

ZONIFICACION ECOLOGICA DE Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf.

Y Tectona grandis Linn. PARA HONDURAS

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Rodolfo Salazar F.



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

ZONIFICACION ECOLOGICA DE Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf.

Y Tectona grandis Linn. PARA HONDURAS

Tesis

Sometida 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

Pablo Rosero, M.S.

Comité

Adalberto Gorbitz, Ing.Agr.

Comité

Hester Barres, Ph.D.

Comité

Mayo, 1973

A mis padres

A mi querida esposa

A mis hermanos

AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento:

Al Dr. Waldemar Albertin, Consejero Principal, por su colaboración en el planeamiento y desarrollo del presente trabajo.

A los Ings. Pablo Rosero y Adalberto Gorbitz, por sus valiosas sugerencias en la revisión del manuscrito.

Al Dr. Hester Barres, por el estímulo brindado en la realización de mis estudios de postgrado.

Al Dr. Holdridge por su valiosa colaboración en el desarrollo de su metodología.

Al Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba, por las facilidades prestadas para realizar los estudios de postgrado en el IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica.

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, CTEI, por la ayuda prestada para la realización de los estudios de postgrado.

Al Sr. Emilio Ortiz dibujante del Departamento de Ciencias Forestales y a aquellas personas que contribuyeron en mis estudios y en el presente trabajo.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Turrialba, Costa Rica, el 29 de setiembre de 1945.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, se graduó de Ingeniero Agrónomo en 1969.

Desde enero de 1969 hasta abril de 1973 trabajó como Jefe del Proyecto Forestal del Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba.

Desde abril de 1973 ocupa el cargo de Codirector del Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba.

En abril de 1971, ingresó como Estudiante Graduado al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, Departamento de Ciencias Forestales Tropicales. Después de cumplir con todos los requisitos, obtuvo el grado de Magister Scientiae en mayo de 1973.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Ecología forestal .....	3
2.2. Los bosques de Honduras .....	6
2.3. <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> Barr. y Golf. ..	7
2.3.1. Taxonomía .....	7
2.3.2. Descripción botánica .....	9
2.3.3. Distribución natural .....	9
2.3.4. Requerimientos edáficos .....	10
2.3.5. Requerimientos climáticos .....	11
2.3.6. Comportamiento en su habitat natural .....	12
2.3.7. Comportamiento en las regiones de introducción .....	17
2.3.8. Sanidad vegetal .....	35
2.4. <u>Tectona grandis</u> Linn. ....	36
2.4.1. Descripción botánica .....	36
2.4.2. Distribución natural .....	36
2.4.3. Requerimientos edáficos .....	37
2.4.4. Requerimientos climáticos .....	38
2.4.5. Comportamiento en su habitat natural .....	40
2.4.6. Comportamiento en las regiones de introducción .....	45
2.4.7. Sanidad vegetal .....	54
3. MATERIALES Y METODOS .....	55
3.1. Metodología de Burgos .....	55
3.1.1. Determinación de límites agroclimáticos .....	56
3.1.1.1. Límites térmicos .....	56
3.1.1.2. Límites hídricos .....	57
3.1.1.3. Límites edáficos .....	58
3.1.2. Descripción de las categorías edáficas .....	58
3.1.3. Elaboración del mapa de isotermas para Hondu- ras .....	59
3.1.4. Elaboración de los mapas de isoyetas para Hon- duras .....	60
3.1.5. Elaboración de los mapas de zonificación .....	64
3.2. Metodología de Holdridge .....	65

