perú de climas tropicales, desde el desierto hasta la selva pluvial.

Para la obtención de una idea general de las zonas climáticas, se diferencian tres climas principales: a) la Costa, b) la Sierra, incluyendo los valles interandinos, y c) la Selva. Además, se notarán los rasgos climáticos generales siguientes: la extensión del período húmedo y las precipitaciones se acrecientan de sur a norte. Paralelo a esto, el límite inferior de las lluvias invernales de la Sierra, baja en la Costa considerablemente de sur a norte, de 2600 m

en Locumba a 100 m en Chiclayo (125). Según Weberbauer(131) la Costa y la Sierra son más húmedos en el norte que en el sur.

Veillon (125) describe en la siguiente forma, los climas reinantes en las tres zonas en que se ha dividido el territorio peruano:

a) La Costa: está influida por la corriente marina de Humboldt, la cual es la causa del clima costanero característico de esta región. Sin embargo, la costa se divide en varias zonas.

1. La zona de las neblinas o garúas, el cielo es cubierto por meses. Existe una temperatura atmosférica más baja de la que corresponde a la misma latitud y una variación de temperaturas medias mensuales mucho más grande que la de las zonas tropicales en general. Este fenómeno se debe a que existen veranos e inviernos. El verano se presenta durante los meses de calurosos, de sol, de noviembre a marzo. El invierno con neblina se encuentra durante los meses de abril a octubre. Lluvias son excepcionales. Las precipitaciones escasas se deben a las garúas del invierno. Sobre las colinas y lomas costaneras, en barlovento, la neblina aquí se condensa más que en los desiertos planos de la costa. Estas escasas precipitaciones permiten una vegetación poco densa de gramas y árboles pequeños.

2. La zona interior de la Costa es exenta de neblinas y lluvias. A esta zona no sólo pertenece el interior del territorio costanero, sino también cierta parte de la cordillera occidental. Es desértica y tiene su mayor extensión en el sur.

El Cuadro 3 indica temperaturas medias anuales anormalmente bajas para las latitudes y alturas de las estaciones. Las variaciones

Cuadro 3. Datos meteorológicos de la Costa Peruana (125).

Estación	Latitud Sur	Altura (m)	Temperatura medio anual mensual (°C)	Variación temp. media mensual (°C)	Precipitación anual (mm)
Mollendo	17° 04'	15	18,3	6,3	20
Lima	12° 04'	158	19,3	7,4	50
Cerro Atocongo (Lima)	12° 04'	213	--	-	268
Lomas Lachay (Huacho)	----	350	14,0	-	180
Trujillo	08° 05'	47	20,7	7,9	30
Chiclayo	06° 46'	47	21,0	8,2	---
Los Zorritos	03° 40'	12	24,3	4,9	580

de las temperaturas medias mensuales son elevadas para regiones tropicales y precipitaciones insignificantes o escasas.

b) La Sierra: Tiene varios climas según orografía del terreno. Sin embargo, el clima general es caracterizado por precipitaciones invernales de octubre a mayo y a un verano, o sequía, de mayo a setiembre, y además, por temperaturas medianas y bajas debidas a las altitudes medianas y elevadas.

El límite inferior de las escarchas corresponde a una altitud aproximada de 3.000 m, con diferencias de una región a la otra, siendo inferior en las zonas secas (125).

En el Cuadro 4 se puede notar las grandes diferencias climáticas

que existen entre diferentes regiones que no están necesariamente muy alejadas la una de la otra. La zona semidesértica de Arequipa, por ejemplo, no es la única en la Sierra, pero llama la atención por su gran extensión geográfica.

Cuadro 4. Datos meteorológicos de la Sierra Peruana (125).

Estación	Latitud Sur	Altura (m)	Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$)		Precipitaciones anuales (mm)
			media anual	variación promedios mensuales	
Arequipa	16 $^{\circ}$ 22'	2.450	13,8	1,3	108
Puno	15 $^{\circ}$ 50'	3.822	8,3	4,5	963
Cuzco	13 $^{\circ}$ 27'	3.380	10,7	3,8	804
Jauja	12 $^{\circ}$ 04'	3.450	10,9	2,9	584
Cajamarca	7 $^{\circ}$ 10'	2.810	14,6	4,0	1.144

c) La Selva y las vertientes orientales: Las partes bajas tienen temperaturas elevadas que corresponden a la latitud geográfica. Toda la Montaña tiene el clima caliente húmedo amazónico. Los vientos alisios traen humedad en el invierno, y ésta se descarga en parte en las primeras cordilleras andinas, como la Cordillera Azul, por ejemplo, las cuales reciben enormes cantidades de lluvias. Ciertos tramos de muchos valles de las vertientes orientales, sin embargo, por sus condiciones orográficas y por estar en sotavento, tienen un clima relativamente seco.

En el Cuadro 5 se dan unos datos meteorológicos de la Selva.

Cuadro 5. Datos meteorológicos de la Selva de las Vertientes Orientales del Perú (125).

Estación	Latitud Sur	Altura (m)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación (mm)
Tingo María	09° 10'	670	22	3.410
Yurac (Cordillera Azul)	08° 50'	350	25	4.800
San Jorge (55 km oeste Pucallpa)	08° 32'	260	25	2.000
Pucallpa	08° 30'	150	27	1.800
Iquitos	03° 42'	100	28	2.500

Los datos de este cuadro son de un clima normal para las llanuras internas tropicales sudamericanas, sometidas a los vientos alisios del oriente. Las altísimas precipitaciones en Yurac y Tingo María no son excepciones únicas en las vertientes orientales de los Andes tropicales. Además, la Selva también es sometida al cambio muy pronunciado de estaciones, sequía o verano de mayo a octubre e invierno o estación de lluvias de octubre a mayo.

2.3 Zonificación ecológica de cultivos

Existe poca experiencia en el mundo sobre zonificación ecológica de cultivos en el medio tropical, como el llevado a cabo por Papadakis (98) en el Oeste de Africa (Liberia, Ivory Coast, Ghana, Togo, Dahomey,

Nigeria), trabajo basado en un análisis agroclimático y edáfico simple.

En América Tropical resaltan los trabajos que realizó con anterioridad el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (80) para el área centroamericana y los de Aguirre y Salas (6) para frijol en el Istmo Centroamericano. Estos estudios alcanzaron una expresión cartográfica de síntesis y además consideran en el análisis, variables climáticas de preferencia. En estos trabajos se siguió una metodología propia para cultivos perennes, siguiendo la técnica de Holdridge (59).

Otro trabajo interesante realizado en el campo de la zonificación ecológica de cultivos en el trópico americano, son las que se han llevado a cabo en Venezuela, aplicando el concepto agroclimático para la definición de tipos agroclimáticos en un grupo de cultivos tropicales. Este esfuerzo es consecuencia del Seminario Regional de Agroclimatología que se llevó a cabo en Maracay, Venezuela, en 1960. Entre estos trabajos se destaca los de Burgos y Reyes para cacao (17).

Oviedo (96) estudia en Bolivia las bases preliminares de una zonificación del área Andina de altitud superior a los 3600 m s.n.m. en base a estudios efectuados "in situ" por el autor.

Igualmente que para cultivos, en el IICA-CTEI, se realizaron zonificaciones para la ganadería tropical y templada en Costa Rica por García y Manrique (47), y para los países del área Centroamericana por Manrique (76).

Como quiera que el mayor énfasis puesto en trabajos de zonificación han sido orientados a cultivos anuales, cabe destacar los

contados estudios sobre zonificación ecológica para especies forestales.

Golfari (51), tomando en cuenta una gran cantidad de informaciones climáticas agrupadas según la clasificación de Holdridge, más la periodicidad de lluvias, diferencia en América Latina nueve zonas, para cada una de las cuales indica las especies de coníferas que se podrían adaptar con éxito. Es un trabajo orientativo de gran valor para encarar los estudios de mejoramiento e introducción de especies forestales.

Calderón (19) estudia las posibilidades fitoclimáticas de introducción del Pinus ponderosa Dougl. var. ponderosa, Pinus strobus L., Cupressus arizonica Greene, Cupressus torulosa D. Don. y Pseudotsuga menziesii (Poir) Britt. var. viridis. Al mismo tiempo, analiza la supervivencia media de estas especies, con plantas de un año de vivero, comparándola con la especie Pinus radiata. Como objetivo secundario se estudia la supervivencia del Pinus ponderosa y Pinus strobus, según dos edades de vivero. El estudio de introducción se realiza mediante el método fitoclimático de Perrin y el método bioclimatográfico de Griffith Taylor.

Otro estudio importante llevado a cabo en Perú, es la zonificación ecológica de Toona ciliata M. Roem., Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. y dos especies del género Araucaria para el Huallaga Central (Tingo María) por Bohorquez.*

*T. McKenzie y E. Bornemisza, 1973. Comunicación personal.

En el IICA-CTEI, la más reciente contribución a la zonificación ecológica de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. y Eucalyptus saligna Sm. para Nicaragua, corresponde a Maluf (75), cuyo objetivo fue determinar las áreas bioclimáticas aptas para las dos especies indicadas por medio de analogías y diferencias climo-edáficas, permitiendo mayor precisión en la determinación de áreas de introducción. Utilizando estos conocimientos fueron caracterizadas las áreas potenciales para la introducción de las especies en Nicaragua de acuerdo con las metodologías de Burgos y Holdridge.

Otro estudio similar al anterior llevado a cabo por Salazar (116) en el IICA-CTEI, corresponde a la zonificación ecológica de Pinus caribaea Mor. var. hondurensis Barr. y Golf. y Tectona grandis Linn. para Honduras.

2.4 Características botánicas y económicas de Gmelina arborea Roxb.

El género Gmelina, descrito por el botánico alemán J. G. Gmelin, pertenece a la familia Verbenaceae. Dentro de este género se encuentra Gmelina arborea Roxb. conocido con los nombres vulgares Gumhar, Sewan (Hind.), Gomari (Assam), Shivan (Mar.), Shivani (Kan.), Gumadi (Tamil), Yemani (Birmania), y su nombre usado en plantaciones exóticas es gmelina y yemane (28, 70, 90).

Es un árbol deciduo sin contrafuertes, de tamaño medio que alcanza un máximo de 30 m y 120 cm de diámetro, con hojas opuestas ampliamente ovadas, acuminadas, cordiformes, glaucas por el envés, las hojas caen entre enero y febrero y las nuevas aparecen entre marzo y

abril, en su habitat natural. El fuste es sin defectos, casi rectilíneo con copa en forma de cúpula. La corteza es lisa, suberosa, de color marrón pálido gris. Se exfolia cerca de la parte abultada de la base del tronco en los árboles mayores de cinco a ocho años de edad y se ve la nueva corteza de un color más pálido y de aspecto liso. La forma varía de acuerdo con las diferentes condiciones de crecimiento (28, 70, 86).

Las panículas de las flores aparecen desde febrero hasta abril. Son de color pardo oscuro y presentan corolas tubulares irregulares de dos y medio centímetros de longitud, su labio y garganta son amarillos, caen rápidamente de los árboles y cubren el suelo en los alrededores del árbol. Las raíces tienen la misma corteza suberosa de color pálido, y aparecen al nivel del suelo (28, 70, 133). El fruto es una drupa ovoide u oblonga, succulenta, de 2,3 a 3,0 cm de largo, amarillo cuando maduro, con un pericarpio coriáceo lustroso, pulpa de sabor dulce y un hueso de textura dura. El hueso de 1,5 cm a 2,3 cm de largo, ovoide, puntiagudo en un extremo, generalmente con dos cavidades y dos semillas. En plantaciones los árboles empiezan a producir frutos de los tres o cuatro años de edad y la fructificación es regular y abundante cada año. Hay aproximadamente 1400 huesos por kg. La capacidad germinativa de la semilla al estar almacenada durante un año pierde viabilidad a un 70 por ciento (28, 70, 133).

Gmelina crece muy rápidamente durante los primeros seis años de su vida, produciendo ramas gruesas, y fustes muy cónicos donde los árboles están muy separados. Cuando existe competencia con los

árboles vecinos, las ramas son de menor tamaño y se reduce grandemente la conicidad del fuste. A partir del séptimo año el crecimiento en altura se hace más lento. En sitios adversos puede sucumbir en el duodécimo año sin ser atacado por un patógeno primario, pero en sitios aluviales óptimos y en un clima monzónico puede vivir por lo menos 30 o 40 años. No obstante, es un árbol de vida corta. Se regenera fácilmente de cepa (70, 90).

La madera es de color amarillo paja hasta blanco cremoso de grano fino. No tiene olor ni sabor característico. Los anillos de crecimiento son visibles y anuales. El duramen puede tener matiz rosado. La albura es de color gris. Es muy húmeda cuando está recién cortado. Se seca lentamente al aire con muy pocos defectos. Se asierra sin dificultades. Se cepilla fácilmente y se pule bien. Presenta lustre alto. Su excelente comportamiento cuando está aserrada, así como su estabilidad cuando seca, se debe a su baja contracción radial y tangencial (70).

Su peso específico es de 0,43 (99). La densidad promedio es de 480 a 496 kg/m³. La contracción radial, tangencial y volumétrica en condición verde, hasta alcanzar un contenido de humedad de 12 por ciento, es de 3,5; 1,5 y 15 por ciento, respectivamente (70).

La fibra de gmelina es corta, septada y sus dimensiones son: longitud 0,980 mm, diámetro 0,030 mm, espesor de la pared celular 0,005 mm, diámetro del lumen 0,02 mm, coeficiente de flexibilidad 67, y factor de Runkel 0,50 (10, 70).

La madera se emplea para cajones, fábrica de fósforos, fabricación

de madera terciada, elaboración de madera contrachapada, en carpintería, mueblería, ebanistería, postes, puntales para minas, como combustible. Se usa también para construcción de viviendas y cubiertas de barcos. Aunque la madera de G. arborea no se usa actualmente en gran escala por falta de plantaciones extensas, se puede usar para la producción de pulpa y papel. (11, 70, 73, 90, 110).

2.5 Distribución geográfica y condiciones climo-edáficas de Gmelina arborea Roxb.

2.5.1 Localidades de origen

La especie se encuentra en forma natural desde el curso inferior himalayo del Río Chenab (Pakistán Occidental) hasta el sur y sureste de la India, Nepal, Sikkim, Assam, Pakistán Oriental y Ceilán, por toda Birmania hasta Tailandia, Laos, Camboya, Vietnam y las provincias del sur de China, Yunnan y Kwangsi Chuang (25, 70, 90, 110, 133). Según Lamb (70) crece naturalmente en Malaya y las Filipinas; Corner y Merrill afirman que ha sido introducida en dichos países (70).

El árbol crece en forma muy dispersa y es frecuente en los sitios húmedos de Birmania y Chittagong. Es escaso en las regiones más secas, tales como Punjab. Es muy frecuente en el bosque mixto deciduo de Birmania y asociado con Tectona grandis, Terminalia tomentosa, así como con diversas especies de bambú. Ocasionalmente se consigue en el bosque siempreverde. No es común en el bosque de Shorea robusta Gaertn. f. Sal. Se extiende hacia regiones secas de la India Central.

En los montes occidentales de Himalaya crece en las colinas de la parte extrema, así como en Valles hasta 1.200 m de altura, donde se encuentra en forma defectuosa o achaparrada en sitios secos (70, 90, 110).

En su habitat natural la temperatura absoluta máxima a la sombra varía desde por debajo de 37°C hasta 48°C y la temperatura mínima absoluta desde -1°C hasta 16°C. La precipitación normal es de 762 a 2032 mm. Su mejor desarrollo se presenta cuando los extremos de temperatura oscilan desde 18 hasta 35°C, donde existe una estación seca bien determinada, pero la humedad atmosférica nunca es inferior a 40 por ciento. En estos climas la precipitación total es superior a 1.524 mm por año, y es óptima de 1.778 a 2.286 mm anuales. Encima de este límite la mayor parte de la precipitación es ineficaz debido al excesivo escurrimiento y puede causar deterioración del suelo mediante lixiviación. En algunas partes de la India, *Gmelina* es sensible a las heladas (70).

Gmelina vive más tiempo y alcanza mayor tamaño en un suelo profundo y húmedo con un buen suministro de nutrimentos. Es clasificada como especie transitoria en el bosque higrofítico. Crece bien en un bosque alto deciduo en terrenos aluviales profundos. En la India, en suelos secos arenosos sufre de enanismo y adquiere una forma arbustiva debido a que repetidas veces sufre de muerte regresiva causada por la sequía. Bajo dichas condiciones es sensible a la competencia de malezas, especialmente gramíneas, y no puede dominarlas, las hojas se vuelven amarillas, la cubierta de copas es menos densa y el crecimiento

del árbol es más lento. Crece en sitios muy variables en calidad, pero desarrolla mejor en valles aluviales fértiles y húmedos con buen drenaje. Es resistente a heladas moderadas, pero no a sequías extremas (70, 110).

Charlton, citado por Lamb (70), examinó el efecto de la composición del suelo sobre el crecimiento ^{de} y yemane en Birmania y concluyó que su desarrollo se favorece por una acidez creciente a partir de la superficie del suelo y por una elevada acidez a una profundidad de 0,90 a 1,20 m. Esta conclusión no ha sido confirmada por los numerosos experimentos realizados en Trinidad, y Honduras Británica, donde el mejor crecimiento fue observado en valles aluvionales húmedos de limos calcáreos. Como el Cedrela, Gmelina crecerá en forma vigorosa cuando las capas superficiales sean alcalinas o ligeramente ácidas, suponiendo que existan suficientes nutrientes, pero no tendrá éxito en suelos ácidos y lixiviados.

La topografía es importante para la selección del sitio, por cuanto el declive influye sobre la profundidad del suelo y la capacidad de retención de humedad de éste. El crecimiento en valles aluviales profundos el crecimiento de gmelina es mayor que en pendientes escarpadas. Se deberían establecer las plantaciones para producción maderera en pendientes leves o en el fondo de los valles (70).

En Chittagong, Pakistán, gmelina fue destruida por un muérdago (Loranthus scurrula Linn.) y en Dehra Dun por un ataque combinado de hongos e insectos (70).

En la India, yemane ha sido seriamente defoliada por Calopepla

leayana Latreille. El insecto atacó con tanta intensidad las hojas, yemas y ramitas que en dos años acabaron con árboles de cuatro a seis años, en zonas con una precipitación anual de 1.375 mm (70).

En la India y Birmania los termites afectaron el crecimiento de gmelina en escala reducida (70).

En los estados orientales de la India y en Chittagong, Pakistán, en sitios desfavorables, sombreados en suelos arcillosos, yemane ha sido atacado y prácticamente anillado a los 16 años por el hongo Poria rhizomorpha Bagchee (70).

2.5.2 Localidades de introducción

2.5.2.1 Sierra Leona Paic

Introducida de Birmania en 1932 y plantada en pequeña escala hasta 1939, posteriormente se ampliaron en gran escala en Northern Province y ahora es la especie exótica más importante, pero la marchitez de vivero (dieback) limita el establecimiento de plantaciones en algunas regiones. Las plantaciones se establecieron en suelos profundos, fértiles y húmedos, con buen drenaje y con una precipitación anual de 2.000 a 3.250 mm. El crecimiento en altura en sitios buenos alcanzó 3 m en el primer año (110).

El árbol no sobrevive más de 15 años en subsuelos pedregosos que limitan el desarrollo radicular en profundidad. La condición del suelo es de gran importancia donde se planta este árbol para producción maderera (70).

En el Cuadro 6 se presentan crecimientos y rendimientos de G. arborea en una área del sureste de Sierra Leona.

Cuadro 6. Comportamiento de Gmelina arborea Roxb. en Sierra Leona (70).

Parcela	Edad (años)	Nº de fustes (ha)	Diám. promedio (cm)	Area basal (m ² /ha)	IMA* diám. (cm)	IMA en diám. de 40 árb. mayor tamaño por ha (cm)	Crecimiento medio anual en altura (m)	Altura promedio (m)
31/3	3	840	11,2	8,5	12,0	36,5	2,5	7,0
45/9	6	346	22,3	14,0	12,0	35,0	2,0	13,0
45/10	6	420	11,6	10,0	9,0	27,0	2,0	13,5
45/11	6	296	20,7	10,5	11,0	30,0	2,0	13,0
45/5	7	124	31,9	10,0	14,0	36,5	2,0	14,0
45/2	10	148	32,8	13,0	10,0	28,5	1,5	15,0

* IMA = Incremento medio anual

2.5.2.2 Costa del Marfil

En Costa del Marfil, G. arborea es una de las especies mejor adaptadas. Con las producciones se realizan ensayos de pulpa-ción con muy buenos resultados usando el proceso químico al sulfato, así como el proceso semiquímico al sulfato neutro, para la obtención de papel de embalaje, escritorio y de imprenta. También se sometie-ron a ensayo muestras de gmelina de cuatro años de edad para producir combustible (70).

2.5.2.3 Ghana

En la sabana Woodland se establecieron plantaciones

experimentales en pequeña escala de G. arborea, con semillas importadas de la India, con espaciamientos de 2x2 m. Los árboles crecieron mejor en suelos profundos arenosos y húmedos. El crecimiento fue rápido, encima de los 12 m de altura y 12 cm de diámetro en cuatro años (110).

2.5.2.4 Nigeria

En la región oriental de Nigeria, gmelina es la especie exótica más importante, introducida de la India. Se usa la madera en minas en Enugu y como combustible en Onitsha. Ha sido plantada en la Región Occidental empleando estacas bajo el sistema taungya para la producción de postes y leña; alcanzó crecimientos en altura de 13,5 m en 10 años y suprimiendo rápidamente el crecimiento en malas hierbas. Los árboles desarrollaron bien en suelos profundos, húmedos y bien drenados, en las dos regiones (110).

McIntosh (73), refiriéndose a G. arborea en Nigeria, anota que crece mucho más rápido que teca y alcanza 18 m de altura y 45 cm de DAP en 10 años. Esta especie es preferida por su rápido crecimiento y produce palos para construcción, postes, madera aserrada y otros.

Oseni (95) aporta que en la región de la sabana, en Ibadan, G. arborea y otras especies han sido encontradas como prometedoras, en los diversos ensayos llevados a cabo por la Estación Forestal de Investigación de Nigeria.

En las provincias de Oyo, al oeste, y Mamu, al este en Nigeria, se identificó el "dieback" en yemane, como una nueva y seria enfermedad de los árboles, no encontradas en otros países. Añade que

entre cuatro especies ensayadas G. arborea es adecuada para fábrica de fósforos y, por último, señala que en plantaciones taungya de Nigeria Occidental y de Benín se ha empleado con éxito espaciamientos de 3x3 m y 3,50x3,50 m, distanciamientos justificables debido a que el crecimiento es rápido en los sitios del bosque alto, recientemente rozados (85).

Chittenden, citado por Lamb (70), indica cálculos de rendimiento para Nigeria suministrados por la Dirección Forestal de Investigación en Ibadan, en la zona donde originalmente crecía sabana. Sobre suelos arenosos deficientes se consiguen 99 m³ por ha después de 12 años de crecimiento. En suelos de buena calidad, arcilloso o lateríticos, 210 m³ por ha después de 12 años de crecimiento. En los sitios óptimos de sabana, 252 m³ por ha después de 10 años de crecimiento. En la zona del bosque higrofítico se dispone de poca información, pero se señala la cifra de 252 m³ por ha después de ocho años de crecimiento.

Estos datos también suministran un incremento medio anual de 2,8 hasta 10,2 m³ para la zona de sabana y 13 m³ para el bosque alto.

En diversas localidades de Nigeria se encuentran pruebas de establecimiento de plantaciones de G. arborea, en los que se estudió el crecimiento mediante parcelas permanentes muestreadas (84).

En el Cuadro 7 se presentan crecimientos y rendimientos de G. arborea en diversas localidades de Nigeria.

Cuadro 7. Comportamiento de Gmelina arborea Roxb. en diversas plantaciones de Nigeria (84).

Plantación	Edad (años)	Nº árboles por ha	Al-tu-ra media (m)	Diáme-tro medio (cm)	Area basal (m ²)	Volu-men por ha (m ³)	Incre-mento medio anual del diám. (cm)	Observa-ciones
Oloke Meji	32	395	---	25,0	27,5	201,5	0,9	Vol. con corteza
Mamu River	16	380	19,0	23,0	15,6	105,0	0,9	-----
Nimbia	6	1000	11,5	16,0	16,5	---	3,4	Raleado Feb. 1962
Sanga River	7	798	16,0	17,0	21,5	113,5	2,3	-----
Sanga River	4	1660	6,2	10,0	18,3	66,2	3,0	Plantado en 1957
Sanga River	4	1640	6,1	10,0	19,3	65,9	3,1	Plantado en 1957
Sanga River	10	630	17,0	18,0	16,8	---	1,6	-----
Mamu River	6	1435	9,0	10,5	13,4	---	1,6	Sin aclareo

2.5.2.5 Uganda

En las provincias del norte y este de Uganda se establecieron plantaciones de yemane obteniendo crecimientos en altura de 1,80 m por año. Se continúan ensayos en sitios de primera calidad y en altitudes bajas (110).

2.5.2.6 Kenia

Yemane fue introducida en 1932, en el arboretum de Nairobi con resultados satisfactorios, pero crece lento hasta 1,50 m de altura por año (70, 110).

2.5.2.7 Tanzania

Se indica que G. arborea es una especie prometedora para leña, creciendo en áreas secas con una precipitación anual de 750 a 1,000 mm y a una elevación de 900 a 1,200 m (110).

2.5.2.8 Malawi

En Bunda, a 1.140 m de altitud, con una precipitación anual de 875 mm y seis a siete meses de estación seca, en un sitio bueno, se encuentra G. arborea de una edad de 10 años plantada a un distanciamiento de 2,70x1,80 m, alcanzando una altura promedio de 15,30 m y un DAP de 22 cm con corteza. El incremento medio anual en el décimo año fue de 30 m³/ha. En sitios deficientes se obtuvo una tercera parte de este incremento. En general, en la zona tropical y subtropical de Malawi se han ensayado plantaciones de G. arborea en una extensión total de 100 ha, dando buenos resultados para producción de postes y leña, con una precipitación mínima de 750 mm por año y con elevaciones que fluctúan entre 45 a 1.350 m y con una temperatura media anual de 12 a 12,5°C (133). En algunas plantaciones de gmelina, los árboles hasta los 6 m de alto fueron seriamente afectados por las heladas, pero cuando se recortan a la base se recuperan bien (70).

2.5.2.9 Zambia

G. arborea se encuentra introducida en climas secos de la sabana arbolada de Zambia, con una precipitación anual de 1000 a 1250 mm con seis meses de sequía al año. La forma de los árboles con frecuencia es deficiente, en comparación con los lugares de su habitat natural (70).

2.5.2.10 Sud Africa

En la Unión de Sud Africa, existen plantaciones de G. arborea con crecimiento bajo pero generalmente de buena forma y tronco recto sobre amplios límites de elevación de 120 a 1.050 m. La mejor plantación se encuentra al norte a 120 m de altitud con una precipitación de 1.375 mm y libre de heladas, alcanzando una altura media de 15 m y un diámetro de 16 cm, en 21 años, de buena forma y tronco recto, sobre suelos profundos de textura limo-arenosa y con un espaciamiento de 3x3 m (110).

Poynton (103) indica las condiciones climo-edáficas y crecimiento de G. arborea Roxb. de diversas edades en varias localidades de la Unión Sud Africa en el Cuadro 8.

2.5.2.11 Filipinas

Corner y Merrill, citados por Lamb (70), informan que yemane ha sido introducida con éxito en Mindanao, en alturas que varían de 200 a 700 m s.n.m.

Cuadro 8. Condiciones climo-edáficas y crecimiento de Gmelina arborea Roxb. en varias localidades de Sud Africa (103).

Localidad	Altura (m)	Aspecto	Prof. y textura suelo	Precipitación anual (mm)	Heladas	Edad (años)	Nº árboles/ha	DAP (cm)	Altura (m)	Forma
Salique	1.050	S.E.	Prof. limo-arenoso	1.275	Liviana	22	---	21	15	Buena
Klein Australia	1.020	S.E.	Prof. limo-arcilloso	1.250	Liviana	35	47	32	17	Buena
Manubi	180	N.	Prof. limo-arcilloso	1.150	nada	22	370	13	6	Buena
Port. St. Johns	120	--	Med. prof. limo-arenoso	1.375	nada	21	1111	16	15	Buena

2.5.2.12 Malaya

Sandrasegaran citado por Lamb (70), informa de una tabla de datos de rendimiento. Dichos datos suministran el volumen con la leña de ramas en las parcelas de 7 a 11 años en la Reserva Forestal de Bintang Hijan. Parcelas que fueron establecidas en sitios en donde antes habían existido cultivos agrícolas, fueron ligeramente aclareadas según la norma de Sierra Leona. En consecuencia, el tamaño de los árboles es menor y el área basal es elevada.

En el Cuadro 9 se presentan datos de crecimiento y rendimiento de G. arborea.

Cuadro 9. Comportamiento de Gmelina arborea Roxb. en Malaya (70).

Parcela Nº	Espaciamiento (m)	Edad (años)	Altura (m)	Fustes/ ha cuando cortadas	Area basal/ ha (m ²)	Vol. de fustes y leña de ra- mas s. c. hasta un diám. 7,5 cm (m ³)	Creci- miento medio anual (m ³)
1	3x3	7	23,0	995	27,2	256	15
2	3x3	8	23,5	956	29,6	314	16
3	3x3	9	24,0	914	32,1	279	12
4	6x3	11	25,0	558	33,3	314	11

2.5.2.13 Islas Salomón

En la localidad Kukum, en una parcela de ensayo, gmelina alcanzó alturas de 13,5 a 15 m y un diámetro promedio de 21,5 en tres años (110).

2.5.2.14 Islas Fiji

Se importaron semillas durante 20 años y se establecieron pequeñas plantaciones en zonas húmedas, secas e intermedias. El promedio de crecimiento en zonas secas ha sido pobre, pero en zonas intermedias el incremento medio del diámetro en un buen suelo ha sido de 2,2 cm en una plantación de 18 años de edad. En zonas húmedas el crecimiento ha sido más bajo que en la intermedia, habiendo sido dañado severamente por un huracán (108).

2.5.2.15 Honduras Británica

Al oeste de Agustine, se encuentra yemane de seis años de edad, con un DAP de 16 cm y con una altura de 10 m, con precipitación promedio anual de 1.600 mm y con una temperatura promedio anual de 23°C, presencia de heladas, en suelos residuales profundos, de textura arcillosa y de reacción ligeramente ácido (128).

En Silkgrass Forest Reserve, cerca a Stan Creek a 16°40' latitud norte y 88°00' longitud oeste, G. arborea y Tectona grandis fueron establecidos con buenas y variables resultados en una superficie de tres hectáreas (14).

2.5.2.16 Puerto Rico

G. arborea fue introducido en 1972 en el bosque

"Luquillo" (Catalina), en un total de 16 plantas y plantado en suelo arcilloso de topografía plana. La procedencia de la semilla es desconocida.*

2.5.2.17 Costa Rica

En Siquirres, Finca Manila, se encuentran unas 600 ha de G. arborea procedentes de Asia, Africa, Honduras Británica y otros países, de una edad de tres a siete años, alcanzando a siete años de edad, un DAP aproximadamente de 28 cm y una altura de 20 m. En general es de buena forma. Esta plantación se encuentra a una altitud de 50 m s.n.m., en suelos residuales de textura arcillosa** (Fig. 1 del Apéndice).

En Turrialba, IICA-CTEI, en los años 1967-68, se llevaron a cabo ensayos de adaptabilidad y procedencias en bloques y parcelas individuales de varias especies forestales. Entre ellas se encuentra G. arborea con un incremento medio anual en diámetro que varía de 4-5 cm y de un crecimiento medio anual en altura que varía de 2-3 m, pero de forma regular y con troncos bifurcados*** (Fig. 2 del Apéndice).

2.5.2.18 Panamá

Jaén (66) indica que G. arborea, de procedencia africana, es una especie de rápido crecimiento en Panamá, alcanzó en 18

* J. L. Whitmore, 1973. Comunicación personal.

** L. R. Holdridge y P. Rosero, 1972. Comunicación personal.

*** A. Ramírez y R. Morales, 1973. Comunicación personal.

meses una altura de 4,50 m en una parcela en el bosque húmedo tropical con una precipitación anual de 2.800 mm.

2.5.2.19 Colombia

Delgado (34) señala que en Sierra Nevada, Santa Martha, se llevaron a cabo trabajos de adaptación de especies, con un total de 13 parcelas de extensión variable, que abarcan siete formaciones ecológicas, correspondiendo a G. arborea su localización en dos Municipios: La Aguada de Pablo y Pipijayo. La primera con temperatura promedio anual de 28°C, suelos profundos, de textura arcillo-limosa, con topografía ondulada de 20 por ciento, bien drenado; la segunda con temperatura promedio anual de 28°C, suelos de textura franco-arenoso, con topografía de 20 a 40 por ciento. No existen resultados sobre su comportamiento de yemane en los dos Municipios.

2.5.2.20 Trinidad y Tobago

En las localidades de Arena Forest, Melajo y Brigand Hill, fueron establecidas parcelas de G. arborea. En Arena Fores yemane está sujeto constantemente a ataques por parte de hormigas defoliadoras del género Atta que han reducido tanto la vitalidad en una parcela situada en esta localidad que han perecido los árboles. En Melajo crecieron muy lento debido a los suelos pobres. En Brigand Hill el crecimiento fue mucho mejor debido a la disponibilidad de suelos limosos. Las plantaciones de gmelina se encuentran entre 10°03' latitud norte y 60°30' longitud oeste, con precipitaciones que varían entre 1.250 y 2.750 mm (117).

2.5.2.21 Brasil

En la localidad de Viçosa, Minas Gerais, ha sido in tro duc ida en 1972 un total de 81 plantas de G. arborea y, en el Est ado de Pará existen unas 80.000 ha plantadas en bosque secundario pre via mente sometido a tala rasa*.

2.6 Caracteres botánicos y económicos de Eucalyptus globulus Labill.

El género Eucalyptus pertenece a la familia Myrtaceae. Dentro de este género se encuentra Eucalyptus globulus Labill., conocido con los nombres vulgares: gomero azul, eucalipto común, eucalipto azul de Tasmania, eucalipto macho y otros. Fue descrito por Labillardiere en su "Relation du voyage a la recherche de la Perouse"(1, 7, 31, 100, 104). Son sinónimos de esta especie: E. cordata Mig., E. diversifolia Mig., E. glauca D.F., E. perfoliata Desf. y E. delegatensis Dehn (31, 87).

Es un árbol de gran porte que alcanza 40 a 60 m de altura. El tronco es derecho con corteza lisa que se desprende en largas tiras. Las ramillas de la primera edad son glaucas, de sección cuadrangular, con hojas blanquecinas sentadas, opuestas y de intenso aroma. Las hojas de los árboles adultos son alternas, pecioladas, largas, falciformes y agudas, con nerviaciones oblicuas (30 a 40°). Las flores sentadas o insertas en pedúnclo rudimentario se suelen presentar

* R. S. Ramalho, 1973. Comunicación personal.

aisladas y más raramente en grupos de dos o tres en las axilas de las hojas. Tienen un cáliz tetrágono y numerosos estambres blanquecinos cubiertos por un opérculo verrugoso. Los frutos sentados, o con pecíolos cortos y comprimidos, son grandes y leñosos, se abren en cuatro, cinco o seis valvas dejando en libertad numerosas semillas siendo las fértiles negras y redondiadas y las estériles arrugadas, filiformes y más pequeñas. El árbol brota después de ser cortado (1, 7, 21, 31, 52, 64, 78, 82).

La madera es de color amarillo pardo claro con vetas longitudinales grises sin altura diferenciada. Textura mediana, grano derecho a entrecruzado. Los poros son poco numerosos, difusamente repartidos y perfectamente visibles a simple vista. Anillos anuales son poco diferenciados. Tiene fibras libriformes de forma poligonal, ligeramente ondulada y entrelazada, de un diámetro máximo de 10 a 12 micras y de un grosor medio de las paredes de 4 a 5 micras. Es semidura y semipesada con peso específico de 0,70 a 0,80. La contracción radial, tangencial y volumétrica (húmeda) expresada en porcentaje es 7,6; 15,3 y 22,5, respectivamente. Tiene una densidad de 1.104 kg/m^3 en "verde" y de 896 kg/m^3 con 12 por ciento de humedad (18, 29, 31, 52, 82, 89).

La madera de E. globulus tiene un valor alto por su aplicación en la obtención de pasta de papel y rayón. Se utiliza en la construcción de pequeñas embarcaciones, traviesas de ferrocarril, puntales para minas, postes telefónicos, postes telegráficos, postes para cercas, elaboración de parquet, construcción de carrocerías, para combustible,

confección de mangos para herramientas y otros usos (1, 28, 52, 88, 100).

2.7 Distribución geográfica y condiciones climo-edáficas de Eucalyptus globulus Labill.

2.7.1 Localidades de origen

El E. globulus en Australia se encuentra en forma natural, al sur y sureste de Tasmania, al sur de Victoria en los montes Otways y Gippsland. Forma masa pura en algunos casos. En otras es asociado con E. obliqua L'Herit, E. rubida Deane y Maiden, y E. regnans F. v. M. En los suelos pobres de Tasmania aparece con E. viminalis Labill., E. linearis Dehn . y E. salicifolia Cav. La distribución queda entre latitudes de 37 y 43°. Desde el nivel del mar sube a 300 m en Tasmania y a 450 m en Victoria (7, 52, 68, 83). Es una especie típica de las regiones frías del sur de Australia en sitios costaneros o de colinas de abundante precipitación con temperaturas moderadas en el verano y ausencia total de vientos secos y calientes. Según datos procedentes de la estación meteorológica de Hythe, latitud 43°26' a 5 m de altitud en Tasmania, las temperaturas medias del mes más cálido en enero son: máxima 19,2°C, mínima 9,5°C. Temperaturas medias del mes más frío en julio son: máxima 11,5 y mínima 3,5°C. Hay hasta 10 heladas al año. La temperatura mínima absoluta es -4,7°C. Las lluvias con máximo acusado en invierno y alguna nieve incluida, de 500 a 1.500 mm, registradas en 150 a 200 días (52, 78, 83, 87). La topografía es ondulante cerca al mar y de colinas

en otras partes. La gama de elevaciones para el mejor desarrollo es desde el nivel del mar hasta 300 m en Tasmania y en Victoria hasta 450 m. El E. globulus desarrolla mejor en un suelo bien pesado, limoso o franco de buena calidad sin exceso de humedad. Se desarrolla pero no prospera bien en los suelos pobres. El subsuelo debe ser moderadamente bien drenado (82, 83, 100, 112). El E. globulus no ha sido plantado en gran extensión en Australia pero se han efectuado pequeñas plantaciones hasta los 35° latitud sur (89).

2.7.2 Localidades de introducción

2.7.2.1 Nueva Zelandia

El E. globulus crece bien, pero es atacado por Eriococcus sp. Se señala que al sur de esta isla alcanza sus mayores dimensiones, dando rendimientos más elevados que el E. bicostrata (87). Cutten (32) indica que las diversas plantaciones establecidas de E. globulus fueron atacadas por Gonipterus sp. Además, observó que esta especie necesita suelos profundos y húmedos para su buen desarrollo. Se encuentra la especie en altitudes de 0 a 150 m y con precipitaciones de 750 a 1.200 mm.

2.7.2.2 India

Fue introducida en 1843, en las estribaciones del Himalaya y en las proximidades de Simla que tiene clima monzónico, con 1.600 a 2.500 mm de precipitación anual e inviernos suaves. Las mejores plantaciones se encuentran en las Colinas de Nilgeri, Madras, entre 1.500 a 2.500 m de altitud (87, 100). Sahni (105) señala que

en Nilgeri, Madras, fue introducido E. globulus con otras especies forestales, llegando a la conclusión de que el éxito de la introducción de especies depende del grado de similaridad del clima del sitio natural y del nuevo sitio. Los datos básicos en la determinación de esta similaridad son: la estacional, distribución de la precipitación, la cantidad de precipitación anual, la temperatura media anual de los meses más fríos y cálidos y la temperatura mínima absoluta. El origen de la semilla en la introducción de especies forestales es secundario en la selección de especies. Las medidas apropiadas de cuidado son esenciales para frenar la incidencia de plagas y enfermedades. Borota (13) indica que en la localidad de Arambyshola, Colinas de Nilgeri, a una elevación de 2.320 m, con una precipitación de 1.650 mm y una temperatura media anual de 9 a 19°C, el E. globulus alcanzó incrementos satisfactorios a la edad de 100 años. El crecimiento del DAP de dos árboles medidos fue 81,7 cm y de un tercero alcanzó 180,4 cm. Además, agrega que el incremento corriente anual en diámetro promedio de los árboles en una plantación muestreada es de ocho milímetros y el incremento corriente anual del volumen alcanza 26 m³/ha en una parcela muestreada de 1,3 ha con 57 árboles. La parcela presenta suelo de textura arcillosa, profundo, húmedo y rico en humus.

2.7.2.3 Ceilán

Las primeras plantaciones se efectuaron en el año 1890. Los mejores resultados se han obtenido a grandes altitudes de 1.200 a 1.800 m, con precipitaciones de 1.850 a 2.500 mm, siendo las máximas en mayo-junio y octubre-diciembre. Las plantaciones en zonas

bajas han fracasado (87, 100).

2.7.2.4 Filipinas

En la localidad de Baguio - Mountain Province y Cagayan-River Basin, se encuentran ensayos de adaptación de E. globulus con diversos resultados bajo una temperatura promedio anual de 17,9°C y una precipitación que varía de 3.000 a 4.000 mm, con 183 días lluviosos (72).

En el Cuadro 10 se presenta el crecimiento de E. globulus en las provincias de Mountain y Cagayan.

Cuadro 10. Crecimiento de Eucalyptus globulus Labill. en Baguio-Mountain Province y Cagayan-River Basin, Filipinas (72).

Localidad	Edad (años)	Elevación (m)	Crecimientos promedios en 1956		Altura comercial (m)	Suelo	Forma
			DAP (cm)	Altura total (m)			
Baguio Mt. Province	42	1.260	40	21	7	Arcillo-limoso	Buena
Cagayan River Basin	20	300	23	15	-	Arcillo-limoso	Buena

2.7.2.5 Marruecos

Se encuentra el E. globulus en climas similares de Rabat, con precipitaciones medias anuales de 525 mm y temperaturas

medias que oscilan entre 7 y 28,4°C (89).

En Gharb, Marruecos Occidental, sobre suelos arenosos, con 500 mm de precipitación anual y en turnos de 9 a 12 años, esta especie provee 12 m³/ha. En el primer turno en tallar llegan hasta 15 m³/ha (31).

2.7.2.6 Camerún

En Highland y en las montañas de la frontera occidental, junto a la provincia de Bamenda, ha sido introducido el E. globulus sin éxito, en altitudes que oscilan entre 1.000 a 1.500 m, con precipitaciones entre 1.886 a 1.914 mm y con temperaturas medias que varían de 20 a 22°C y las máximas entre 25 a 28°C y las mínimas entre 15 y 16°C (74, 87).

2.7.2.7 Etiopía

Desde el fin del siglo pasado, continúa la plantación de E. globulus en toda Etiopía central. Ahora cubre unas 4.000 ha. Las plantaciones se han hecho por siembra directa y muy poco espaciadas, 1x1 m, a veces menos. Sin embargo, antes de los 35 años no se obtiene el rendimiento medio máximo, que es de 50 m³/ha/año. La producción para combustible, postes y otros se suministran a Addis-Adaba (23, 100).

2.7.2.8 El Congo

Al este y sudeste de El Congo el E. globulus ha sido plantado en zonas extensas, en los distritos de Katanga, Ruanda y Burundi, para suministrar leña a la población local, para aplicaciones

domésticas, industriales y para construcciones. En Katanga se utiliza para puntales en minas. En Ruanda fue un éxito completo su introducción (87).

2.7.2.9 Kenia

Se encuentran 9.600 ha de plantaciones de eucaliptos bien aclimatados. Un 90 por ciento de las cuales consiste en E. saligna y E. globulus en altitudes de 1.500 a 2.700 m y con precipitaciones anuales de 750 a 1.500 mm, con una estación lluviosa de abril-agosto y octubre-noviembre, según la zona (23, 87).

En el Cuadro 11 se presentan las temperaturas relacionadas a la altitud.

Cuadro 11. Datos meteorológicos relacionados al crecimiento de Eucalyptus globulus Labill. en Kenia (23, 87).

Altitud	Temperaturas (°C)			
	Mes más caluroso		Mes más frío	
	Media	Media máx.	Media mínima	Media
240 m	14,5	20,5	8,0	11,5
1.500 m	18,5	37,0	10,5	11,5

A 2.340 m de altitud las plantaciones rinden 175 m^3 por hectárea en un turno de nueve años, pero probablemente se trata de una cifra inferior al promedio (88).

Howland y Freeman (62) indican que la plantación para leña de E. globulus y E. saligna empezó en el Africa Oriental en el año de 1900, posteriormente a esta fecha, las dos especies fueron fuertemente atacadas por el gorgojo Gonipterus scutellatus, que ocasionó daños muy considerables.

En el Arboretum de Nairobi, 15 especies exóticas de eucaliptos han sido atacados en grados variables por el gorgojo del eucalipto, G. scutellatus. El ataque más fuerte se observó en las especies E. maideni, E. viminalis y E. globulus. Se registraron crecimientos en altura de 12 m y 10,5 cm de diámetro, en tres años de edad en 247 árboles/ha (36).

Howland y Griffith (63) indican que el E. globulus se encuentra en el Arboretum de Muguga a 1°13' latitud sur y 36°38' longitud este a 2.100 m de altitud en el Rift Valley, Kenia, con un promedio de precipitación total anual de 1.300 mm acumulados durante enero, abril, julio y octubre. Existen dos períodos altos de precipitación. Las lluvias largas se registran en marzo, abril y mayo, y las lluvias cortas en noviembre y diciembre. La temperatura media anual es de 16°C. Temperaturas diarias máximas raramente exceden 27°C y las bajas se registran en 3°C. El suelo esta formado de una reciente roca volcánica, de textura franca, de color rojo oscuro a marrón, de buena fertilidad y drenaje y de 4,6 m o más de profundidad. El pH es cerca de 6,0. El E. globulus de siete años de edad alcanzó 14,6 m de altura, un DAP de 15 cm y una área basal de 177 m²/ha. El número de árboles/ha es 958, raleado a la edad de tres años. El E. globulus

se encuentra atacado en forma intensa por el gorgojo G. scutellatus.

2.7.2.10 Tanzania

El E. globulus ha sido utilizado en pequeña escala y ha dado resultados satisfactorios, al igual que E. citriodora Hook (100). Se informa que en una localidad de Tanzania, el volumen varía de 350 a 620 m³/ha en 15 años (88).

2.7.2.11 Rhodesia

El E. globulus es una de las especies que mejores resultados ha dado en los confines del desierto de Kalahari, a 1.500 m de altitud y con un promedio de precipitación total de 900 mm por año (87).