	<u>Página</u>
3.2.1. Bio-temperatura .....	67
3.2.2. Precipitación anual .....	67
3.2.3. Evapotranspiración potencial .....	68
3.2.4. Temperatura crítica .....	68
3.2.5. Fajas altitudinales .....	69
3.2.6. Procedimiento empleado .....	69
4. RESULTADOS .....	71
4.1. Metodología de Burgos .....	71
4.1.1. <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	71
4.1.1.1. Límites agroclimáticos .....	71
4.1.1.2. Clasificación de las unidades de jerarqui- zación en categorías de potencial .....	73
4.1.2. <u>Tectona grandis</u> .....	73
4.1.2.1. Límites agroclimáticos .....	73
4.1.2.2. Clasificación de las unidades de jerarqui- zación en categorías de potencial .....	75
4.1.3. Determinación de la altitud para las isoter- mas específicas en Honduras .....	75
4.1.4. Mapas de isoyetas para Honduras .....	76
4.1.5. Mapas de zonificación .....	76
4.1.6. Areas potenciales para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Honduras .....	77
4.1.7. Areas potenciales para <u>Tectona grandis</u> en Honduras .....	77
4.2. Metodología de Holdridge .....	77
4.2.1. Zonas de vida para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondu- rensis</u> y <u>Tectona grandis</u> .....	77
4.2.2. Areas potenciales para el <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> y <u>T. grandis</u> .....	82
5. DISCUSION .....	85
5.1. Metodología de Burgos .....	85
5.2. Metodología de Holdridge .....	87
5.3. Zonificación climática .....	88

	<u>Página</u>
6. CONCLUSIONES .....	90
6.1. Metodología de Burgos .....	90
6.2. Metodología de Holdridge .....	91
6.3. Zonificación climática .....	92
7. RESUMEN .....	94
7a. SUMMARY .....	96
8. LITERATURA CITADA .....	98
9. APENDICE .....	105

## LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº		<u>Página</u>
1	Diámetro por edad del <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Belice .....	12
2	Distribución de árboles de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> según áreas y clases diamétricas en Poptún, Guatemala .....	14
3	Distribución del volumen total de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> sin corteza según áreas y clases diamétricas en Poptún, Guatemala ...	15
4	Número de árboles de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> clasificados por longitud del fuste aprovechable en Poptún, Guatemala .....	16
5	Crecimiento en altura de varias especies de <u>Pinus</u> comparadas con el <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> sobre distintos sitios en Puerto Rico .....	20
6	Pruebas de procedencias de <u>Pinus caribaea</u> Mor. plantadas en 1968 en Nigeria .....	21
7	Comportamiento de varias especies de <u>Pinus</u> en plantaciones en Nigeria .....	22
8	Crecimiento medio en altura de varias especies de <u>Pinus</u> en L'Anguededou, Costa de Marfil .....	23
9	Características del sitio en algunas plantaciones de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Argentina .....	24
10	Altura, diámetro y volumen de varias especies de <u>Pinus</u> a los ocho años de edad en tres localidades del Noreste de Argentina .....	25
11	Comportamiento del <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Fiji .....	26
12	Crecimiento relativo de varias especies de <u>Pinus</u> en las áreas escarpadas y planas costeras de Nueva Gales del Sur .....	27

Cuadro Nº		<u>Página</u>
13	Medición de altura, DAP, y supervivencia de variedades - procedencias de <u>Pinus caribaea</u> Mor. de cuatro años de edad en Turrialba, Costa Rica .....	30
14	Tabla de volumen total con corteza, sin ramas ni tocón para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Turrialba, Costa Rica .....	31
15	Porcentajes y tipos de cola de zorro presentes en las plantaciones de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> de uno a cinco años de edad en el Cantón de Turrialba, Costa Rica	32
16	Datos de crecimiento de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Zululand, Africa del Sur ..	33
17	Comportamiento del <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en el Norte de Queensland .....	34
18	Altura media de plantaciones de <u>Tectona grandis</u> en el Norte de Tailandia .....	41 ✓
19	Crecimiento de la <u>Tectona grandis</u> sobre distintos sitios en Java .....	42 ✓
20	Crecimiento en altura de ocho árboles dominantes de <u>Tectona grandis</u> en Ngergan, Java ✓	43 ✓
21	Comportamiento de <u>Tectona grandis</u> en Java, India y Birmania .....	44 ✓
22	Rendimiento de <u>Tectona grandis</u> por hectárea en Trinidad en buenos sitios .....	45 ✓
23	Rendimiento de <u>Tectona grandis</u> por hectárea en Trinidad .....	46
24	Comparación del rendimiento de <u>Tectona grandis</u> en India, Malaya y Java .....	47
25	Crecimiento de <u>Tectona grandis</u> en Kagelu, Sudan .....	52
26	Crecimiento de <u>Tectona grandis</u> en Yambio, Sudan .....	52
27	Crecimiento de <u>Tectona grandis</u> en Katire, Sudan .....	52