2.7.2.12 Sud Africa

Las primeras especies introducidas a fines del siglo XIX fueron el E. globulus, E. tereticornis Sm. y E. camaldulensis Dehn. (23). Scott (107) indica que E. globulus es la especie más conocida y difundida por toda Sud Africa, pero es una de las más susceptibles al ataque de G. scutellatus, por lo que se estudia reemplazar con otra especie. El tronco adquiere buena forma, algunas veces es torcido. El promedio del contenido de humedad de la madera en verde es alrededor del 90 por ciento. Se usa para obtención de madera aserrada, en construcciones, fábrica de carrocerías, mangos de herramientas, postes telefónicos, puntales para minas y otros usos. Poynton (103) indica que probablemente el E. globulus es el primer eucalipto introducido con buen éxito en la Colonia del Cabo y en Natal a 60 m

de altitud, con un promedio de precipitación total de 1.000 mm. Prospera mejor en lugares fríos y húmedos, es moderadamente resistente a las heladas. No es adecuado para condiciones subtropicales. Su plantación ha sido suspendido en la faja de la costa de Zululand. Se utiliza para producción de madera aserrada, postes telefónicos, puntales para minas, como combustible, en construcciones, mangos de herramientas y otros. Los árboles jóvenes son propensos a ser delgados cuando son plantados densas. Las plantaciones en general presentan el ataque del gorgojo del eucalipto G. scutellatus. Este problema limita su propagación en este estado. Crece bien en suelos profundos y fértiles, pero no en los suelos superficiales y muy húmedos. El fuste adquiere buena forma, es derecho y libre de ramas con alturas que pasan los 30 m.

En el Cuadro 12 Poynton (103) presenta tasas de crecimiento de E. globulus en diversas localidades de Sud Africa.

En Belfast, Sud Africa, se observó (103) el crecimiento de E. globulus en condiciones expuestas en el Cuadro 13.

2.7.2.13 Estados Unidos

En 1853 el E. globulus fue introducido a California por Walker. Actualmente es el más adaptado de todos los eucaliptos. Se encuentran unas 20.000 ha para la producción de madera aserrada en los valles que se abren a la Bahía de San Francisco, donde las nieblas estivales compensan las escasas precipitaciones de 584 mm. Espaciado a intervalos de 2,5x2,5 m. Las plantaciones dieron rendimientos medios anuales de $19 \text{ m}^3/\text{ha}$, en un promedio de 10 años (31, 88, 100).

Cuadro 12. Tasas de crecimiento y producción de Eucalyptus globulus Labill. en diversas localidades de Sud Africa (103).

Localidad	Edad (años)	Número de árboles/ha	Altura media (m)	DAP (cm)	Volumen/ha (m ³)
Alexandra	40	247	28,0	40,0	304,0
Concordia	30	156	38,0	38,0	231,0
Concordia	18	652	26,0	18,5	163,0
Kruis Fontein	16	815	19,5	14,5	89,0
Loerie	33	519	18,0	31,0	259,5
Elands River	32	395	15,0	21,5	79,0
Evelyn Valley	36	215	51,0	57,5	86,0
Insizwa	8	353	17,5	18,5	70,6
Kubusie	12	519	28,0	23,0	218,0
Woodbush	20	198	29,0	31,0	154,4

Cuadro 13. Crecimiento y rendimiento de Eucalyptus globulus Labill. en las condiciones climo-edáficas de Belfast, Sud Africa (103).

Altitud m s.n.m.	Aspecto	Prof. de suelo y textura	Precip. anual (mm)	Heladas	Edad (años)	Arboles/ha	DAP	Altura media (m)	Observaciones
1830	N E	Medianamente profundo limo-arenoso	800	Fuertes	37	7	69	35	Arb. derechos

2.7.2.14 Haití

Toussaint, citado por Wadsworth (128), indica que en las localidades de Champelle de Furcy School y Mme. Ziegel se encuentra el E. globulus. La ubicación y las condiciones climo-edáficas en que se desarrollan y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

2.7.2.15 Jamaica

Swabey (111) indica que en la localidad de Blue Mountains, en altitudes de 900 a 1.500 m se establecieron plantaciones de E. globulus, E. viminalis, Acacia melanoxyylon R. Br., A. mollissima Willd. y A. decurrens Willd. con resultados muy prometedores.

2.7.2.16 Puerto Rico

Wadsworth (128) informa que al norte del lago Guajataca, se encuentra el E. globulus. La ubicación, las condiciones climo-edáficas en que se desarrollan y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y Cuadro 2 del Apéndice.

2.7.2.17 Guatemala

Aguilar (5) informa que en las localidades "Las Charcas", "La Aurora", Parque Las Ninfas, en Chimaltenango y Quetzaltenango se encuentra el E. globulus, junto con E. tereticornis, E. citriodora y E. viminalis. Crece bien desde las regiones frías hasta la región templada cálida. Las mejores plantaciones fueron establecidas en clima templado-frío y templado con precipitaciones anuales

de 1.200 a 2.000 mm, en suelos arcillo-arenosos- humíferos, medianamente compactos, pero bien drenados. La instalación de nuevas plantaciones en suelos arenosos friables, volcánicos gravosos, migajones areno humíferos, muestran un crecimiento sano y aceptable.

2.7.2.18 Costa Rica

Lizano, citado por Wadsworth (128), comunica que a 30 km al noroeste de San José y en el Sanatorio Duránd (Volcán Irazú), se encuentra el E. globulus. La ubicación de las condiciones climoedáficas en que se desarrollan y otros datos se encuentran compilados en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

2.7.2.19 Colombia

Sicco (108) indica que las plantaciones de E. globulus se encuentran localizadas en el Departamento de Caldas, en alturas entre 1.800 y 3.100 m. Las plantaciones más importantes son las de Carbonífera de Caldas en Ríosucio y Cementos de Caldas y Neira, para producción de madera. Las plantaciones más antiguas y a mayor altura se encuentran en la cuenca del río Navarro a 3.100 m, con un crecimiento en altura de 25 m y diámetro de 45 cm a una edad de 18 años. En condiciones ecológicas muy favorables a 2.000 m de altitud se notó un mejor crecimiento. También se hicieron plantaciones en forma experimental en Gallinazo, cerca de Manizales, en diferentes épocas de lluvia. Entre las especies de Eucalyptus, el E. globulus es la que ofrece la mejor posibilidad en plantaciones comerciales, en suelos fértiles y con poca pendiente.

Comparando los datos de las diferentes plantaciones se observó que el crecimiento del E. globulus es muy irregular en los sitios. Cuando hay pendientes menores de 15 por ciento el crecimiento promedio es muy superior al obtenido en los de mayor pendiente aunque el suelo sea similar. En general, el E. globulus exige suelos de fertilidad mayor que el promedio existente en las zonas de reforestación, bien drenados, de poca pendiente, pH superior a 5,5 y con materia orgánica. Las plantaciones realizadas en terrenos cubiertos de bosques secundarios que fueron quemados antes de plantar E. globulus mostraron un crecimiento superior a las plantaciones realizadas en potreros (108).

La irregularidad del crecimiento se muestra en los datos del Cuadro 14, obtenidos de las plantaciones de dos años de E. globulus en Ríosucio, con una superficie de 136 ha.

Cuadro 14. Crecimiento de Eucalyptus globulus Labill. en Ríosucio, Colombia (108).

Crecimiento	Altura	Diámetro
	(m)	(cm)
	Promedio	Promedio
Muy bueno	12,0-14	8-10
Bueno	6,0- 7	4- 5
Regular y malo	0,5- 1	--

Basándose en mediciones de los lotes permanentes de crecimiento con 100 árboles cada uno en la plantación de Gallinazo, Colombia, se obtuvieron los siguientes datos presentados en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Crecimiento de especies de Eucalyptus en Gallinazo, Colombia (108).

Especie	Altura promedio (m)			Altura de 10 árboles más altos - 18 meses (m)
	4 meses	12 meses	18 meses	
<u>E. camaldulensis</u>	0,67	1,10	1,28	2,03
<u>E. globulus</u>	0,31	0,93	1,37	2,20
<u>E. gomphocephala</u>	0,50	----	1,28	1,95
<u>E. multiflora</u>	0,59	----	1,00	1,58
<u>E. saligna</u>	0,48	0,87	1,18	1,90
<u>E. umbellata</u>	0,45	1,17	1,43	2,71

Estos lotes se encuentran localizados en suelos y pendientes semejantes. El mejor crecimiento muestran las especies E. globulus y E. umbellata (Gaertn.) Domin.

Falla (45), refiriéndose a E. globulus indica que, con semillas de Australia, es el eucalipto que mejor se ha adaptado en las zonas altas, limitado a formaciones vegetales bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano bajo. Se establecieron unas 10.000 ha de plantaciones de esta especie en Colombia y Ecuador. El mismo

autor (44) manifiesta que en Colombia, el E. globulus no se adapta bien en zonas muy húmedas, debido a que en éstas su desarrollo es defectuoso y propenso a enfermedades fungosas y bacterianas. Es poco tolerante a las heladas. Se desarrolla bien en suelos francos y requiere cierto nivel de nutrimentos, mayor que para el ciprés o pino.

García, Montenegro y Rodríguez, citados por Wadsworth (128), indican sobre diversas localidades de Colombia donde se encuentran E. globulus. La ubicación de éstas, sus condiciones climo-edáficas en que se desarrollan y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

Delgado (34) indica que, en diversas localidades de Santa Marta, Magdalena, se establecieron parcelas de ensayo de varias especies forestales entre ellas el E. globulus, algunas de ellas con éxito y otras han fracasado en su totalidad. La ubicación, condiciones climo-edáficas y resultados y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

2.7.2.20 Venezuela

Gondelles (52) informa que el E. globulus se encuentra en el Estado de Tachira. Es conocido y apreciado en la Zona del Cobre donde lo prefieren para diversos usos. El desarrollo es rápido. Se adapta al clima templado. Se desarrolla bien en terrenos húmedos y en terrenos arcillosos y calcáreos, así como en los cascajosos y sueltos.

Rodríguez, citado por Wadsworth (128) comunica que en diversas localidades de Venezuela se encuentra el E. globulus. La ubicación

de estas localidades, las condiciones climo-edáficas en que se desarrollan, y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

2.7.2.21 Ecuador

El E. globulus es la especie más difundida en el Ecuador (104). Acosta Solís (4) indica que es la especie forestal que mejores resultados ha dado en la Sierra Ecuatoriana y es el único árbol exótico cultivado en gran escala, sea por su crecimiento rápido, por su adaptabilidad a todos los terrenos y suelos andinos arenos, arcillosos, areno-arcillosos y aún duros y compactos, como por su amplitud altitudinal de 1.600 a 3.300 m. En el Cuadro 16 se presentan crecimientos de eucaliptos a distancias de 2,50x3,00 m, en la Quinta Equinoccial, Provincia Pichincha.

Cuadro 16. Crecimiento de Eucalyptus en la Quinta Equinoccial, Provincia Pichincha, Ecuador (4).

Espece	Nº de plantas	Fecha transplante	Edad (meses)	Altura (cm)	Diám. promedio (mm)	Altura*	Diámetro (cm)	Promedio anual de diámetro (mm)
<u>E. globulus</u>	200	I-1950	2	20	2	3,00	10	25
<u>E. globulus</u>	2500	V-1952	3	22	2	1,20	3	16
<u>E. camaldulensis</u>	200	I-1952	12	60	20	2,20	10	33
<u>E. tereticornis</u>	150	I-1952	12	62	21	2,25	10	33

* Alturas y diámetros medidos en diciembre, 1953.

El mismo autor (3) añade que el clima de la región Interandina está clasificado en cuatro series, de acuerdo a las fajas altitudinales, de éstas la que reviste mayor importancia por la existencia de E. globulus es el "clima templado interandino". Se encuentra entre los 2.500 y 3.000 m de los declives interandinos, lluvias entre 500 y 800 mm, con estación seca. Los lugares del clima templado interandino se expresan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Datos climáticos de algunos lugares del clima templado interandino del Ecuador (3).

Lugar	Altitud (m)	Temperatura media (°C)	Oscilación de temp. (°C)	Lluvia normal (mm)	Meses secos
Cuenca	2.532	13,7	2,1	926	1
Ambato	2.540	14,1	1,9	477	2
Guaranda	2.608	12,8	0,6	861	3
Pillaro	2.725	13,0	2,5	733	0
Quito	2.819	12,8	0,8	1.324	0
Chillo Gallo	2.981	11,6	0,9	1.461	0
Tulcán	2.983	11,4	2,1	750	2
El Angel	3.014	11,6	1,5	622	2

La actividad térmica y la pluviosidad mensual de los lugares indicados en el Cuadro 17 son: mes más abrigado, noviembre; mes más frío, julio; mes más lluvioso, abril y mes más seco, julio.

Marrero (77) señala que el E. globulus no se adapta a las tierras bajas del trópico donde la temperatura y humedad alta no son favorables. En Ecuador se encuentra entre 1.600 y 3.500 m de altitud aunque la región óptima de crecimiento varía de 200 a 2.700 m, con temperaturas de 10 a 20°C, con precipitaciones variables. En Quito cae un promedio de 1.324 mm de precipitación anual mientras que en Ambato es más seco. Además, indica que su gran adaptación apareja una gran versatilidad de adaptación a diferentes condiciones de suelo y crece bien en suelos volcánicos de gran profundidad.

Se informó que en 1949 se inició en el Ecuador una serie de plantaciones de E. globulus y otras especies forestales con buenos resultados en los valles interandinos para combustibles y cortinas, entre 2.000 y 3.000 m de altitud, con precipitaciones que varían de 400 a 800 mm y veranos secos. Crece mejor en suelos aluviales a distancias 5x5 m (91).

Cárdenas, citado por Wadsworth (128), comunica que en diversas localidades del Ecuador se encuentra el E. globulus. La ubicación de estas localidades, sus condiciones climo-edáficas y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

2.7.2.22 Bolivia

Las plantaciones de E. globulus realizadas hasta fines de 1965 en Bolivia corresponden a un total de 23.700 ha (93). En el Departamento de Cochabamba es la especie más cultivada en forma aislada o en macizos forestales. Se cultiva desde 2.000 hasta los

4.200 m de altura (134).

2.7.2.23 Paraguay

En elevaciones de 2.000 a 2.500 m s.n.m. se han adaptado bien las siguientes especies: E. amygdalina Labill., E. bridgesiana R. R. Baker, E. camaldulensis, E. citriodora, E. diversicolor F. v. M., E. globulus (87, 100).

2.7.2.24 Chile

En Chile la única especie cultivada con fines comerciales es el E. globulus. Se haya distribuida en diferentes zonas cubriendo una superficie de 44.561 ha. Las plantaciones de mayor extensión son las situadas en Concepción y Coquimbo con 33.415 ha, le siguen Arauco y Llanquihue con 10.083 ha, Tarapacá y Atacama con 1.063 ha (87, 100, 134).

Las plantaciones de crecimientos más satisfactorios son las existentes en las provincias de Arauco, Mellaco y Llanquihue, entre los 37 y 42° latitud sur. Aquí, en un clima muy influido por el océano y con precipitaciones de 1.270 mm o más al año, los resultados son parecidos a los conseguidos en los montes Cantábricos españoles. Las bajas temperaturas son muy acentuadas y pueden llegar hasta los -7°C (87, 100).

Las plantaciones más importantes se encuentran entre Concepción y Coquimbo, entre los 35 y 29° latitud sur, con inviernos benignos y veranos prolongados, secos y con 350 mm de precipitación anual. En la zona tropical de Atacama a Tarapacá, las plantaciones se limitan a los valles situados a 1.800 m de altura.

La ubicación y condiciones climáticas de algunas localidades de Chile están expresadas en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

Cuadro 18. Condiciones climáticas de algunas localidades de Chile relacionadas con el cultivo de Eucalyptus globulus Labill. (87).

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Temperatura media del mes más		Precipitación anual (mm)
				cálido (°C)	frío (°C)	
Valparaíso	33°00'S	71°03'O	0	17,6	11,4	455
Santiago	33°25'S	70°30'O	450	20,4	7,9	350
Concepción	36°40'S	72°50'O	0	17,9	9,6	1.500

La madera de E. globulus se destina a la producción de leña, carbón vegetal, puntales de minas y de madera de aserría en proporción reducida, madera para construcción, mangos para herramientas y otros usos. Los rodales explotados en rotaciones de 5 a 20 años y más a menudo de 10 años, dan rendimientos anuales de 15 m³/ha/año (87, 134).

Se anotan sitios recomendables para plantaciones de E. globulus en Chile, sobre todo en los sitios de Valparaíso al sur evitando las bajas temperaturas de menos de 0°C. No se desarrollan bien estas especies en la precordillera andina. En función de la escala

de factores de adaptabilidad, los siguientes son los valores máximos para el E. globulus: fertilidad 4, humedad 3, erosión 4 (42). Esta escala esta basada en cinco valores, el número uno es el alto.

Troels Bay y Schmith, citados por Wadsworth (128), informan que en el Fundo Descabosado, Curanilahue, 120 km sur de Concepción, se encuentra el E. globulus. La ubicación y las condiciones climo-edáficas en que se desarrolla y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

2.7.2.25 Argentina

Dentro del territorio argentino la Provincia de Buenos Aires posee la mayor superficie cultivada con eucaliptos en un total de 2.500 ha de E. globulus (134).

Carnevale (21) indica que el E. globulus es rústico, de crecimiento rápido y adquiere buena forma. Es difundida en la Provincia de Buenos Aires donde se desarrolla bien en lugares con tierras fértiles, sueltas, profundas algo húmedas, aunque puede crecer en suelos mediocres, salinos y también en dunas y terrenos arenosos. No resiste bajas temperaturas. Es muy "helador" y en ciertas partes soporta heladas pasajeras de cinco grados bajo cero.

Jacobs (65), después de su visita a 59 localidades en 12 provincias de la Argentina, informa que el E. globulus es uno de los eucaliptos más vigorosos, prospera bien en el sur de las pampas húmedas. Sufre severos ataques del gorgojo del eucalipto G. scutellatus. No obstante, se han formado buenos macizos forestales para la producción de postes. En Mechonque y Mar del Plata, Provincia de Buenos

Aires, las plantaciones de E. globulus son utilizadas con éxito para elaboración de postes y parquets, fabricación de aceites y para producción de pulpa.

Gartland y Serra (48) informan que en la Zona Costera, Provincia de Buenos Aires, se encuentran plantaciones de E. globulus. La ubicación y las condiciones climo-edáficas en que se desarrollan así como otros datos se encuentran compiladas en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

En Lobería, Buenos Aires, el E. globulus alcanza una altura en el primer año de crecimiento de 1,5 - 2 m, a los dos años tres metros y a los 18 años 40 m. El cálculo de producción de un bosque de 10 años, plantados 3x3 m, es de unas 300 toneladas de leña seca, que corresponde a 30 m³/ha/año (31).

En la localidad Hoyo de Epujen, Provincia Río Negro, a 41°58' latitud sur, 73° longitud oeste, a una altitud de 240 m s.n.m. se encuentran 10 árboles de E. globulus de una edad de 10 años. Su crecimiento en altura alcanzó de 7 - 8 m y un diámetro de 5 a 10 cm. Se observó que sufrieron con el frío, pero no sucumbieron (135).

Entre numerosas especies ensayadas, se encuentra el E. globulus con un comportamiento clasificado como una de las especies de menor adaptación, en la Estación Forestal Presidencia de la Plaza, Provincia Chaco, a 27° latitud sur, y 59°50' longitud oeste, y a una altitud de 80 m, en la región transicional entre la húmeda y semiárida con clima subtropical, con variaciones bruscas de temperatura, con una precipitación media anual de 900 mm, inviernos secos (12 mm

agosto) y veranos lluviosos (200 mm en febrero), con temperatura media anual de 21°C , máxima absoluta de 43°C y mínima de $-6,5^{\circ}\text{C}$ y frecuentes heladas. Los suelos son procedentes de material loésico de textura arcillo-areno-humífero y podsólico pardo (22).

Entre las numerosas especies ensayadas, se encuentra bajo riego el E. globulus con resultados satisfactorios en lo que corresponde a su comportamiento, en la Estación Forestal Rivadavia, Provincia Mendoza, a $33^{\circ}08'$ latitud sur, $68^{\circ}30'$ longitud oeste y a una altitud de 660 m, en la región fitogeográfica del Monte Occidental, tipo desértico. Existe una precipitación media anual de 200 mm con inviernos secos (6 mm en junio) y veranos más húmedos (32 mm en enero). La temperatura media anual es de 16°C , máxima absoluta 42°C , mínima -6°C . Ocurren heladas de abril a setiembre, con una frecuencia media de 19 días en el año. Los suelos son zonales, semidesérticos de textura areno-arcillosa y areno-limosa (22).

En la Estación Experimental de la Universidad de Cuyo, Provincia Mendoza, se observó en una parcela de plantitas jóvenes de E. globulus provenientes de semillas recolectadas a gran altura de Bolivia, que las plantas producidas no mostraban reacción a las heladas en comparación con las obtenidas en la zona, que son fuertemente afectadas (22).

2.7.2.26 Uruguay

En Uruguay las plantaciones de eucaliptos ocupan una superficie de 65.000 ha lo que representa el 70 por ciento del total de bosques artificiales existentes. Esta masa forestal esta integrado

por E. globulus, E. camaldulensis, E. tereticornis y E. saligna. El de mayor difusión es el primero. Se utilizan para combustible, fijación de dunas, montes de reparo y cortinas rompevientos (134).

Las plantaciones se encuentran en suelos diversos. Se explotan en rotaciones, de 7 a 10 años, para la producción de leña, postes y estacas. Sus rendimientos son irregulares.

El clima en Montevideo es más cálido y más abundante en precipitación que el de Tasmania. En el Cuadro 19 se presentan los datos climatológicos registrados por la estación meteorológica de Montevideo (87).

Cuadro 19. Datos climatológicos de Montevideo (87).

Latitud	Longitud	Altitud	Temperaturas (°C)									
			Máx. del mes más cálido	Máxima absoluta	Min. del mes más cálido	Mínima absoluta						
34°40'S	56°10'O	0 m	28,2 (enero)	42,8	6,2 (julio)	2,0						
Precipitación (mm)												
Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
75	85	95	95	95	105	78	86	93	68	65	73	1.102

Larrea y Morena (71) informan que en el Parque de Vacaciones para Funcionarios de la U.T.E. (Administración de Usinas y Teléfono del Estado, Uruguay), situado sobre el arroyo San Francisco, 8 km

hacia el este de la Ciudad de Minas, se encuentra el E. globulus. La ubicación y las condiciones climo-edáficas en que se desarrollan y otros datos se encuentran en el Cuadro 20 y en el Cuadro 2 del Apéndice.

Morón (81) presenta resultados de una plantación experimental de 15 años de E. camaldulensis, E. globulus, E. saligna y E. tereticornis, realizada en pequeñas parcelas con espaciamiento de 2x2 m en un sitio del Departamento de Lavalleja, S. E. del Uruguay, a 3 km de Aiguá, que se caracteriza por tardías y fuertes heladas que ocurren en octubre, noviembre y hasta diciembre (fin de primavera). Los suelos son pobres, pesados, relativamente superficiales con drenaje impedido. La precipitación es de 1.000 mm al año, mayormente invernal. Se observaron crecimientos de: a) diámetro promedio 14,7 cm; 16,5 cm; 19,2 y 16,4 cm, respectivamente; b) alturas medias de los ejemplares de mayor diámetro respectivamente de 17,5; 20,5; 21,2; y 16,4 m; c) los volúmenes por hectárea en incrementos medio anuales, utilizando coeficientes mórficos de 0,41 a 0,44 son: 7,6; 5,6; 13,9 y 10,7 m³. La productividad de E. globulus ha sido más baja, influida por las marras originadas en los primeros años. Se deduce que es la especie menos indicada para suelos poco profundos y sitios expuestos a fuertes heladas.

Bonilla (12) informa que en la Estación Suárez, Departamento de Canelones, cerca de Montevideo, se encuentra una plantación de cuatro años de E. globulus con una altura de 9,1 m y un DAP de 10 cm, en suelos de textura franco-arenosa. Se registró una densidad de

Cuadro 20. Crecimiento de *Eucalyptus globulus* Labill. en algunas localidades de América Latina.

Localidad	S			I			T			I			O			SIEMBRA			CRECIMIENTO					Comentarios
	Roca madre	Suelo	Textura del suelo	Profundidad (cm)	pH	Drenaje	Pendientes (%)	Siembra (Fecha)	Espac. (m)	Superviv. % en años	Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)	Densidad/ha	REARD	AB	VOL.							
HAITI																								
Champelle de Percy School	Caliza	Residual	Franco arenoso	60	6,2	Libre	20	1928	2x2	-----	21	50	20	--	--	--	-----							
Mme. Ziegel	Caliza	Residual	-----	--	---	---	20	1928	2x2	-----	21	39	14	--	--	--	-----							
PUERTO RICO																								
Guajstaco	Caliza	Aluvial	Arcilloso	2	6,0	Impedido a libre	5	1948	2,5x2,5	-----	11	23	23	914	17	73	-----							
COSTA RICA																								
San José	Lava	Coluvial	Franco arenoso	30	7,0	Libre	5	1920	2x2	-----	30	46	46	---	55	--	40% de los árboles del rodal son dominantes.							
Sanatorio Durán	Volcánica	Coluvial	Franco arenoso	40	6,2	Libre	7-22	1917	4x4	-----	38	53	41	---	---	--	Reproducción semillas abundantes							
VENEZUELA																								
Mucuruba	Granito	Aluvial	Areno-arcilloso	30-50	6,0	Libre	10	1943	--	-----	13	54	23	---	---	--	-----							
Aparteritos	Granito	Aluvial	Areno-arcilloso	100	---	Libre	9	1925	4x4	-----	37	58	23	---	---	--	-----							
Mérida	Granito	Residual	Areno-arcilloso	50	6,4	Libre	12	1947	1x2	-----	9	18	16	---	---	--	-----							
Mérida	Granito	Aluvial	Areno-arcilloso	100	5,0	Libre	llana	1947	6x6	-----	9	20	17	---	---	--	-----							
COLOMBIA																								
Zipaguira	Arenisca y Pizarra	Residual	Franco arcilloso	100	5,0	Libre	40	1919	3x3	50 a los 25	40	54	41	---	38	--	Plantación excelente, 20% del rodal original							
Lago Neusa	Arenisca	Residual	Franco arcilloso	60	6,0	Libre	5	1952	2x2	80 a los 7	7	14	18	2,000	29	588	Se adapta bien en lomas bien drenadas. Necesita aclareo							
Lago Neusa	Arenisca	Residual	Franco arcilloso	60	6,0	---	5	1951	---	-----	8	18	18	2,500	29	906	Crece mejor en lomas							
Bogotá	Arenisca	Coluvial	Franco	40	4,6	Impedido	plana	1950	1,5x1,5	95 a los 8	9	15	9	1,510	17	195	No resiste bien las heladas ni los suelos pobres							
Bogotá	Arenisca	Coluvial	Franco	40	4,6	Impedido	plana	1950	1,5x1,5	95 a los 8	9	11	6	2,000	16	90	-----							
Paz del Río	-----	Aluvial	Arenoso	50	5,0	Libre	40	1952	2,5x3	60 a los 7	7	14	11	804	---	---	No adaptado "franco"							
Cerro Quemado	Parental	-----	Limo-arcilloso	50	5,0	-----	50	-----	-----	-----	---	---	---	---	---	---	No adaptado "franco"							
San Lorenzo	-----	-----	Arcillo-arenoso	50	5,5	-----	50	-----	-----	-----	---	---	---	---	---	---	No adaptado, a 1.50 en el primer año han permanecido estacionarios							
Pueblo Bello	-----	-----	Areno-arcilloso	80	5,0	-----	50	-----	-----	-----	---	---	---	---	---	---	No adaptado, a 1.50 en el primer año han permanecido estacionarios							
Arimao	-----	-----	Franco-arenoso	20	7,0	-----	40	-----	-----	-----	---	---	---	---	---	---	No adaptado							
ECUADOR																								
Pilgna	Volcánica	Residual	Franco arenoso	40	---	Libre	plana	1942	3x3	80 a los 5	15	22	---	---	---	---	Hay aproximadamente 30.000 ha plantadas con tierras altas del Ecuador de 1500 a 2600 de altitud							
Quito	Arena volcánica	Residual	Franco arenoso	60	6,0	Libre	20	1953	4x4	60 a los 7	7	20	17	370	18	---	Tiene cubierta de yerba. Antes estaba dedicado al pastoreo							
Cotopaxi	Arena volcánica	Residual	Arenoso	80	6,0	Libre	plana	1949	2,5x2,5	81 a los 6	6	9	21	1,295	9	---	Suelo de arena volcánica reciente							
Cotopaxi	Arena volcánica	Residual	Arenoso	80	---	Libre	plana	1949	2x2	64 a los 6	6	5	10	1,588	17	---	Plantación establecida en arenas volcánicas recientes, sin ninguna cubierta de vegetación							
Cotopaxi	Arena volcánica	Residual	Arenoso	80	6,0	Libre	plana	1946	3x3	90 a los 11	10	8	10	1,000	7	---	Plantación establecida en arenas volcánicas recientes y prácticamente sin cubierta de vegetación							
ARGENTINA																								
Buenos Aires	-----	-----	Arcillo-arenoso	---	---	Libre	Pendiente suave	---	2x2	-----	11	15	18	1,930	38	275	Excelente							
URUGUAY																								
Parque U.T.E.	Metamórfica	Coluvial y aluvial	Limo arcilloso profunda	100	6,5	-----	Irregular	---	2x2	-----	14	34	18	---	---	---	Buena							
CHILE																								
Curanilahue	Granito	Residual	Arcilloso	12	7,0 a 8,0	Libre	20	1942	2x2	-----	7	8	7	1,287	7	26	Bosque de 2 pisos, reproducido con renuevos y arbolitos en el piso bajo. Hay 5.300 ha manejadas en esta llanura							

1.692 árboles/ha, una área basal de 13,7 m²/ha y un incremento medio anual de 2,5 cm en DAP, 2,27 m en altura y 10,4 m³ en volumen.

2.7.2.27 España

En España existen 108.000 ha de plantaciones puras y mixtas de eucaliptos, de las cuales 14.000 ha son plantaciones de eucaliptos y pinos (100). Según Martín (78), estas plantaciones se encuentran principalmente en las Provincias de Huelva y Ciudad Real, y en el litoral cantábrico. Las plantaciones de Huelva consisten primordialmente de E. globulus, plantadas en llanuras bajas de arenas silíceas y capa freática a escasa profundidad, originalmente cubiertas de una vegetación clímax, compuesta de Quercus suber Linn., Q. ilex Linn. y Olea europea L., en un clima mediterráneo entre semi-árido y semihúmedo.

Con rotaciones de 8 a 10 años, el rendimiento medio anual de los rodales puros de E. globulus es de 8 a 12 m³/ha/año. La madera se utiliza para la fabricación de papel y puntales de minas. En altitudes hasta 400 m, en un clima más atlántico que mediterráneo, con precipitación regular y en conjunto muy semejante al clima de Tasmania, el E. globulus, espaciado a intervalos de 2x1 m, dá en rotaciones de 10 años un rendimiento medio de 20 m³/ha/año (87, 127). El Cuadro 21 presenta datos climáticos de Santander, Ciudad Real y Huelva.

Cuadro 21. Datos climáticos de algunas localidades de España donde se cultiva el E. globulus Labill. (87).

Localidad	Situación	Alti- tud (m)	Precipi- tación anual (mm)	Temperatura media		Días de hela- das
				Máximas meses más cálidos (°C)	Mínimas meses más fríos (°C)	
Santander	43° 29' N 3° 52' O	0	1.191	23,0	6,6	27
Ciudad Real	38° 58' N 6° 55' O	650	377	33,0	- 0,3	40
Huelva	37° 16' N 6° 55' O	0	444	31,8	5,1	0

Datos de rendimiento por hectárea de E. globulus plantados en cuatro calidades de sitio en Santander, España, se presentan en el Cuadro 22 y Figuras 2, 3 y 4 (101).

Burgers (16) presenta resultados dasométricos de plantaciones de eucaliptos en dos sitios de España, Minas de Río Tinto y Almonte, Provincia de Huelva, con temperaturas medias anuales de 16,9 y 18,0°C; lluvias de 668 y 770 mm anuales, respectivamente (Cuadros 23, 24, 25, 26, 27 y 28). Se considera en particular el E. globulus, dándose resultados en cinco calidades de sitio y también en relación con diferencias de intensidad pluviométrica anual. El Cuadro 26 revela las mediciones en área basal frente a modificaciones de lluvias y temperatura en iguales períodos de tiempo. El estudio ofrece además,

Cuadro 22. Tablas de producción de Eucalyptus globulus Labill.,
Provincia Santander, España (101).

Edad (años)	Altura total		Número de árboles	Diáme- tro medio (cm)	Area basal (m ²)	Volu- men (m ³)	Coefi- ciente mór- fico	Crecimiento	
	Media (m)	domi- nante (m)						Medio (m ³)	Anual (m ³)
CALIDAD I									
4	11,1	15,5	2.700	9,2	17,7	110	0,560	27,5	---
6	15,8	20,9	2.651	11,4	27,3	226	0,524	37,7	58,0
8	19,2	24,7	2.604	12,9	34,1	336	0,513	42,0	55,0
10	22,0	27,9	2.557	14,0	39,6	443	0,508	44,3	53,5
12	24,2	30,4	2.511	14,9	43,9	537	0,505	44,8	47,0
14	25,9	32,3	2.466	15,6	47,3	617	0,504	44,1	40,0
16	27,3	33,9	2.421	16,2	50,0	687	0,503	42,9	35,0
CALIDAD II									
4	10,8	15,2	2.800	8,8	17,1	104	0,563	26,0	---
6	14,5	19,4	2.750	10,7	24,7	190	0,531	31,7	43,0
8	17,0	22,2	2.700	11,9	29,7	262	0,519	32,8	36,0
10	19,0	24,5	2.652	12,7	33,7	329	0,514	32,9	33,5
12	20,4	26,1	2.604	13,3	36,4	380	0,512	31,7	26,5
14	21,5	27,3	2.557	13,8	38,6	423	0,510	30,2	21,5
16	22,5	28,5	2.511	14,3	40,6	463	0,507	28,9	20,0
CALIDAD III									
4	10,2	14,5	2.900	8,3	15,8	93	0,577	23,3	---
6	13,0	17,7	2.848	9,8	21,6	152	0,541	25,3	29,5
8	14,7	19,6	2.797	10,7	25,1	195	0,528	24,4	21,5
10	16,0	21,1	2.746	11,3	27,7	232	0,523	23,2	18,5
12	16,9	22,1	2.697	11,8	29,5	259	0,520	21,6	13,5
14	17,7	23,0	2.648	12,2	31,1	285	0,518	20,4	13,0
16	18,2	23,6	2.601	12,5	32,1	301	0,515	18,8	8,0

Continúa

Cuadro 22 (continuación)

Edad (años)	Altura total		Número de árboles	Diáme- tro medio (cm)	Area basal (m ²)	Volu- men (m ³)	Coefi- ciente mór- fico	Crecimiento	
	Media (m)	domi- nante (m)						Medio (m ³)	Anual (m ³)
CALIDAD IV									
4	9,2	13,4	3.000	7,6	13,7	75	0,595	18,8	---
6	11,1	15,5	2.946	8,8	17,7	110	0,560	18,3	17,5
8	12,2	16,8	2.893	9,4	20,0	134	0,549	16,8	12,0
10	13,0	17,7	2.841	9,9	21,6	152	0,541	15,2	9,0
12	13,6	18,4	2.790	10,2	22,9	167	0,536	13,9	7,5
14	14,0	18,8	2.740	10,5	23,7	177	0,533	12,6	5,0
16	14,4	19,3	2.690	10,8	24,5	187	0,530	11,7	5,0

comentarios sobre comparación de crecimientos y adaptabilidad de numerosas especies de eucaliptos. Una de las principales conclusiones de este estudio consiste en los crecimientos promedios tomados sobre muy extensas plantaciones. Son siempre muy inferiores a los que se puede recoger midiendo rodales pequeños. En la provincia de Huelva, las diferencias de producción estudiadas en algunas localidades se debe principalmente a la calidad de suelo.

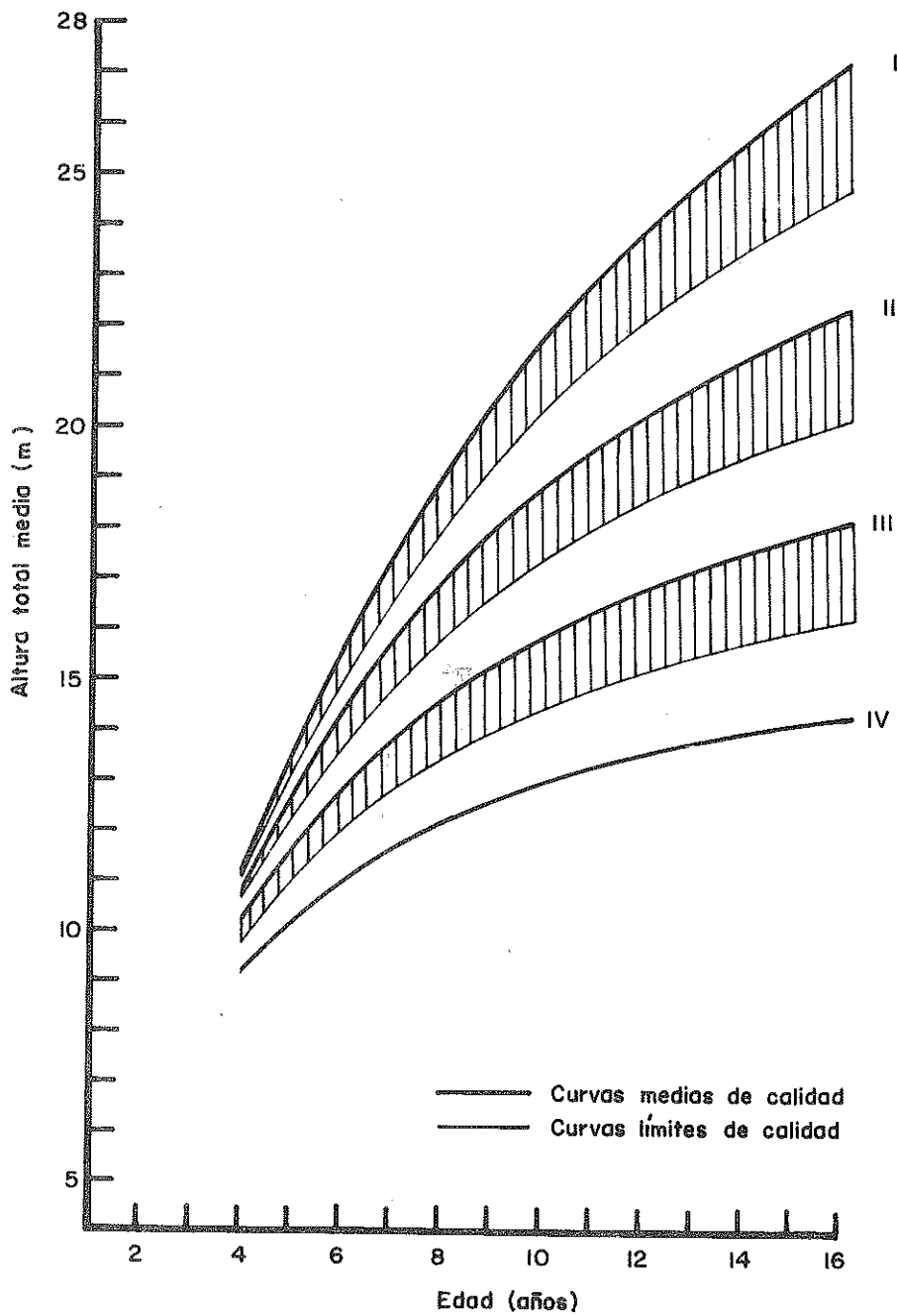


Fig. 2 Crecimiento en altura total media de *Eucalyptus globulus* Labill. en cuatro calidades de sitio. Provincia Santander, España (101)

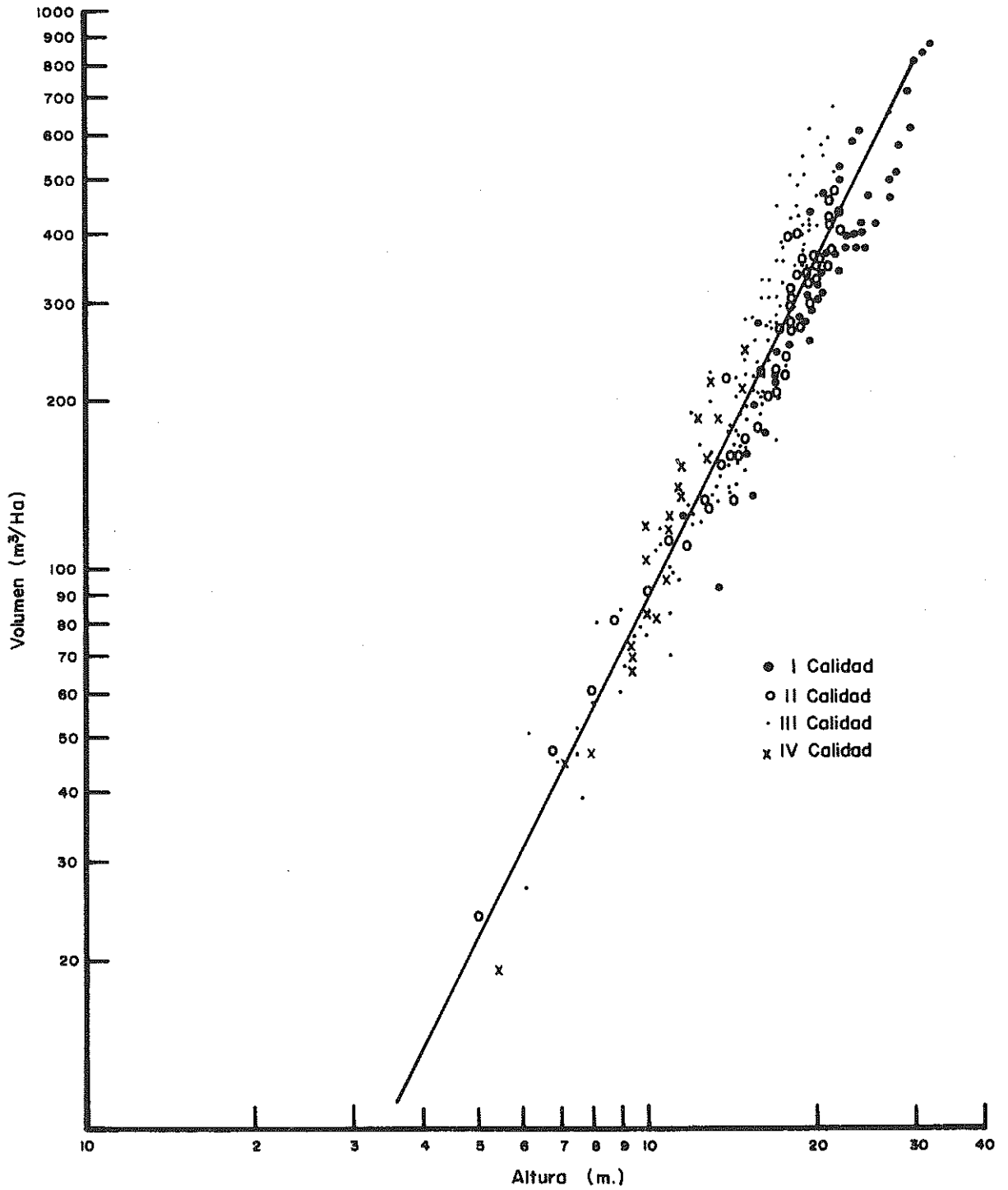


Fig. 3 Regresión logarítmica volumen/altura. Para Eucalyptus globulus Labill.
Provincia Santander, España (101)

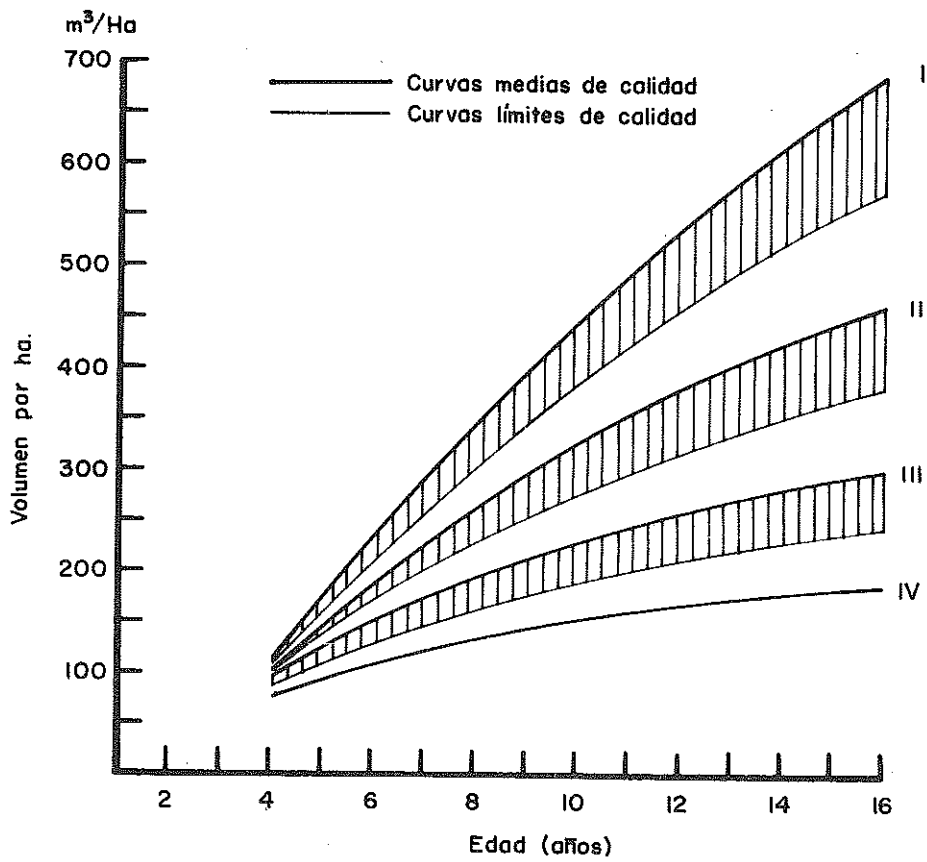


Fig. 4 Volumen por clases de calidad para *Eucalyptus globulus* Labill. Provincia Santander, España (IOI)

Cuadro 23. Producción de la plantación de Eucalyptus globulus Labill. durante el primer turno en la plantación de Almonte, Provincia Huelva, España (16).

Calidad de Sitio	Edad (años)	DAP Medio (cm)	Altura media (m)	Vol./ha (m ³)	Crecimiento (m ³)	Crec. anual medio/ha (m ³)	Arboles/ha
I	7	15,0	16	58	20	8,3	482
	8	16,8	18	78	20	9,8	472
	9	18,2	20	98	20	10,9	462
	10	19,7	21	118	20	11,8	452
	11	20,9	23	138	20	12,5	442
	12	22,0	24	158	16	13,2	432
	13	-----	--	174	12	13,4	----
	14	-----	--	186	11	13,3	----
	15	-----	--	197	8	13,1	-----
II	7	14,8	15	41	15	5,9	395
	8	16,4	17	55	15	6,0	393
	9	17,7	18	70	15	7,8	391
	10	19,0	20	85	15	8,5	387
	11	20,1	21	100	15	9,1	387
	12	21,0	22	115	11	9,6	385
	13	-----	--	126	10	9,7	----
	14	-----	--	136	8	9,7	----
	15	-----	--	144	6	9,6	----
III	7	14,5	14	31	11	4,4	337
	8	16,0	16	42	11	5,2	337
	9	17,3	17	53	12	5,9	337
	10	18,3	18	65	11	5,5	337
	11	19,2	19	76	11	6,9	337
	12	20,0	20	87	10	7,3	337
	13	-----	--	97	8	7,5	----
	14	-----	--	105	7	7,5	----
	15	-----	--	112	6	7,5	----

Continúa

Cuadro 23 (continuación)

Calidad de Sitio	Edad (años)	DAP Medio (cm)	Altura media (m)	Vol./ha (m ³)	Crecimiento (m ³)	Crec. anual medio/ha (m ³)	Arboles/ha
IV	7	14,3	13	23	7	3,3	268
	8	15,6	15	30	7	4,0	268
	9	16,8	16	37	7	4,1	268
	10	17,6	17	44	8	4,4	268
	11	18,3	18	52	8	4,7	268
	12	18,9	19	60	7	5,0	268
	13	-----	--	67	6	5,2	---
	14	-----	--	73	5	5,2	---
	15	-----	--	78	4	5,2	---
V	7	14,0	12	17	5	2,4	224
	8	15,2	14	22	5	2,8	224
	9	16,3	15	27	5	3,0	224
	10	16,9	16	32	5	3,2	224
	11	17,5	17	37	5	3,4	224
	12	17,9	18	42	5	3,5	224
	13	-----	--	47	5	3,6	---
	14	-----	--	53	5	3,8	---
	15	-----	--	58	4	3,9	---

Cuadro 24. Producción de Eucalyptus globulus Labill, durante el segundo turno en la plantación de Almonte, Provincia Huelva, España (16).

Calidad del Sitio	Edad (años)	DAP Medio (cm)	Altura media (m)	Vol./ha (m ³)	Crecimiento (m ³)	Crec. anual medio/ha (m ³)	Arboles/ha
I	3	9,2	11	4	3,3	1,3	136
	4	9,7	12	18	14	4,5	507
	5	10,2	13	33	15	6,6	775
	6	11,1	13	48	15	8,0	825
	7	13,5	17	63	15	9,0	648
	8	15,2	21	78	15	9,8	510
II	3	8,9	10	3	2,4	1,0	119
	4	9,3	11	14	11	3,5	468
	5	9,7	12	25	11	5,0	704
	6	10,6	14	37	12	6,2	751
	7	12,5	16	49	12	7,0	623
	8	14,0	19	61	12	7,6	521
III	3	8,6	10	2	1,6	0,7	85
	4	8,9	11	10	8	2,5	361
	5	9,3	12	18	8	3,6	552
	6	10,0	13	26	8	4,7	633
	7	11,5	15	35	9	5,0	561
	8	12,7	17	44	9	5,5	509
IV	3	8,3	9	1,5	1,2	0,5	77
	4	8,5	10	6	4,5	1,5	263
	5	9,0	11	10	4	2,0	355
	6	9,5	12	15	5	2,5	440
	7	10,5	13	20	5	2,9	447
	8	11,4	15	26	6	3,2	421
V	3	8,0	8	1	0,9	0,3	62
	4	8,2	9	2	1,0	0,5	105
	5	8,7	10	3	1	0,6	125
	6	9,0	11	5	2	0,8	177
	7	9,4	12	7	2	1,0	208
	8	10,1	13	9	2	1,1	216

Cuadro 25. Crecimiento de Eucalyptus globulus Labill. en relación con precipitación y tratamiento, plantación de Almonte, Provincia Huelva, España (16).

Año	Area (ha)	Crecimiento corriente m ³ /ha	Precipitación anual (mm)	Preparación del terreno	Podas
1940	2649	5,75	670	normal	normales
1941	2825	6,80	776	normal	normales
1942	2967	6,84	853	insuficiente	intensas
1943	3022	7,02	540	insuficiente	intensas
1944	3022	7,10	362	insuficiente	intensas
1945	3022	6,07	350	insuficiente	intensas
1946	2965	3,48	500	insuficiente	intensas
1947	2965	3,58	700	insuficiente	intensas
1948	2965	2,96	600	insuficiente	intensas

Cuadro 26. Crecimiento de Eucalyptus globulus Labill, en relación con precipitación y tratamiento. Plantación de Almonte, Provincia Huelva, España (16).

Mes	Area basimétrica de 30 árboles (m ²)	Incremento (cm ²)	Precipitación del mes (mm)	Temperatura media del mes (°C)
Nov. 1938	-----	--	22	15,8
Dic. 1938	1,5775	--	123	10,8
Enero 1939	1,5884	79	58	11,3
Feb. 1939	1,6045	191	67	11,2
Marzo	1,6429	384	36	12,6
Abril	1,6745	316	65	14,0
Mayo	1,7136	391	16	17,5
Junio	1,7421	285	56	21,2
Julio	1,7485	64	0	25,6
Agosto	1,7499	14	0	23,2
Setiembre	1,7842	343	24	21,8
Octubre	1,8362	520	370	17,7
Noviembre	1,8818	456	114	13,2
Dic. 1939	1,8909	91	253	10,3
Enero 1940	1,9084	175	189	10,9
Feb. 1940	1,9393	309	52	12,4
Marzo	1,9505	112	76	15,3
Abril	1,9959	454	30	15,8
Mayo	2,0228	269	24	17,4
Junio	2,0421	193	4	20,3
Julio	2,0540	119	0	23,3
Agosto	2,0902	362	1	24,9
Setiembre	2,0810	- 92	88	21,3
Octubre	2,1292	482	132	16,1
Nov. 1940	2,1655	363	---	----

Cuadro 27. Comparación de crecimiento de varias especies de Eucalyptus. Plantación de Almonte, Provincia Huelva, España (16).

Especie	Terréno	Indice
<u>E. globulus</u>	--	100
<u>E. robusta</u>	Insuficiente frescura	57
<u>E. camaldulensis</u>	Insuficiente frescura	59 y 62
<u>E. algeriensis</u>	Fresco	113
<u>E. botryoides</u>	Alguna frescura	90 y 141
<u>E. maideni</u>	Normal (falda freática 4 m)	103 y 117
<u>E. hemiphloia</u>	Normal	121
<u>E. macarthuri</u>	Normal	194
<u>E. saligna</u>	Normal	87
<u>E. rudis</u>	Fresco	81

Cuadro 28. Comparaciones de temperatura y precipitación en varias localidades de España, Australia e Italia, relacionadas con plantaciones de Eucalyptus globulus Labill. (16).

Localidad	Temp. media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
Almonte, suroeste de España, llanura	16,9	658
Minas de Río Tinto, suroeste de España, montaña	18,0	770
Pontevedra, noroeste de España	13,9	1397
Salamanca, interior de España	12,3	284
Alicante, este de España	17,8	440
Albury, interior de Australia	17,0	500 - 750
Manfredonia, Italia	-	400

En el Arboretum Forestal de Villarejo, España, se ensayaron diversas especies de eucaliptos, con el fin de encontrar especies de mayor crecimiento y mejor madera que el E. globulus. Las conclusiones obtenidas de este estudio indican que el E. viminalis crece igual que E. globulus y tiene la ventaja de no sufrir de heladas. E. macarthuri Dean y Maiden tiene un crecimiento mayor que E. globulus, no sufre de heladas y crece también en suelos de poca profundidad. El E. leucoxyton F. y M. crece menos que el E. globulus, en tierra margosa. El E. melliodora A. Cunn. también es de crecimiento menor que el E. globulus, pero resiste heladas y sequías (15).

2.7.2.28 Portugal

Por su clima atlántico y mediterráneo suave y húmedo, Portugal ofrece de norte a sur, una diversa gama de condiciones climáticas, para el cultivo del E. globulus. El Cuadro 28 indica datos climáticos de algunas localidades de Portugal (87).

Cuadro 29. Datos climáticos de algunas localidades de Portugal

donde se cultiva el Eucalyptus globulus Labill. (87).

Localidad	Latitud	Longitud	Alti- tud (m)	Temperatura media (°C)		Precipi- tación anual (mm)
				meses más fríos	meses más cálidos	
Faro	37° 02' N	7° 55' O	50	11,5	23,3	360
Lisboa	38° 32' N	9° 10' O	0	10,0	21,2	620
Santarem	39° 14' N	8° 40' O	30	4,0	32,0	664
Aveiro	40° 36' N	8° 40' O	0	--	--	870

El E. globulus es la especie principal que se cultiva en masas forestales. Se calcula la totalidad de la superficie plantada en 60.000 ha (100).

En los terrenos silíceos de la llanura del Tajo, las especies plantadas 3x3 m y cortadas cada 10 años, rinden en promedio 10 m³/ha/año. Su madera se emplea principalmente en la fabricación de pulpa y como leña (87).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Modelo de zonificación

Es difícil concebir una relación funcional explícita entre zona de vida y las variables criterios que lo definen, sin embargo, siguiendo la metodología de Holdridge (59), y considerando solamente los componentes más importantes que participan en la ecuación de la zona de vida, se puede establecer la siguiente relación*:

$$ZV = f(t_i^{\text{bio}}, \bar{P}, E) + \epsilon$$

donde:

ZV = Zona de vida

f = Relación implícita que define la zona de vida

t_i^{bio} = Biotemperatura media anual ($^{\circ}\text{C}$)

\bar{P} = Promedio de precipitación total anual (mm)

E = Elevación (m)

ϵ = Componente aleatorio o error de apreciación

$t_i^{\text{bio}} = g(t^{\circ}\text{C}, \text{lat.})$

donde:

$t^{\circ}\text{C}$ = Temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$)

lat. = Latitud donde se registra la temperatura ambiental

$t_i^{\text{bio}} = t^{\circ}\text{C} - \left[\frac{3 \text{ lat.}}{100} \cdot (t^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C})^2 \right]$

Como el sistema Holdridge trabaja con temperatura al nivel del mar a través de un gradiente térmico (relación adiabática), se tiene:

* G. Páez, 1973. Comunicación personal.

$$t_2^{\text{bio}} = t^{\circ\text{C}} - \left[\frac{3 \text{ lat.}}{100} (t^{\circ\text{C}} - 24^{\circ\text{C}})^2 \right] + 1000 - 6^{\circ\text{C}},$$

$$13^{\circ} 00' \geq \text{lat.} \leq 27^{\circ} 30'$$

$$t_3^{\text{bio}} = t^{\circ\text{C}} - \left[\frac{2 \text{ lat.}}{100} (t^{\circ\text{C}} - 24^{\circ\text{C}})^2 \right] + 1000 - 6^{\circ\text{C}},$$

$$27^{\circ} 30' \geq \text{lat.} \leq 42^{\circ} 00'$$

$$\bar{P} = \frac{\sum P_i}{n}$$

donde:

P_i = Precipitación total anual (mm)

n = Número de años de registro pluviométrico

3.1.1 Biotemperatura

La biotemperatura es el primer factor para la determinación de las zonas de vida.

En el sistema de clasificación de Holdridge la temperatura se calcula como biotemperatura. Holdridge define la biotemperatura como el promedio de las temperaturas entre 0 y 30°C durante el tiempo total en consideración (41, 59, 94). La biotemperatura se considera como una medida más apropiada de calor con respecto a la vegetación desarrollada en condiciones naturales (59, 130).

Para igualar las temperaturas inferiores a 0°C y superiores a 30°C a 0 (cero), Holdridge se basa en que por debajo de la temperatura de congelación el proceso fisiológico de las plantas se suspende,

en cambio encima de 30°C la mayor parte de las plantas cierran sus estomas, la respiración aumenta así que la fotosíntesis neta llega a cero.

Para el cálculo más simple de la biotemperatura anual de las localidades frías del mundo se derivó la misma sumando las temperaturas medias mensuales sobre 0°C, y dividiendo el total entre 12, de acuerdo con la definición de biotemperatura propuesto por Holdridge (43, 59). La fórmula para los efectos del cálculo de la biotemperatura anual se indica a continuación (Figura 5):

$$t^{\text{bio}}_{\text{anual}} = \frac{\sum \text{temp. medias mensuales} > 0^{\circ}\text{C}}{12} \quad [1]$$

En los sitios más cálidos del mundo el cálculo de la t^{bio} es oneroso porque muchas veces la temperatura diaria sube sobre 30°C, razón por la que Holdridge sugirió para el ajuste aproximado de las medias mensuales, utilizar la siguiente fórmula en las regiones subtropicales de 27° 30' a 13° 00' según Holdridge:

$$t^{\text{bio}} = t^{\circ}\text{C} - \left[\frac{3 \text{ lat.}}{100} \cdot (t^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C})^2 \right]^* \quad [2]$$

Para el caso de la región templada, 42° 00' a 27° 30' de latitud, según Holdridge, se aplicó la siguiente fórmula que está sujeta a mayores investigaciones, así como la fórmula [2]:

$$t^{\text{bio}} = t^{\circ}\text{C} - \left[\frac{2 \times \text{lat.}}{100} \cdot (t^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C})^2 \right]^* \quad [3]$$

* L. R. Holdridge, 1973. Comunicación personal.

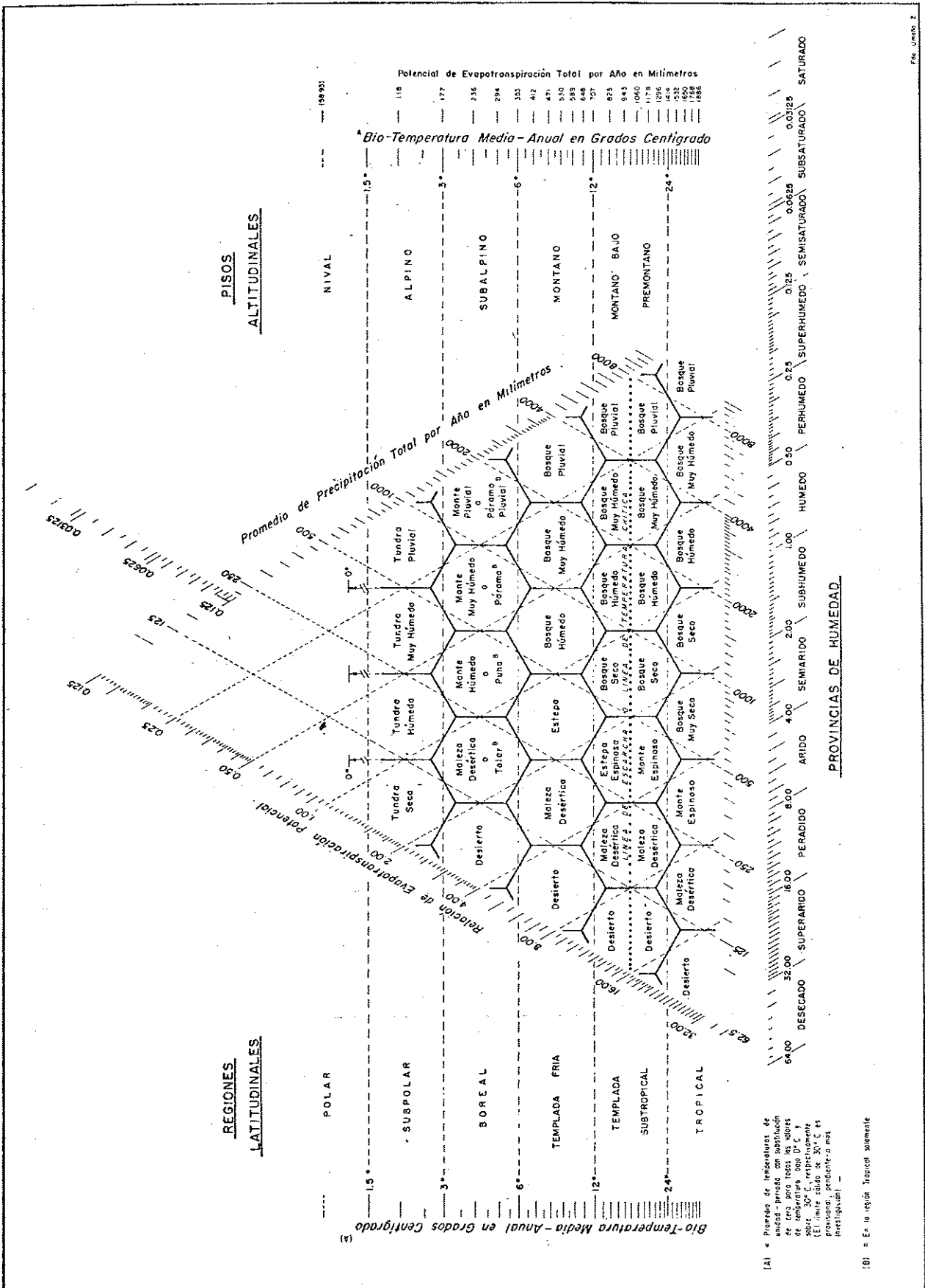


Fig. 5 DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES DEL MUNDO
 POR : L. R. HOLDRIDGE

La biotemperatura calculada así es la medida más apropiada del factor calórico con respecto a la vegetación. Expresada ésta como medida anual, provee una comparación relativa directa entre la eficiencia térmica en lugares con distinta duración del período térmico de crecimiento vegetal (43).

3.1.2 Precipitación

La precipitación es el segundo factor utilizado en la determinación de las zonas de vida. El valor es el promedio total anual de agua en milímetros que cae de la atmósfera en forma de lluvia, nieve, granizo y cellisca. El agua que se condensa directamente en la vegetación en forma de rocío, o que proviene de la niebla y gotea después al suelo no se incluye en el total de la precipitación (43, 57, 58).

Las líneas divisorias entre las fajas de precipitación en el bosquejo (Fig. 5), se encuentran trazadas sobre las de la escala de biotemperatura, con un ángulo de 60° hacia la derecha. Las líneas guías de precipitación usadas en el bosquejo son 125, 250, 1000, 2000, 4000 y 8000 mm. Como en el caso de la biotemperatura, los valores de la precipitación van aumentando logarítmicamente a medida que la escala se disloca a la derecha (43, 57, 58).

3.1.3 Pisos altitudinales

En el Bosquejo de Holdridge, los pisos altitudinales en cada región latitudinal están demarcados por líneas guías que representan medias de biotemperatura media anual con los siguientes

valores: 1,5°C; 3,0°C; 6,0°C; 12,0°C; y 24,0°C (41, 59, 103).

En la línea de hexágonos inmediata a la basal o tropical, corre una línea horizontal punteada dividiendo los hexágonos por la mitad, esta se conoce como "Línea de Escarcha o Línea de Temperatura Crítica". Esta línea no lleva consigo ningún valor específico de biotemperatura, sino más bien, con la biotemperatura que se asocia localmente con temperaturas mínimas periódicas, que limitan las especies vegetales sensibles al frío (43).

El diagrama trabaja con temperatura a nivel del mar a través de una gradiente de temperatura. Para reducir los pisos altitudinales a nivel del mar Holdridge utiliza una gradiente de seis grados centígrados para cada 1000 m de elevación, esta toma el nombre de relación adiabática (Fig. 6).

3.1.4 Humedad ambiental

La humedad ambiental es el tercer factor utilizado en la determinación de las zonas de vida. Dejando a un lado la consideración de otras fuentes de agua distintas a la precipitación, la humedad de cualquier lugar está determinada por la relación entre biotemperatura y la precipitación. A diferencia de la precipitación, la humedad ambiental no es susceptible a una medición directa simple, y es afectada localmente por muchos y variables factores climáticos. Holdridge (59, 94) indica que la humedad ambiental se puede expresar sobre una base comparativa de climas como una relación de evapotranspiración potencial (ETP) y precipitación (P). Esta relación ETP y P está expresada en el diagrama (Fig. 5) por líneas guías con inclinación

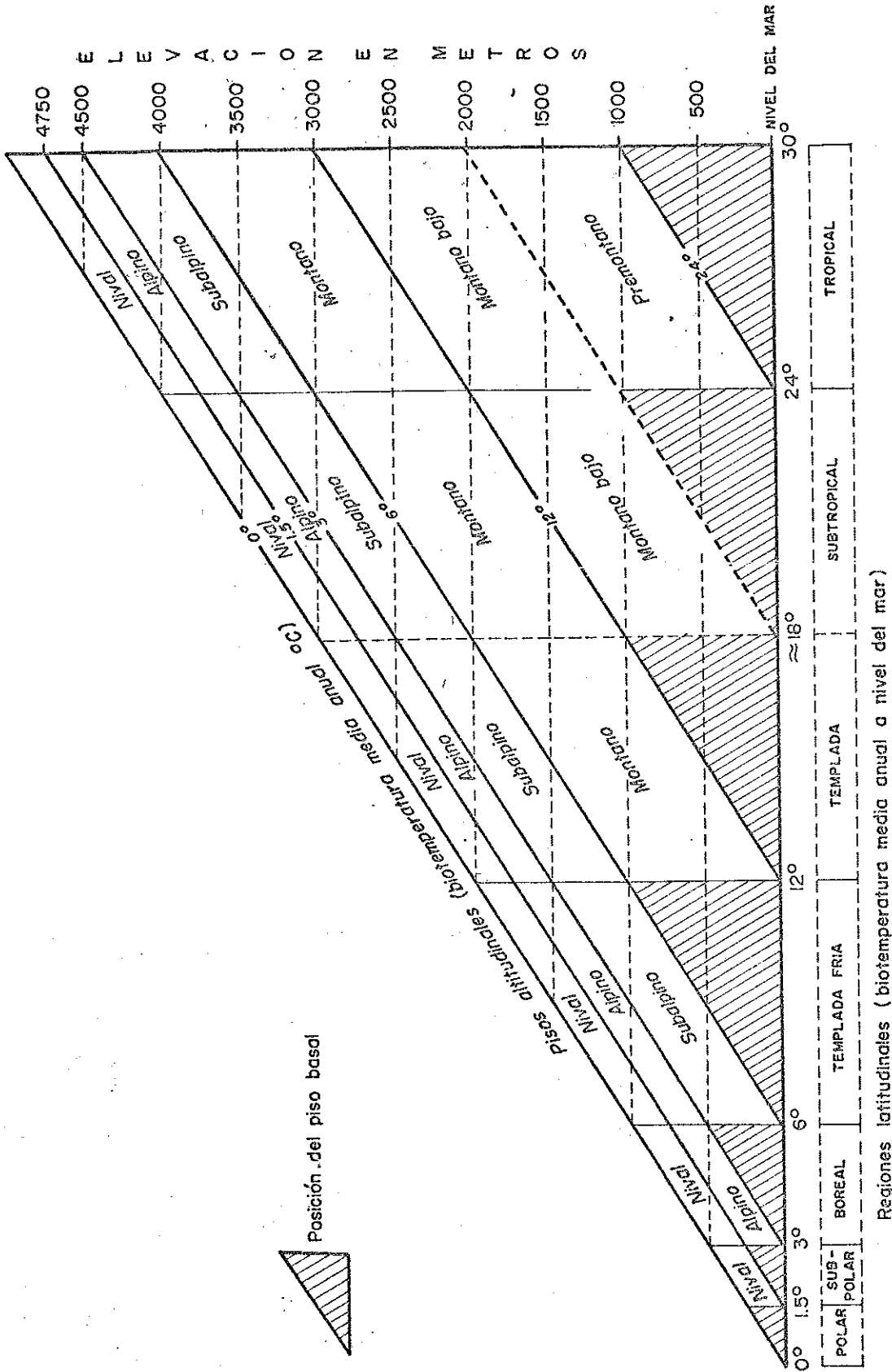


Fig. 6 POSICIONES APROXIMADAS DE LAS LINEAS GUIAS DE REGIONES LATITUDINALES Y PISOS ALTITUDINALES DEL SISTEMA DE ZONAS DE VIDA DEL MUNDO DE HOLDRIDGE (Promedio basado en la relación adiabática 6°C por 1000 m)

de 60° a la izquierda. Es una función simple de las magnitudes de biotemperatura y precipitación y su escala es logarítmica.

Holdridge (59) define evapotranspiración potencial como el traslado o transferencia de agua a la atmósfera que sería posible de suelos zonales y vegetación natural con el agua disponible todo el año. En esencia la ETP es una función directa del balance positivo de energía calórica o biotemperatura.

Para el cálculo de evaporación potencial Holdridge propone la siguiente fórmula: $ETP = t^{\circ} \text{ bio} \times 58,93$ (ETP anual); $ETP = t^{\circ} \text{ bio} \times 5,00$ (ETP mensual, para meses con 31 días); $ETP = t^{\circ} \text{ bio} \times 4,84$ (ETP mensual para meses con 30 días); $ETP = t^{\circ} \text{ bio} \times 4,56$ (ETP mensual para el mes de febrero).

Una relación de ETP de 1,00 (unidad) indica que la precipitación es igual a la ETP calculada. Con cada aumento en la relación, la precipitación será progresivamente menor que las necesidades de agua en el suelo, y el clima se torna crecientemente árido. A medida que decrece la relación ocurre exactamente lo contrario, el clima se torna progresivamente más húmedo, debido a que la precipitación creciente se va tornando mayor, llegando a pasar las necesidades óptimas de agua de la vegetación (43). Los nombres de las provincias de humedad y sus valores correspondientes están indicados en la parte inferior del bosquejo. Estos valores llevan la misma simetría logarítmica que tienen los factores de biotemperatura y precipitación.

La operacionalización del modelo, aunque "f" es desconocido, es sumamente fácil determinar la zona de vida mediante el Diagrama de

Holdridge (Fig. 5).

3.1.5 Suelos y factores climáticos menores

Una vez determinadas las zonas de vida, se entra al nivel de las asociaciones, el segundo nivel en la metodología de Holdridge. A este nivel se consideran el factor suelo y los factores climáticos menores. El tercer nivel en la metodología de Holdridge considera el uso actual de la tierra o la fase de sucesión.

Por lo tanto, la zona de vida define el área climática apta para las especies en estudio. Las asociaciones (segundo nivel) determinan las áreas dentro de la zona de vida que presentan condiciones de suelo y de clima menores donde pueden ser cultivadas las especies (41, 59, 61, 130).

3.2 Materiales

El material utilizado para el presente trabajo se resume en:

1) Datos meteorológicos de las localidades de origen e introducción de las especies en estudio. De la extensa revisión de literatura climatológica mundial, se obtuvieron los datos necesarios para las diversas fases del estudio (8, 9, 24, 25, 26, 27, 30, 37, 39, 40, 46, 49, 50, 53, 55, 61, 67, 83, 97, 110, 116, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 128, 129, 131).

2) Mapa ecológico del Perú (escala 1:1000.000) levantado por Tosi (115), según la "Clasificación de Formaciones Vegetales del Mundo" de Holdridge (113). Para los efectos del presente trabajo se hizo una corrección en el mapa anteriormente mencionado*. Se tomó

* J. Tosi, 1973. Comunicación personal.

como Región Latitudinal Tropical las menores de $12^{\circ} 30'$ y como Región Subtropical, las mayores de $12^{\circ} 30'$ latitud sur. Por lo tanto, a partir de esta línea divisoria hacia el sur, las Zonas de Vida o Formaciones Vegetales están consideradas dentro de la Región Latitudinal Subtropical.

3) Diagrama para la "Clasificación de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo" de Holdridge (Fig. 5) (58).

4. RESULTADOS

Las superficies de las zonas de vida ecológicamente aptas para los cultivos de G. arborea y E. globulus determinadas en el Apéndice (Mapa 1), fueron relacionados con el área total del país, de acuerdo al mapa levantado por Tosi (115) y de acuerdo a lo corregido según la línea divisoria trópico y subtrópico, mencionado en el capítulo anterior.

4.1 Zonificación ecológica de Gmelina arborea Roxb.4.1.1 Zonas de vida de las localidades de origen de Gmelina arborea Roxb.

Al tomar en consideración la distribución natural de G. arborea en sus países de origen se determinó que esta especie crece bajo condiciones naturales en las zonas de vida, que se indican juntamente con los intervalos de variación de biotemperatura, precipitación y la provincia de humedad respectiva, en el Cuadro 30 y en el Cuadro 1 del Apéndice.

4.1.2 Zonas de vida de las localidades de introducción de Gmelina arborea Roxb.

Estas zonas de vida se encuentran en el Cuadro 31 y en el Cuadro 1 del Apéndice, juntamente con los intervalos de variación de biotemperatura, precipitación y la provincia de humedad correspondiente.

Cuadro 30. Zonas de vida de las localidades de origen de Gmelina arborea Roxb.

Zonas de vida	Países	t ^o bio (°C)	Precipitación (mm)	Provincia de humedad
Bosque seco* de la región tropical	Vietnam, Ceilán	> 24	1.000 a 2.000	Subhúmedo
Bosque húmedo de la región subtropical	Pakistán Oriental, India, China Laos, Tailandia, Vietnam, Camboya	17 a 24	1.000 a 2.000	Húmedo
Bosque húmedo de la región tropical	Vietnam, Camboya, Ceilán	> 24	2.000 a 4.000	Húmedo
Bosque seco* de la región subtropical	India, Birmania, China, Laos, Tailandia, Camboya	17 a 24	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque muy húmedo de la región tropical	Birmania	> 24	4.000 a 8.000	Perhúmedo
Bosque muy húmedo de la región subtropical	India, Birmania, China	17 a 24	2.000 a 4.000	Perhúmedo

* Zonas de vida de baja producción forestal.

Cuadro 31. Zonas de vida de las localidades de introducción de Gmelina arborea Roxb.

Zonas de Vida	Países	t ^o bio (°C)	Precipitación (mm)	Provincia de humedad
Bosque seco* de la región tropical	Ghana, Nigeria, Kenia, Tanzania, Filipinas, Colombia, Costa Rica	> 24	1.000 a 2.000	Subhúmedo
Bosque húmedo de la región subtropical	Malawi, Filipinas, Islas Fiji, Honduras Británica, Puerto Rico	17 a 24	1.000 a 2.000	Húmedo
Bosque húmedo de la región tropical	Sierra Leona, Nigeria, Filipinas, Malaya, Islas Salomón, Panamá, Colombia	> 24	2.000 a 4.000	Húmedo
Bosque seco* de la región subtropical	Nigeria, Malawi, Sud Africa	17 a 24	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque muy húmedo de la región tropical	Sierra Leona, Filipinas, Malaya, Islas Fiji, Costa Rica, Panamá	> 24	4.000 a 8.000	Perhúmedo
Bosque seco* premon- tano de la región tropical	Kenia, Zambia	17 a 24	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque húmedo premon- tano de la región tropical	Sierra Leona, Uganda, Trinidad y Tobago	17 a 24	1.000 a 2.000	Húmedo

Continua

Cuadro 31 (continuación)

Zonas de Vida	Países	t ^o bio (°C)	Precipitación (mm)	Provincia de humedad
Bosque muy húmedo de la región sub- tropical	Filipinas	17 a 24	2.000 a 4.000	Perhúmedo
Bosque muy húmedo pre- montano de la región tropical	Costa Rica, Trinidad y Tobago	17 a 24 	2.000 a 4.000	Perhúmedo
Bosque muy seco* de la región tropical	Tanzania	> 24	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque húmedo mon- tano de la región tropical	Kenia	6 a 12	500 a 1.000	Húmedo

* Zonas de vida de baja producción forestal.

4.1.3 Zonificación ecológica de Gmelina arborea

Roxb. en Perú

A través de analogías ecológicas de la especie en su habitat natural y las localidades de introducción donde se cultiva con buenos resultados, se estima que G. arborea puede ser cultivada en Perú con éxito en las siguientes zonas de vida, en orden de preferencia según sus necesidades ecológicas:

Bosque húmedo de la región subtropical

Bosque muy húmedo de la región subtropical

Bosque muy húmedo premontano de la región tropical

Bosque húmedo de la región tropical

Más adelante se describe las condiciones ecológicas y los factores limitantes de las zonas de vida que según el mapa ecológico (115) están presentes en Perú (Apéndice Mapa 1).

4.1.3.1 Bosque húmedo de la región subtropical

En el bosque húmedo se encuentra una precipitación que puede variar desde 1.000 mm a 2.000 mm. La biotemperatura varía de 17,0 a 24,0°C. Se puede asumir cualquier valor entre esos parámetros. La relación de evapotranspiración potencial-precipitación (ETP-P) en esta condición de zona de vida puede variar entre los valores de 1,00 y 0,50 y la evapotranspiración potencial anual puede asumir valores desde 1.001 y 1.414 mm. Se encuentra dentro de la provincia de humedad "húmedo" según la relación de ETP-P (Fig. 7). La zona de vida bosque húmedo de la región subtropical en Perú posee una superficie aproximada de 370.000 hectáreas, que corresponde a 3.700 km², o sea,

0,29 por ciento del área total del país.

4.1.3.2 Bosque muy húmedo de la región subtropical

Considerando los límites generales de precipitación calculada por largo período de años, esta zona de vida presenta 1.000 a 2.000 mm como límites inferior y superior, respectivamente. La biotemperatura varía entre 17,0 y 24,0°C. La relación de evapotranspiración potencial-precipitación (ETP-P) en esta condición de zona de vida puede variar entre los valores 0,50 y 0,25, y la evapotranspiración potencial anual varía entre los valores de 1.001 y 1.414 mm. Se encuentra dentro de la provincia de humedad "perhúmedo" y determinado por esta relación de ETP-P (Figura 7).

La zona de vida bosque muy húmedo subtropical en Perú posee una superficie aproximada de 5.719.000 hectáreas que corresponde a 57.190 km² o sea, 4,44 por ciento del área total del país.

4.1.3.3 Bosque muy húmedo premontano de la región tropical

La precipitación en esta zona de vida tiene como límite inferior y superior 2.000 y 4.000 mm. Se puede asumir cualquier valor entre estos parámetros pluviométricos. La biotemperatura tiene como límite inferior y superior 17,0 y 24,0°C, respectivamente, también valores medios anuales calculados por varios años y la relación de evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,50 y 0,25, determinando una provincia de humedad "subhúmedo". Calculando la evapotranspiración potencial anual para los límites de esta zona de vida, se encuentran valores de 1.001 y 1.414 mm, respectivamente,

pudiendo haber variación dentro de estos parámetros térmicos según la biotemperatura (Fig. 7).

La zona de vida bosque muy húmedo premontano de la región tropical en Perú posee una superficie aproximada de 5.514.900 hectáreas que corresponde a 55.149 km², o sea, 4,29 por ciento del área total del país.

4.1.3.4 Bosque húmedo de la región tropical

El bosque húmedo de la región tropical presenta una precipitación media anual que puede variar entre 2.000 a 4.000 mm. La biotemperatura tiene como valor inferior 24,0°C. La relación evapotranspiración potencial anual está comprendida entre 1,00 y 0,50 determinando una provincia de humedad "húmeda". La evapotranspiración potencial anual tiene como límite inferior 1.414 mm y el límite superior variará con la biotemperatura local (Fig. 7).

Se determinó para esta zona de vida una superficie aproximada de 45.675.500 hectáreas, correspondiendo a 456.755 km², o sea, 35,54 por ciento del área total de Perú.

4.2 Zonificación ecológica de Eucalyptus globulus Labill.

4.2.1 Zonas de vida de las localidades de origen de E. globulus Labill.

Tomando en cuenta la distribución natural de E. globulus en su país de origen y los factores ecológicos que implica en su habitat, fue posible determinar que esta especie crece bajo condiciones naturales en las zonas de vida bosque seco y bosque húmedo de la

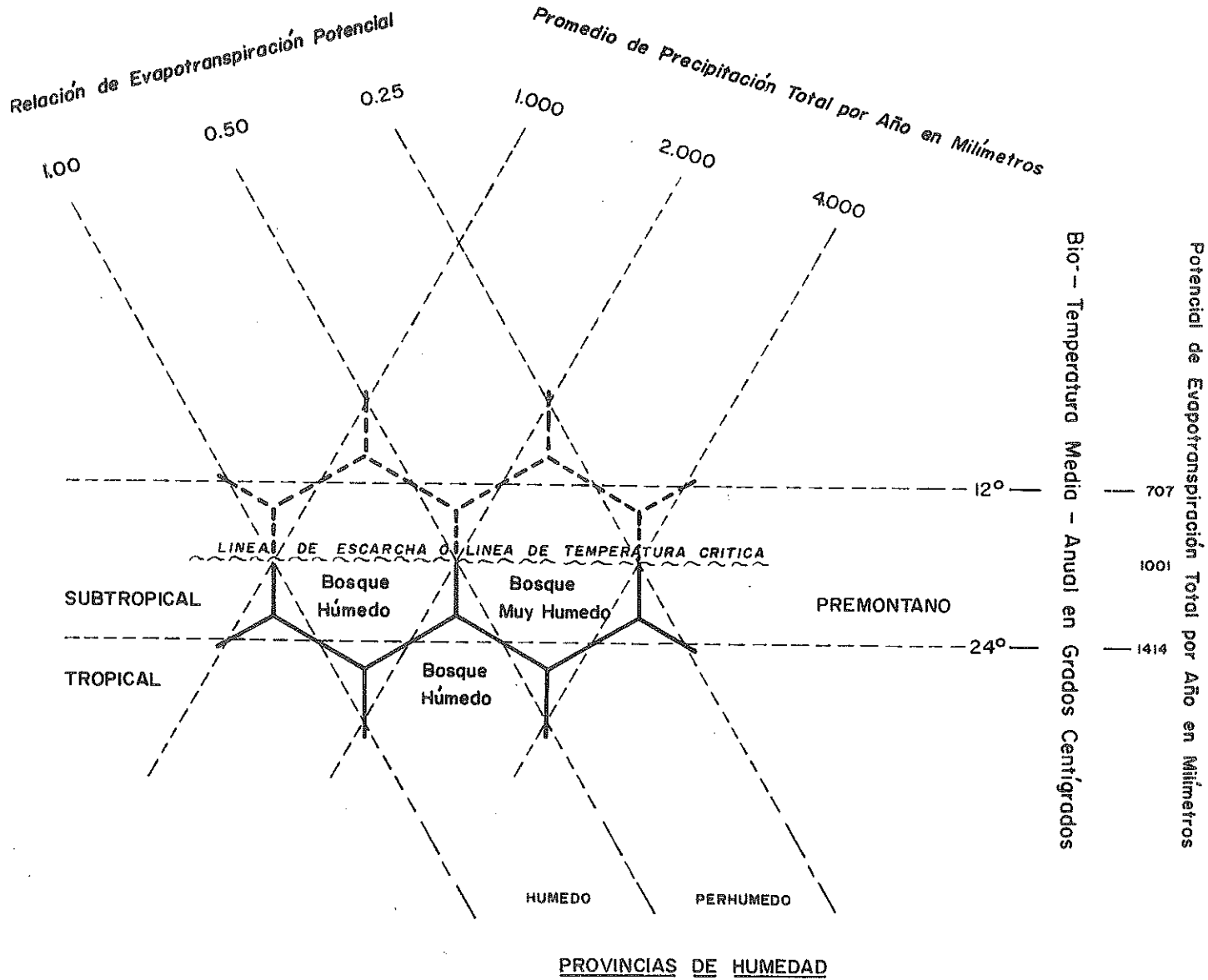


Fig. 7 Zonas de vida ecológicamente aptas para el cultivo de Gmelina arborea Roxb. en Perú.

región templada. Estas zonas de vida se encuentran en el Cuadro 2 del Apéndice.

4.2.2 Zonas de vida de las localidades de introducción de Eucalyptus globulus Labill.

Estas zonas de vida se encuentran en el Cuadro 32 y en el Cuadro 2 del Apéndice con los intervalos de variación que pueden asumir la biotemperatura, precipitación y la provincia de humedad respectiva.

4.2.3 Zonificación ecológica de Eucalyptus globulus Labill. en Perú

Por analogías ecológicas de la especie en su habitat natural y las partes del mundo donde es cultivado con buenos resultados, se estima que E. globulus puede ser cultivado en Perú con éxito en las siguientes zonas de vida en orden de preferencia según las exigencias ecológicas de la especie.

Bosque seco montano bajo de la región tropical

Bosque seco montano de la región subtropical

Bosque húmedo montano de la región tropical

Bosque húmedo montano de la región subtropical

Bosque húmedo montano bajo de la región tropical

Bosque húmedo montano bajo de la región subtropical

Bosque seco de la región templada

Bosque húmedo de la región templada

Cuadro 32. Zonas de vida de las localidades de introducción de Eucalyptus globulus Labill.

Zonas de Vida	Países	t ^o bio (°C)	Precipitación (mm)	Provincia de humedad
Bosque seco de la región templada	Nueva Zelandia, India, Marruecos, Sud Africa, EE.UU (California), Argentina, Uruguay, España, Portugal	12 a 17	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque húmedo de la región templada	Nueva Zelandia, India, Chile, Argentina, Uruguay, España	12 a 17	1.000 a 2.000	Húmedo
Bosque húmedo* pre- montano de la región tropical	Camerún, Etiopía, El Congo, Costa Rica, Colombia, Venezuela	17 a 24	1.000 a 2.000	Húmedo
Bosque húmedo montano bajo de la región tropical	India, El Congo, Kenia, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador	12 a 17	1.000 a 2.000	Húmedo
Bosque seco* de la región subtropical	Rhodesia, Jamaica, Bolivia, Argentina	17 a 24	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque seco* premontano de la región tropical	El Congo, Kenia, Tanzania, Colombia	17 a 24	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque húmedo* de la región subtropical	Filipinas, Puerto Rico, Guatemala, Paraguay	17 a 24	1.000 a 2.000	Húmedo

Continúa

Cuadro 32 (continuación)

Zonas de Vida	Países	t ^o bio (°C)	Precipitación (mm)	Provincia de humedad
Estepa espinosa* de la región templada	Chile, Argentina, España	12 a 17	250 a 500	Semiárido
Monte espinoso* de la región templada	Marruecos, España, Portugal	17 a 24	250 a 500	Semiárido
Bosque muy húmedo* de región subtropical	Filipinas, Haití	17 a 24	2.000 a 4.000	Perhúmedo
Bosque húmedo montano de la región subtropical	India, Argentina, Rhodesia	6 a 12	500 a 1.000	Húmedo
Bosque húmedo montano bajo de la región subtropical	India	12 a 17	1.000 a 2.000	Húmedo
Bosque seco de la región tropical	Ceilán, El Congo	> 24	1.000 a 2.000	Húmedo
Bosque muy húmedo* pre- montano de la región tropical	Colombia	17 a 24	2.000 a 4.000	Perhúmedo
Bosque muy húmedo* de la región templada	Chile	12 a 17	2.000 a 4.000	Perhúmedo
Bosque húmedo* montano de la región templada	Nueva Zelandia, Argentina	6 a 12	500 a 1.000	Húmedo

Continúa

Cuadro 32 (continuación)

Zonas de Vida	Países	t ^o bio (°C)	Precipitación (mm)	Provincia de humedad
Bosque seco montano bajo de la región subtropical	Sud Africa	12 a 17	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque muy húmedo* montano de la región tropical	Ceilán, Ecuador	12 a 17	2.000 a 4.000	Perhúmedo
Bosque húmedo montano de la región tropical	Venezuela, Ecuador	6 a 12	500 a 1.000	Húmedo
Bosque seco montano bajo de la región tropical	Colombia, Ecuador	12 a 17	500 a 1.000	Subhúmedo
Bosque húmedo* de la región tropical	Ceilán	24	2.000 a 4.000	Perhúmedo
Bosque pluvial* montano de la región tropical	Colombia	6 a 12	2.000 a 4.000	Superhúmedo
Estepa espinosa* montano bajo de la región tropical	Ecuador	12 a 17	250 a 500	Semiárido

* Zonas de vida de baja producción forestal.

Las zonas de vida bosque seco y bosque húmedo de la región templada no están presentes en Perú, según el mapa ecológico (115) (Apéndice Mapa 1).

A continuación se describen las condiciones ecológicas y factores limitantes de las zonas de vida que están presentes en Perú (Apéndice, Mapa 1).

4.2.3.1 Bosque seco montano bajo de la región tropical

Como condición de precipitación esta zona de vida presenta valores que varían desde 500 mm hasta 1.000 mm como medias calculadas por largo períodos de años. La biotemperatura puede variar entre 12,0 y 17,0°C, calculada como media de varios años. La relación evapotranspiración potencial-precipitación (ETP-P) varía entre 1,00 y 2,00 determinando una provincia de humedad "subhúmeda", la que es limitada por esos valores. El cálculo de evapotranspiración potencial según Holdridge, determina valores límites de 707 y 1.001 mm, dentro de los cuales puede asumir cualquier valor dependiendo de la biotemperatura (Fig. 8).

Para esta zona de vida bosque seco motano bajo de la región tropical se determinó una superficie de 1.756,600 hectáreas que corresponde a 17.566 km², lo que constituye 1,37 por ciento del área total del país.

4.2.3.2 Bosque seco montano bajo de la región subtropical

La precipitación en esta zona de vida tiene como límite inferior 500 mm y como límite superior 1.000 mm, pudiendo asumir

cualquier valor entre estos parámetros pluviométricos. La biotemperatura tiene como valor inferior $12,0^{\circ}\text{C}$ y como superior $17,0^{\circ}\text{C}$. La relación de evapotranspiración potencial está comprendida entre 1,00 y 2,00, determinando la provincia de humedad "subhúmedo". Calculada la evapotranspiración potencial anual según Holdridge se encuentran los valores límites para esta zona de vida de 707 y 1.001 mm., respectivamente, los que constituyen los límites inferior y superior, dentro de los cuales se puede tomar valores dependiendo de la biotemperatura (Fig. 8).

Fue determinada para esta condición ecológica una superficie aproximada de 738.000 hectáreas, que corresponde a 7.380 km^2 , lo que constituye 0,57 por ciento del área total nacional.

4.2.3.3 Bosque húmedo montano en la región tropical

Considerando los límites generales de precipitación calculada por un período largo de años, esta zona de vida presenta 500 a 1.000 mm respectivamente, como límite superior e inferior. La biotemperatura puede alcanzar magnitudes superiores de $12,0^{\circ}\text{C}$ e inferiores descendiendo a $6,0^{\circ}\text{C}$, siempre calculada por un largo período de años. La evapotranspiración potencial-precipitación (ETP-P) en esta condición de zona de vida puede variar entre los valores de 1,00 y 0,50, que son los límites de esta condición. La provincia de humedad "húmedo" es determinada por esta relación de ETP-P. La evapotranspiración potencial calculada según Holdridge, delimita fronteras de 353 y 707 mm, pudiendo asumir cualquier valor entre éstas (Fig. 8).

La zona de vida bosque húmedo montano de la región tropical en Perú posee una superficie aproximada de 3.156.600 hectáreas, que corresponde a 31.566 km², o sean 2,46 por ciento del área total del país.

4.2.3.4 Bosque húmedo montano de la región subtropical

Esta zona de vida posee una precipitación que puede variar entre los límites de precipitación de 500 a 1.000 mm como media anual calculada por un período de varios años. La biotemperatura puede asumir magnitudes desde 6,0 hasta 12,0°C, como media anual también calculada por períodos de varios años. La relación de evapotranspiración potencial-precipitación (ETP-P) varía entre los límites de 1,00 a 0,50 y la evapotranspiración potencial anual puede asumir valores desde 353 hasta 707 mm. Se encuentra dentro de la provincia de humedad "húmedo" según la relación de ETP-P (Fig. 8).

Fue determinada para esta condición ecológica una superficie aproximada de 3.105.000 hectáreas, que corresponde a 31.050 km², lo que constituye 2,41 por ciento del área total nacional.

4.2.3.5 Bosque húmedo montano bajo de la región tropical

El bosque húmedo montano bajo de la región tropical posee una precipitación que puede variar entre los límites de precipitación de 1.000 a 2.000 mm como media anual calculada por un período de varios años. La biotemperatura puede asumir magnitudes desde 12,0 hasta 17,0°C, como media anual también calculada por períodos de varios años. La relación de evapotranspiración potencial-

precipitación (ETP-P) varía entre los límites de 1,00 a 0,50 y la evapotranspiración potencial anual puede asumir valores desde 707 hasta 1.001 mm. Se encuentra dentro de la provincia de humedad "húmedo" según la relación de ETP-P (Fig. 8).

La zona de vida bosque húmedo montano bajo de la región tropical en Perú tiene una superficie aproximada de 2.411.600 hectáreas, que corresponde a 24.116 km², lo que constituye 1,88 por ciento del área total del país.

4.2.3.6 Bosque húmedo montano bajo de la región subtropical

La precipitación en esta zona de vida tiene como límite inferior 1.000 mm y como límite superior 2.000 mm. Se puede asumir cualquier valor entre estos parámetros pluviométricos. La biotemperatura tiene como valor inferior 12,0 y como superior 17,0°C. La relación de evapotranspiración potencial está comprendida entre 1,00 y 0,50 determinando la provincia de humedad "húmedo". Calculada la evapotranspiración potencial anual, según Holdridge, se encuentran dos valores límites para esta zona de vida de 707 y 1.001 mm (Fig. 8).

Fue determinada para esta condición ecológica una superficie aproximada de 367.000 hectáreas, que corresponde a 3.670 km², lo que constituye 0,28 por ciento del área total del país.

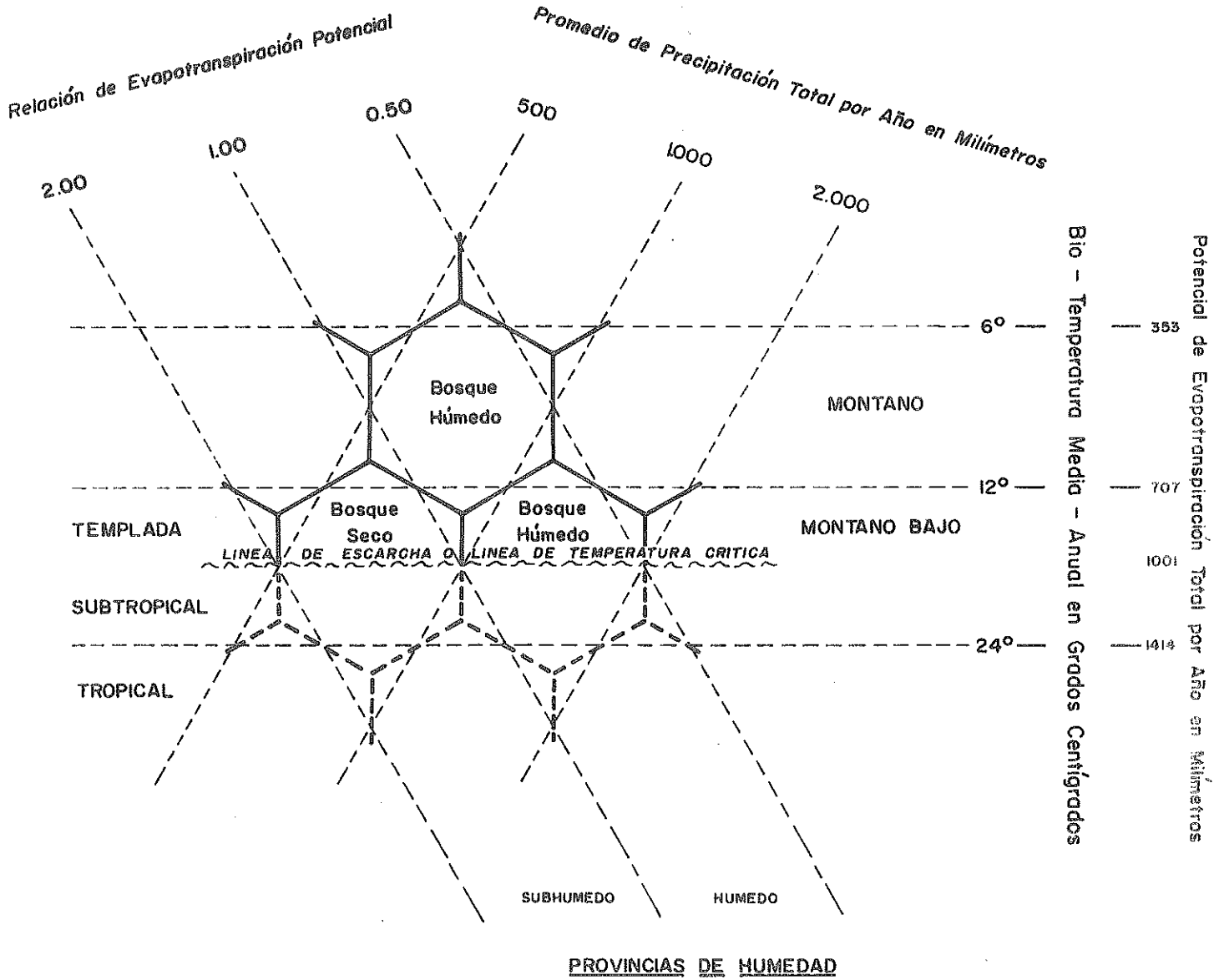


Fig. 8 Zonas de vida ecológicamente aptas para el cultivo de Eucalyptus globulus Labill en Perú.

5. DISCUSION

5.1 Zonificación de Gmelina arborea Roxb.

Con base en los resultados encontrados para esta especie, se puede notar una condición ecológica definida. Su habitat natural corresponde a la región latitudinal, subtropical, abarcando pequeñas partes de Pakistán Oriental, India, Laos, Tailandia, Vietnam, Camboya y Birmania. Asimismo, su condición natural pertenece a la región tropical, entrando en pequeñas zonas de Vietnam, Ceilán, Camboya y Birmania. Cabe indicar que la especie encuentra condiciones de pleno desarrollo en altitudes bajas casi al nivel del mar.

Después de analizar el crecimiento en su habitat natural se puede estimar que G. arborea es de condición húmedo a muy húmedo. Puede estar presente también en condiciones de bosque seco, tal como en algunas partes de Vietnam, Ceilán, Pakistán Oriental y otras condiciones especiales, las que pueden ser edáficas cuando la textura adecuada propicia la capacidad de retención de humedad, favoreciendo el desarrollo de la especie o cuando se hayan presentes junto a orillas de los ríos y arroyos, y por último, estar sujeta a exigencias en cuanto a tratamientos silviculturales.

Para Perú fueron determinadas cuatro zonas de vida donde se estima que podría cultivarse G. arborea. Todas ellas se encuentran en este país y se categorizan por prioridades de éxito en las siguientes zonas de vida:

- a. En la región subtropical resaltan las condiciones de

bosque húmedo y muy húmedo como primera categoría (Fig. 7).

- b. En la región tropical surgen las condiciones de bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo consideradas como primera y segunda categoría, respectivamente (Fig. 7).

El mapa ecológico del Perú se está renovando, con lo cual, dice el Dr. Tosi^{*}, saldrán algunas modificaciones en los sectores Centro y Sur (Hojas Nº 2 y 3 respectivamente). Asimismo, indicó que habrán algunas rectificaciones en la región oriental, donde pueden existir áreas favorables para G. arborea. Por lo tanto, es posible que posteriormente sea alterado el tamaño del área total zonificada para esta especie.

5.2 Zonificación de Eucalyptus globulus Labill. en Perú

Con base en los resultados encontrados para esta especie, se puede notar una condición ecológica muy acentuada. Sin embargo, posee una gran plasticidad, quizá más que ninguna otra especie forestal en el mundo, para acomodarse a condiciones ambientales distintas de las predominantes en su habitat originario.

En su país origen el E. globulus se encuentra distribuido dentro de una condición latitudinal templada.

En las diversas regiones introducidas se nota una amplia distribución de esta especie desde maleza desértica, posiblemente en

* J. A. Tosi, 1973. Comunicación personal.

condiciones hídricas especiales, sea natural o artificial, hasta bosque pluvial de las regiones latitudinales tropical, subtropical y templada.

Sin embargo, la mayor concentración del cultivo de esta especie se localiza en las condiciones bosque seco y bosque húmedo de las regiones templada, subtropical y tropical. En estas dos últimas en sus fajas altitudinales, montano bajo y montano.

Para Perú fueron determinadas seis zonas de vida donde se estima que E. globulus podría ser cultivado, los que se categorizan por prioridades de éxito en las siguientes zonas de vida:

- a. En la región tropical resaltan condiciones de bosque seco montano bajo, bosque húmedo montano y bosque húmedo montano bajo, consideradas como primera, segunda y tercera categoría, respectivamente. De estas categorías el E. globulus encuentra mejor condición en el bosque húmedo que dentro del seco (Fig. 8).
- b. En la región subtropical surgen las condiciones de bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano y bosque húmedo montano bajo, también consideradas como primera, segunda y tercera categoría respectivamente. En igual forma, entre estas categorías el E. globulus encuentra la mejor condición en el bosque húmedo que dentro del seco (Fig. 8).

Las zonas de vida de bosque seco y bosque húmedo de la región templada, en caso de que existieran en el Perú, estarían consideradas

en la cuarta categoría.

Las diversas zonas de vida categorizadas afirman el amplio análisis de la literatura revisada, los rendimientos altos encontrados para cada una de ellas y la buena forma que presentan las especies. Además, existen informaciones importantes relacionadas a este estudio. González (54), después de hacer una revisión bibliográfica sobre producciones en plantaciones tropicales, compiló los rendimientos de E. globulus en plantaciones de la América Latina, en elevaciones que van desde 2.600 hasta 3.050 m, los que corresponderían a condiciones secas y húmedas de las fajas altitudinales montano bajo y montano de las regiones latitudinales tropicales y subtropicales con rendimientos de 20 a 30 m³/ha/año.

Por otro lado, Falla (45), refiriéndose al E. globulus en Colombia, indica que es el eucalipto que se ha adaptado mejor en las zonas altas, limitado a las zonas de vida bosque seco, y bosque húmedo montano bajo, lo que concuerda en parte a la categorización efectuada para el E. globulus. El mismo autor (44) añade que en Colombia el E. globulus no se adapta bien en zonas muy húmedas debido a que en éstas su desarrollo es defectuoso y propenso a enfermedades fungosas y bacterianas, observación interesante y útil que margina condiciones ecológicas no propicias para la especie en estudio.

Tortorelli (114), durante sus viajes de observación y promoción forestal por la región de la Sierra Peruana, encontró crecimientos de E. globulus de 35 m³/ha/año, que son superiores a los mejores de la especie en su patria australiana en elevaciones que van desde

2.800 a 3.300 m, los que corresponderían a condiciones secas y húmedas de las fajas altitudinales montano bajo y montano de las regiones latitudinales tropicales y subtropicales peruanas. Concluye el mismo autor que observó ejemplares arbóreos de caracteres muy superiores al crecimiento que tiene en todos los países de América Latina. Esta observación respalda los resultados encontrados para esta especie en el presente trabajo.

Tosi (116) observó en la Sierra Peruana condiciones muy apropiadas para el crecimiento del E. globulus en las formaciones bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano de la región tropical, En esta última condición indica que es sumamente deseable la reforestación de los terrenos pobres, así como los de marcado declive, con E. globulus y otras especies forestales, opinión que fortalece la zonificación efectuada para esta especie en este trabajo.

Con los resultados aquí obtenidos se comparan las condiciones ecológicas de crecimiento con diez de las mejores plantaciones existentes en la Sierra sur y Central del Perú que, ubicados en el Mapa Ecológico de Perú (115), corresponden a las zonas de vida bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano de las regiones latitudinales tropical y subtropical, respectivamente. Esta comparación respalda los resultados obtenidos para esta especie en la presente investigación.

Las diez mejores plantaciones fueron seleccionadas de 80 parcelas (20x20 m) medidas por el autor en la Sierra Sur y Central del Perú, las que se efectuaron en los años 1966 y 1967 a fin de evaluar

el crecimiento de E. globulus en diversas condiciones ecológicas. La ubicación, edad, sitio, crecimiento y las zonas de vida se presentan en el Cuadro 3 del Apéndice. Asimismo se presentan las Figuras 3 y 4 de una plantación con Eucalyptus globulus Labill. en Huarón, Departamento Pasco, Perú.

6. CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten derivar las siguientes conclusiones:

1. Perú posee áreas aptas para la introducción de las especies en estudio según el "Sistema de Clasificación de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo" de Holdridge.
2. El área zonificada para G. arborea es 44,56 por ciento del área total de Perú y el área zonificada para E. globulus es 8,97 por ciento del área total de acuerdo con el Sistema Holdridge. No existen áreas zonificadas comunes para ambas especies.
3. Según la clasificación de Holdridge se estima que el cultivo de G. arborea en Perú puede ser realizado en las zonas de vida bosque húmedo y bosque muy húmedo de la Región Subtropical, bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo de la Región Tropical.
4. Se estima que el cultivo de E. globulus puede ser realizado en las zonas de vida bosque seco montano bajo, bosque húmedo montano, bosque húmedo montano bajo de la Región Tropical; bosque seco montano bajo, bosque húmedo montano y bosque húmedo montano bajo de la Región Subtropical.
5. El Sistema Holdridge es una metodología determinante de las Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo, pudiendo ser utilizado para zonificar especies forestales, cultivos

anuales y perennes y, para determinar áreas bioclimáticas pecuarias. Para tal efecto es necesario solo disponer de un mapa ecológico.

6. A través de las zonas de vida determinadas para el habitat natural y partes del mundo donde son cultivadas las especies, una vez comparadas con las zonas de vida determinadas para el país de introducción, es posible estimar producción relativa.
7. Aunque se puede seleccionar bien la zona de vida apropiada para especies exóticas, siempre hay muchas posibilidades de variantes en suelos y factores menores de clima. Así con una especie exótica nueva es preferible empezar en escala moderada hasta que se entienda mejor la reacción de la especie a estos factores menores.

7. RESUMEN

Mediante el "Sistema para la Clasificación de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo" de Holdridge, basados principalmente en los factores climáticos de biotemperatura, precipitación y la relación evapotranspiración potencial, se determinaron para Perú con ayuda de datos meteorológicos, áreas ecológicamente aptas para plantaciones de Gmelina arborea Roxb. y Eucalyptus globulus Labill., por medio de analogías y correlaciones de clima.

El conocimiento de las condiciones climáticas satisfactorias para las especies fue obtenido por medio del estudio de éstas en su país de origen y de las localidades de introducción en el mundo donde es cultivada, lo que posibilita la selección de áreas preferenciales en cualquier país donde se quiera introducir.

Utilizando estos conocimientos fueron caracterizadas y categorizadas las áreas potenciales para la introducción de las especies en Perú de acuerdo con el alcance del Sistema Holdridge.

En el Sistema Holdridge se utilizó el Mapa Ecológico de Perú elaborado por Tosi para la determinación de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales.

Para la zonificación de G. arborea en Perú se obtuvo una área total aproximada de 57.279.400 hectáreas, que corresponde a 44,56 por ciento del área total del país, y en la zonificación de E. globulus se obtuvo una área total aproximada de 11.534.800 hectáreas, que corresponde a 8,97 por ciento del área total del país.

A través de la zonificación por el Sistema Holdridge, se

estimó que G. arborea puede ser cultivada en Perú en las zonas de vida bosque húmedo, bosque muy húmedo de la región subtropical; bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo de la región tropical.

Asimismo, a través de la zonificación por el Sistema Holdridge, se estimó que E. globulus puede ser cultivada en Perú en las zonas de vida bosque seco montano bajo, bosque húmedo montano y bosque húmedo montano bajo de la región tropical; bosque seco montano bajo, bosque húmedo montano y bosque húmedo montano bajo de la región subtropical.

7a. SUMMARY

The objective of this study was to determine, from an ecological point of view, suitable areas for plantations of Gmelina arborea Roxb. and Eucalyptus globulus Labill. in Peru.

The research was carried out by using the Holdridge System for the Classification of World Life Zones of Plant Formations which is based primarily on the climatic factors of biotemperature, precipitation and the potential evapotranspiration ratio.

Climate analogies and correlations were used as far as statistical methods are concerned. The data comprised climatic records.

To determine the satisfactory climatic conditions for those species in Peru, the behavior of G. arborea and E. globulus both in their country of origin and in areas of their introduction where they have been cultivated was studied. By utilizing these two aspects, it is possible to determine preferential areas in any country where they can be introduced.

Utilizing the results of that study, potential areas were characterized and categorized for the species introduction in Peru according to the zones of Holdridge's System.

Together with Holdridge's System, the "Ecological Map of Peru" prepared by Tosi, was utilized for the determination of Life Zones of Plant Formations.

For the G. arborea zonification in Peru a total area of 57,279,400 hectares was obtained, which corresponds to 44.56 percent

of the country's total area. For E. globulus a total area of 11,534,800 hectares was obtained, which corresponds to 8.97 percent of the country's total area.

Through zonification using the Holdridge System, it was estimated that G. arborea can be cultivated in Peru in the following life zones: moist forest and wet forest in the subtropical region; pre-montane wet forest and moist forest in the tropical region.

As for E. globulus, it can be cultivated in Peru in the following life zones: lower montane dry forest, montane moist forest and lower montane moist forest in the tropical region; lower montane dry forest, montane moist forest and lower montane moist forest in the subtropical region.

8. LITERATURA CITADA

1. ABELLAN MORA, E. El eucalipto, cultivo y aprovechamiento. Barcelona, Ed. Sintesis, 1964. 75 p.
2. ACOSTA SOLIS, M. Algunas consideraciones ecológicas sobre la introducción de especies forestales exóticas a los países andinos. Ecuador, Departamento Forestal del Ecuador, Publicación No. 4. 1944. 8 p.
3. _____. El eucalipto en el Ecuador. 2 ed. Guayaquil, Ed. Ecuador, 1949. 47 p.
4. _____. La forestación artificial en el Ecuador central. Quito, Escuela Politécnica, 1954. 85 p.
5. AGUILAR, G. J. I. Los eucaliptos y la reforestación del país. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección General Forestal, 1960. 49 p.
6. AGUIRRE, J. A. y SALAS, J. Zonificación del cultivo del frijol en Centroamerica y Panamá. Turrialba (Costa Rica) 15(4):300-306. 1965.
7. ANDRADE, E. N. DE. O eucalipto. 2 ed. Sao Paulo, Brasil, FAO, 1961. 667 p.
8. ARAKAWA, H. Climates of northern and eastern Asia. In Landsberg, H. E., ed. World survey of climatology. Amsterdam, Elsevier, 1969. v. 8, 248 p.
9. ARGENTINA. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Estadísticas 1941-1950. Argentina, Ministerio de Aeronáutica. Publicación Bl No. 3. 1958. 161 p.
10. BALLON, C. H. et al. Prospects of Gmelina arborea for pulp and printing paper. Philippine Forests 5(1):12-15. 1971.
11. BARNARD, R. C. y BEVERIDGE, A. E. Exotic trees in the Federation of Malaya. Kuala Lumpur, Yau Seng Press, 1957. 39 p.
12. BONILLA, J. A. Crecimiento de pinos, Eucalyptus y salicaceas en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín del Departamento Forestal No. 14. 1965. pp. 1-8.

13. BOROTA, J. Some notes on the growth and increment of the hundred-year old plantation of Eucalyptus globulus in the Nilgeris Hills. *Indian Forester* 91(6):418-422. 1965.
14. BRITISH HONDURAS FOREST DEPARTMENT. Annual report for the year 1954. Tegucigalpa, 1955. 25 p.
15. BURGES, T. F. El arboretum forestal de Villarejo. *Montes* 5(29):400-404. 1949.
16. _____. El crecimiento de los eucaliptos en regiones semi-húmedas y semiáridas. *Caribbean Forester* 21(1-2):24-37. 1960.
17. BURGOS, J. J. y REYES, H. Tipos agroclimáticos mundiales del cacaotero. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 15(1/4):169-231. 1965.
18. BUSTAMANTE, E. L. y CAPEROS, S. A. Aprovechamiento de leñas y maderas de pequeñas dimensiones de los Eucalyptus globulus y camaldulensis como materia prima para pasta de celulosa. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1964. 173 p.
19. CALDERON S., S. Estudio preliminar fitoclimático y de supervivencia en la introducción de algunas especies exóticas. Chile, Universidad, Escuela de Ingeniería Forestal. *Boletín Técnico* No. 20. 1970. pp. 17-18.
20. CAMPOS CHAGAS, J. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das arvores. *Floresta (Brasil)* 2(3):45-62. 1970.
21. CARNEVALE, J. A. Arboles forestales, descripción, cultivo y utilización. 3 ed. Buenos Aires, Hachette, 1955. 689 p.
22. CERSOSIMO, F. J. Especies forestales exóticas en experimentación en la República Argentina. *Notas silvícolas (Argentina)* No. 13:1-4. 1962.
23. CHANDRA, L. Eucalyptus for West Africa. *Advancing frontiers of plant sciences* 24:83-187. 1970.
24. CHILE. OFICINA METEOROLOGICA. Resumen mensual del tiempo territorial, junio. Chile, Ministerio de Defensa Nacional, Dirección de Aeronáutica No. 1. 1966. 30 p.
25. CLAYTON, H. H. World weather records. Washington, D.C., Smithsonian Institution, 1934. 616 p.

26. CLIMATOLOGICAL DATA, West Indies and Caribbean. U. S. Department of Commerce Bulletin 46(13):508-533. 1966.
27. _____, West Indies and Caribbean. U. S. Department of Commerce Bulletin 47(2):42-80. 1967.
28. CORNER, E. J. H. Wayside trees of Malaya. 2a. ed. Singapore, Malaya, Government Printing Office, 1952. v. 1, 772 p.
29. CORPORACION CHILENA DE LA MADERA. Maderas, propiedades, clasificaciones, medición y aplicación. Santiago, Chile, 1961. v. 1, 72 p.
30. COSTA RICA. Anuario climatológico, 1968. San José, 1969. 40 p.
31. COZZO, D. Eucalyptus y eucaliptotecnia. Buenos Aires, Ateneo, 1955. 393 p.
32. CUTTEN, E. Y. Eucalyptus for Canterbury. Farm Forestry 16(1): 3-19. 1964.
33. DAUBENMIRE, R. F. Plants and environments. 2a. ed. New York, 1962. 422 p.
34. DELGADO, F. A. Ensayos de adaptación de especies en la Sierra Nevada de Santa Marta. Estudios de preinversión para el desarrollo forestal en los valles del Magdalena y del Sinu. Bogotá, Inderena. Boletín No. 4. 1970. 85 p.
35. DOWNS, R. J. Photocontrol of growth of woody plants. In Tree growth. Editado por T. T. Kozlowski. New York, Ronald Press, 1962. pp. 133-162.
36. EAST AFRICAN AGRICULTURE AND FORESTRY RESEARCH ORGANIZATION. Record of Research. Annual report 1958, East Africa High Commission. Nairobi, 1957. 112 p.
37. ECUADOR. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Anuario meteorológico, 1969. Quito, 1969. 218 p.
38. ECHEVARRIA, B. I. Eucalyptus globulus, estudio de las leyes de crecimiento en la zona forestal de Huelva del patrimonio forestal del estado. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1952. 39 p.

39. ELIAS, F. Precipitaciones máximas en España, régimen de intensidades y frecuencias. Madrid, Ministerio de Agricultura, Servicio de Conservación de Suelos, 1963. 267 p.
40. EMBERGUER, L. Afrique du Nord et Australie Méditerranéenne. In Symposium on Arid Zone Climatology. Canberra, Australia, 1956. Climatology and microclimatology. Paris, UNESCO, 1958. pp. 141-147.
41. ESPINAL, L. S. y MONTENEGRO M., E. Formaciones vegetales de Colombia y mapa ecológico. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1963. 201 p.
42. EUCALIPTO COMUN. Departamento Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Santiago, Chile. Circular No. 1. 1953. 2 p.
43. EWEL, J. J. y MADRIZ, A. Zonas de vida de Venezuela, memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Caracas, Editorial Sucre, 1968. 264 p.
44. FALLA RAMIREZ, A. Informe sobre reforestación en Colombia. Bogotá, Colombia, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinu, 1967. 22 p.
45. _____. Reforestación en zonas altas de América Tropical. Bogotá, Colombia, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinu, 1967. 20 p.
46. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Anuario meteorológico. Bogotá, 1969. v. 3, 610 p.
47. GARCIA B., J. y MANRIQUE, L. P. Zonificación bioclimática para la ganadería bovina de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 17 p. (mimeografiado).
48. GARTLAND, H. M. y SERRA, O. E. Informaciones sobre plantaciones forestales en las dunas marítimas de Miramar, Provincia de Buenos Aires. Revista Forestal Argentina 11(1): 5-9. 1967.
49. GENTILLI, J. Climates of Australia and New Zealand. In Landsberg, H. E., ed. World survey of climatology. Amsterdam, Elsevier, 1971. v. 13, 405 p.
50. GOEDERT, P. Les sols de l'Afrique centrale spécialement du Congo Belge, Le Régime pluvial au Congo Belge. Bruxelles, Institute National pour l'étude Agronomique du Congo Belge, 1938. 45 p.

51. GOLFARI, L. Regiones potencialmente aptas para plantaciones de pinos y otras coníferas en América Latina. IDIA (Suplemento Forestal) 16:19-49. 1965.
52. GONDELLES, A. R. El género Eucalyptus en Australia, informe. Symposium sobre un viaje de estudios. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección Forestal, 1954. 143 p.
53. GONZALEZ, E. Climatología de Venezuela. Caracas, Venezuela, Servicio de Meteorología Agrícola, 1941. 160 p.
54. GONZALEZ R., M. Rendimiento de plantaciones forestales en el trópico. Anales Científicos (Perú) 8(1-2):109-121. 1970.
55. GRIFFITHS, J. F. Climates of Africa. In Landsberg, H. E., ed. World survey of climatology. Amsterdam, Elsevier, 1972. v. 10, 601 p.
56. HELLMERS, H. Temperature effect on optimum tree growth. In Tree growth. Editado por T. T. Kozlowski. New York, Ronald Press, 1962. pp. 275-587.
57. HOLDRIDGE, L. R. Curso de ecología vegetal. San José, Costa Rica, IICA, 1953. 42 p. (mimeografiado).
58. _____. Determinación de las formaciones vegetales del mundo a base de datos climáticos simples. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1959. 4 p. (Data Science v. 105, No. 2727).
59. _____. Life zone ecology. Rev. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
60. _____, LAMB, F. B. y MASON, B. Los bosques de Guatemala; informe general de silvicultura, manejo y posibilidades industriales de los recursos forestales de Guatemala. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1950. 174 p.
61. _____ et al. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Oxford, Pergamon Press, 1971. 747 p.
62. HOWLAND, P. y FREEMAN, G. H. Interim results of full yield trial on eucalypts. Agricultural and Forestry Journal 35(3):257-264. 1970.
63. _____ y GRIFFITH, A. L. Muguga arboretum. East African Agricultural and Forestry Research Organization. Forestry Technical Note No. 12. 1962. 114 p.

64. JACOBS, M. Growth habits of the Eucalypts. Canberra, Commonwealth of Australia, Forestry and Timber Bureau, 1955. 262 p.
65. _____. La importancia de los eucaliptos en la Argentina y los problemas relacionados con su cultivo. Folletos Técnicos Forestales (Argentina) No. 2:1-61. 1959.
66. JAEN S., R. E. World wood review. World Wood 10(8):3-68. 1969.
67. KENDREW, W. G. The climates of the continents. 5a. ed. Londres, Oxford University, 1961. 608 p.
68. KRALL, J. Fundamentos para nuevas introducciones de Eucalyptus en el Uruguay. Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín No. 113. 1970. 22 p.
69. KRAMER, P. J. y KOZLOWSKI, T. T. Physiology of trees. New York, McGraw-Hill, 1960. 642 p.
70. LAMB, A. F. A. Gmelina arborea. Commonwealth Forestry Institute. Fast growing timber trees of the lowland tropics, No. 1. 1968. 31 p.
71. LARREA Q., I. A. y MORENA, J. A. Las plantaciones forestales del parque de vacaciones para funcionarios de la U.T.E. Boletín de la Escuela Industrial de Silvicultura (Uruguay) 7(9):5-29. 1958.
72. LIZARDO, L. Methods used in the trial planting of Eucalypts in the Philippines. Philippine Journal of Forestry 14(1-4):171-180. 1961.
73. McINTOSH, D. Household woodlots. Nigerian Forests Information Bulletin No. 45. 1957. 6 p.
74. MALAYA FOREST RESEARCH INSTITUTE FOREST DEPARTMENT. Research programme 1958-62. Progress report 1959. Malaya Forest Research Institute Forest Department Research Pamphlet No. 26A. 1960. 76 p.
75. MALUF, J. R. T. Zonificação ecológica de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. e Eucalyptus saligna Sm. para Nicaragua. Tese Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 154 p.
76. MANRIQUE PORTOCARRERO, L. P. Zonificación bioclimática para la ganadería bovina de los países centroamericanos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 111 p.

77. MARRERO, J. El cultivo del eucalipto en la sierra del Ecuador. Caribbean Forester 7(1):57-69. 1946.
78. MARTIN BOLAÑOS, M. Eucaliptos de mayor interés para España. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1955. 95 p.
79. MILLER, F. The influence of mycorrhizae on the growth of short-leaf pine seedling. Journal of Forestry 36:526-527. 1936.
80. MONTOYA M., J. M. Zonas ecológicas para frijol en América Central, una metodología. In Reunión Técnica sobre Programación de Investigación y Extensión en Frijol y otras Leguminosas de grano para América Central. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. pp. 26-34.
81. MORON, I. Adaptación y desarrollo de cuatro especies de eucaliptos. Silvicultura (Uruguay) 16(24):15-25. 1966.
82. NAJERA, A. F. y LOPEZ, F. V. Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1969. 279 p.
83. NATURAL OCCURRENCE OF THE EUCALYPTS. Commonwealth of Australia, Forestry and Timber Bureau. Leaflet No. 65. 1953. 115 p.
84. NIGERIA. FEDERAL MINISTRY OF INFORMATION. Annual report of the Department of Forest Research for the year 1961-62, Lagos, 1963. 49 p.
85. NIGERIA. FEDERAL MINISTRY OF AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES. Annual Report. Department of Forest Research for the year 1965-66. Ibadan, Nigeria, 1970. 55 p.
86. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Tree planting practices in tropical Asia. Forestry and Development Paper No. 8. 1956. 297 p.
87. _____. El eucalipto en la repoblación forestal. FAO, Estudios de Silvicultura y Productos Forestales No. 11. 1956. 431 p.
88. _____. Métodos de plantación de bosques en el Africa tropical. FAO, Cuadernos de Fomento Forestal No. 8. 1957. 333 p.

89. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Elección de especies arbóreas para plantación. FAO, Cuaderno de Fomento Forestal No. 13. 1959. 375 p.
90. _____. Tree planting in temperate Asia, Burma, India, Pakistan. FAO, Forestry Development Paper No. 14. 1959. 149 p.
91. _____. Prácticas de plantaciones forestales en América Latina. FAO, Cuaderno de Fomento Forestal No. 15. 1960. 497 p.
92. _____. La influencia de los montes. FAO, Estudios de Silvicultura y Productos Forestales No. 15. 1962. 335 p.
93. _____. Plantaciones forestales en América Latina. Desarrollo y perspectivas. Revista Forestal Venezolana 11(16):1-48. 1968.
94. _____. Inventario y demostración forestales. Panamá, zonas de vida. Informe. Roma, FAO, 1971. 121 p.
95. OSENI, A. M. The development of tree crops and timber industries in Nigeria. Ibadan, Nigeria, Department of Forest Research, 1969. 11 p.
96. OVIEDO, R. A. Zonificación ganadera de la región andina de Bolivia. *Sayaña (Bolivia)* 4(1/2):26-30. 1965.
97. PAPADAKIS, J. Climatic tables of the world. Buenos Aires, 1961. 175 p.
98. _____. Crop-ecological survey of West Africa (Liberia, Ivory Coast, Ghana, Togo, Dahomey, Nigeria). Roma, FAO, 1966. 2 v.
99. PEH, T. B. Pulping of Malayan exotic species, Gmelina arborea Roxb. Malaya, Forest Research Institute Forest Department. Research Pamphlet No. 44. 1964. 21 p.
100. PENFOLD, A. R. y WILLIS, I. L. The Eucalyptus. Botany, cultivation, chemistry and utilization. New York, Interscience, 1961. 551 p.
101. PITA CARPENTER, P. A. La producción de las masas de Eucalyptus globulus en el Norte de España. España, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Anales No. 11. 1966. pp. 45-59.

102. POLUNIN, N. Introduction to plant geography. London, Longmans, 1960. 640 p.
103. POYNTON, R. J. Notes on exotic forest trees in South Africa. South Africa, Department of Forestry. 1957. 135 p.
104. PULGAR VIDAL, J. El eucalipto. Colombia. Ministerio de Agricultura. Publicación No. 4. 1955. 188 p.
105. SAHNI, K. C. Forest tree introduction in India, its scope and importance. Indian Forester 91(1):43-57. 1965.
106. SALAZAR F., R. Zonificación ecológica de Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. y Tectona grandis Linn. para Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 120 p.
107. SCOTT, M. H. Utilization notes on South African timbers. South Africa, Department of Forestry. Bulletin No. 36. 1953. 95 p.
108. SICCO, G. S., VENEGAS, L. T. y MUÑOZ, V. D. Informe forestal del Departamento de Caldas. Manizales, Colombia, Fondo de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras, Sector Forestal, 1965. 152 p.
109. SPURR, S. H. Forest ecology. New York, Ronald Press, 1964. 349 p.
110. STREETS, R. J. Exotic forest trees in the British Commonwealth. London, Oxford University, 1962. 750 p.
111. SWABEY, CH. Forestry in Jamaica. Jamaica, Department of Forestry. Forestry Bulletin No. 1. 1945. 46 p.
112. THIRAWAT, S. H. The eucalypts for tropical climates. Bangkok, Royal Forest Department, 1952. 50 p.
113. TORTORELLI, L. A. Lineamiento para el plan de desarrollo forestal del Perú. Revista Forestal del Perú 2(2):79-86. 1968.
114. _____. Proyecciones económicas de la reforestación en el Perú. Lima, Colegio de Ingenieros del Perú, 1969. 24 p.
115. TOSI, J. A. Mapa ecológico de Perú con el bosquejo de clasificación de formaciones vegetales del mundo. Lima, IICA, Zona Andina, 1957. Escala 1:1.000.000. 3 h.

116. TOSI, J. A. Zonas de vida natural en el Perú. IICA. Boletín Técnico No. 5. 1960. 211 p.
117. TRINIDAD Y TOBAGO. Forest Department. Administrative Report for the year 1950, 1951. 24 p.
118. TYUL'PANOV, N. M. Management of forest parks. Trad. del ruso por N. Steigman. Washington, D.C., National Science Foundation, 1959. 131 p.
119. UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE. World weather records 1951-1960, North America. Washington, D.C. 1965. v.1, 1965.
120. _____. World weather records 1951-1960, Europe. Washington, D.C., 1966. v. 2, 547 p.
121. _____. World weather records 1951-1960, South America, Central America, West Indies, the Caribbean and Bermuda. Washington, D.C., 1966. v. 3, 1966.
122. _____. World weather records 1951-1960, Asia. Washington, D.C., 1967. v. 4, 575 p.
123. _____. World weather records 1951-1960, Africa. Washington, D.C., 1967. v. 5, 545 p.
124. _____. World weather records 1951-1960, Antarctica, Australia, Oceanic Islands, and Ocean Weather Stations. Washington, D.C., 1968. v. 6, 605 p.
125. VEILLON, J. P. Unos aspectos forestales del Perú. Boletín de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad de los Andes (Venezuela) 1(6):3-36. 1954.
126. VENEZUELA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA. Anuario climatológico 1962. Caracas, 1962. 158 p.
127. VILLEGAS DE LA VEGA, E. Repoblaciones de eucalipto y pino insigne en el norte de España. Madrid, Escuela Especial de Ingenieros de Montes, 1953. 235 p.
128. WADSWORTH, F. H. Datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales, Centro y Sur América. Segundo informe anual de la Sección de Forestación del Comité Regional sobre Investigación Forestal. Caribbean Forester Supplement 21(1/2):1960.

129. WALLEN, C. C. Climates of Northern and Western Europe. In Landsberg, H. E., ed. World survey of climatology. Amsterdam, Elsevier, 1970. v. 5, 253 p.
130. WATT, K. E. F. Principles of environmental science. San Francisco, California, McGraw-Hill, 1973. 318 p.
131. WEBERBAUER, A. El mundo vegetal de los andes peruanos; estudio fitogeográfico. Ed. revisada y ampliada. Lima, Ministerio de Agricultura, 1945. 746 p.
132. WILSIE, C. P. Cultivos: aclimatación y distribución. Trad. Manuel Serrano García. Zaragoza, España, Acribia, 1971. 491 p.
133. WORTHINGTON, T. B. Ceylon trees. Colombo, The Colombo Apothecaries, 1959. 429 p.
134. YACUBSON, D. Algunas consideraciones sobre algunos Eucaliptos cultivados en América Latina. Misceláneas Forestales (Argentina) No. 1:1-4. 1960.
135. _____. Difusión y comportamiento de los eucaliptos cultivados en la zona septentrional de la región Andino-Patagónica y zonas adyacentes. Folletos Técnicos Forestales (Argentina) No. 19:11-12. 1963.

9. A P E N D I C E

Cuadro 3. Crecimiento de Eucalyptus globulus Labill. en algunas localidades de la sierra central y sur del Perú*.

U B I C A C I O N										FORMACIONES VEGETALES									
Departamento	Provincia	Localidad	Elevación m s.n.m.	Roca madre	Origen del suelo	Textura del suelo	Profundidad (cm)	Reacción	Drenaje	Topografía (%)	Espaciamiento (m)	Edad (años)	Diámetro promedio (cm)	Altura media (m)	No. árboles (ha)	Area basal (m ²)	Forma		
																	según J. A. Tosi		
Huánuco	Huánuco	Huarapa	2600	Caliza	Residual	Arenoso arcilloso	25	6,0	Libre	25	2,00x2,00	9	15	32	2400	42	Buena	Bosque seco montano bajo tropical	
Ambo	San Rafael		3000	Caliza	Coluvial	Arenoso arcilloso	15	6,0	Libre	20	6,00x2,25	15	19	22	900	26	Buena	Bosque seco montano bajo tropical	
Pasco	Huariaca		2900	Caliza	Aluvial	Limo arcilloso	25	8,0	Libre	5	1,25x1,25	10	13	22	3925	52	Buena	Bosque seco montano bajo tropical	
	Chicrin		3650	Caliza	Coluvial	Arenoso arcilloso	35	6,0	Libre	25	2,25x2,25	12	15	23	1675	29	Buena	Bosque húmedo montano tropical	
D.A. Carrión	Chacapampa		3200	Arenisca y pizarra	Coluvial	Arenoso arcilloso	15	6,0	Libre	5	2,00x2,00	11	14	28	2200	34	Buena	Bosque húmedo montano tropical	
	Uspachaca		2800	Caliza	Aluvial	Arenoso arcilloso	40	8,0	Libre	5	3,00x3,00	10	24	35	1000	45	Buena	Bosque seco montano bajo tropical	
	Yanahuanca		3600	Caliza	Coluvial	Arenoso arcilloso	35	6,0	Libre	10	2,00x2,00	9	14	19	2250	35	Buena	Bosque húmedo montano tropical	
Junin	Huancayo																		
	Hda. Porvenir		3350			Arcillo-pedregoso	30	7,0	Libre	Llana	5,00x3,00	7	19	19	400	12	Buena	Bosque seco montano bajo subtropical en transición al Bosque húmedo montano subtropical	
Cusco	Huacancaro		3300	Granito	Coluvial	Arenoso arcilloso	45	--	Libre	15	2,25x2,25	8	14	24	1925	30	Buena	Bosque húmedo montano subtropical	
	Pumamarca Chico		3350	Diorita	Coluvial	Arenoso arcilloso	40	--	Libre	10	2,00x2,00	8	13	23	2500	33	Buena	Bosque húmedo montano subtropical	

* Tamaño de parcelas medida: 20 x 20 m; Fechas de medición: Noviembre 1966 - Abril 1967.

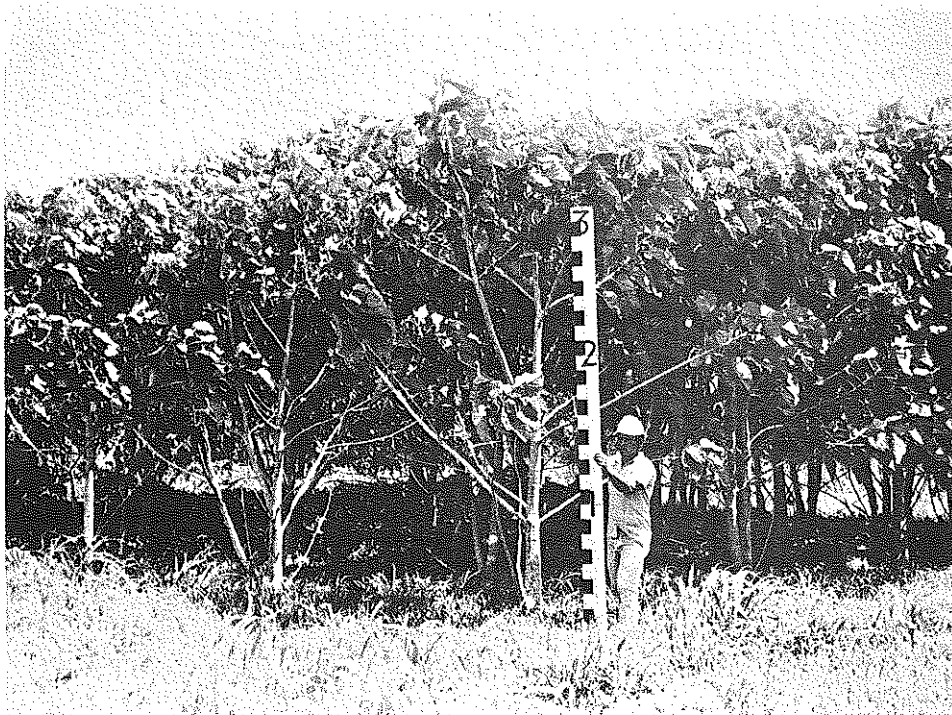
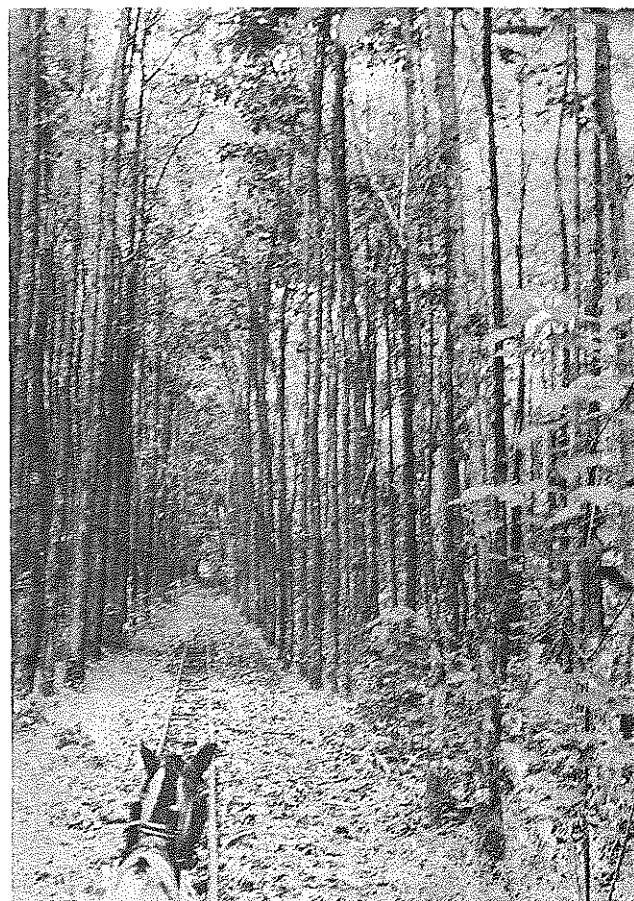


Fig. 1 Plantación de Gmelina arborea Roxb. de dos años de edad, en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica, a 620 m s.n.m. Bosque muy húmedo prementano.

Fig. 2 Plantación de Gmelina arborea Roxb. de siete años de edad, en Manilla, Provincia Limón, Costa Rica, a 50 m s.n.m. Bosque muy húmedo prementano.



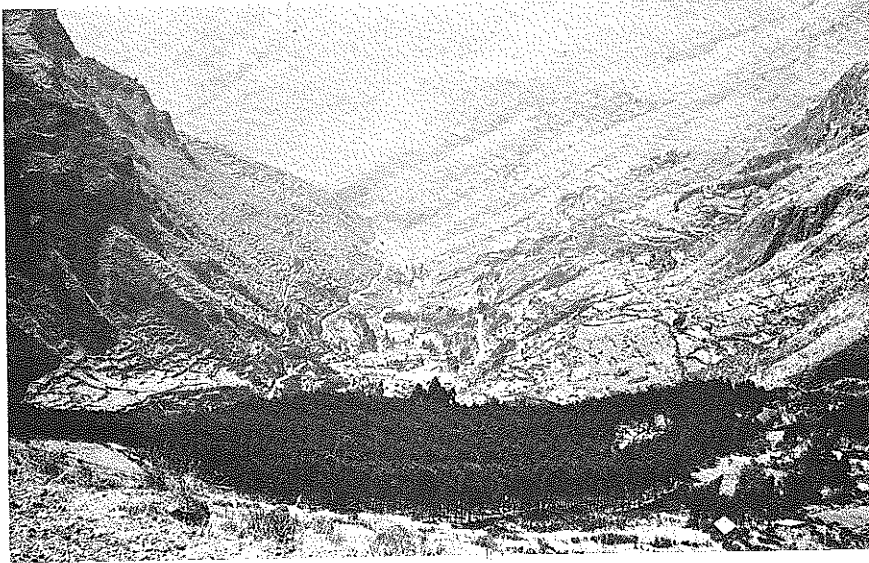


Fig. 3 Vista panorámica de una plantación de Eucalyptus globulus Labill, de nueve años de edad, en Huarón, Departamento, Pasco, Perú, a 3500 m s.n.m. Bosque húmedo montano de la región tropical.



Fig. 4 Otra vista de la misma plantación. Se puede observar el buen crecimiento de los árboles en esa zona de vida.