Cuadro Nº		<u>Página</u>
28	Crecimiento de <u>Tectona grandis</u> en Nyng Akak, Sudan .....	53
29	Constantes de la regresión lineal para determinar la temperatura máxima y mínima mensual de la Vertiente Atlántica de Honduras .....	62
30	Constantes de la regresión lineal para determinar la temperatura máxima y mínima mensual de la Vertiente Pacífica de Honduras .....	63
31	Valores altitudinales de las isotermas para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> y <u>Tectona grandis</u> en Honduras .....	76
32	Areas potenciales para el crecimiento de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Honduras ...	78
33	Areas por Departamentos con potencial para el crecimiento de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en Honduras .....	79
34	Areas potenciales para el crecimiento de <u>Tectona grandis</u> en Honduras .....	80
35	Areas por Departamento con potencial para el crecimiento de <u>Tectona grandis</u> en Honduras ..	81
36	Areas potenciales para el crecimiento de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> y <u>Tectona grandis</u> en Honduras .....	83
37	Areas de dos zonas de vida en los Departamentos de Honduras con potencial para el crecimiento de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> y <u>Tectona grandis</u> .....	84

## LISTA DE FIGURAS

Figura N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Crecimiento en altura por edad en plantaciones de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en distintos sitios en Surinam .....	19
2	Crecimiento en altura por edad de <u>Tectona grandis</u> en tres plantaciones de India y Nigeria .....	50
3	Altura de árboles dominantes de <u>Tectona grandis</u> con 25 años de edad sobre tres calidades de sitio en Nigeria .....	51
4	Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo .....	66

## APENDICE

Cuadro N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Información climática del habitat natural de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> (metodología Burgos) .....	106
2	Información climática de lugares de introducción de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> (metodología Burgos) .....	107
3	Información climática del habitat natural de <u>Tectona grandis</u> (metodología Burgos) .....	109
4	Información climática de lugares de introducción de <u>Tectona grandis</u> (metodología Burgos)	110
5	Información climática de la Vertiente Atlántica de Honduras calculada con balances hídricos .....	112
6	Información climática de la vertiente Pacífica de Honduras calculada con balances hídricos .....	114
7	Información climática del habitat natural de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> (metodología Holdridge) .....	115
8	Información climática de los lugares de introducción de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> (metodología Holdridge) .....	116
9	Información climática del habitat natural de <u>Tectona grandis</u> (metodología Holdridge) .	117
10	Información climática de los lugares de introducción de <u>Tectona grandis</u> (metodología Holdridge) .....	118
11	Ejemplo de un balance hídrico mensual .....	120

## APENDICE

Mapa N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Mapa de zonificación ecológica de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> para Honduras ..	121
2	Mapa de zonificación ecológica de <u>Tectona grandis</u> para Honduras .....	122
3	Mapa ecológico de Honduras según el sistema de zonas de vida del mundo .....	123

## 1. INTRODUCCION

Ante la creciente demanda de productos forestales, y la diversidad en cuanto a utilización ocasionada por los adelantos tecnológicos, nos hemos visto obligados en forma precipitada y poco técnica, a establecer plantaciones forestales con especies exóticas prometedoras, y esperar los resultados de 10 a 15 años.

Las plantaciones forestales establecidas con poco conocimiento de las necesidades ecológicas, corren el riesgo de obtener grandes fracasos como los de Sao Paulo, Brasil con Pinus radiata D. Don, Pinus pinaster Aiten, Paulonia tomentosa Steud y Cinchona spp. en las faldas del Volcán Poás en Costa Rica.

La zonificación ecológica ha logrado dar una base más científica, que permite determinar áreas que reúnan condiciones ecológicas más apropiadas para el desarrollo de los diferentes cultivos.

A través de la zonificación ecológica forestal, se busca ofrecer al técnico una base más sólida, sobre la cual podrá apoyarse con mayores posibilidades de éxito, y lograr así un avance más acelerado del campo forestal en nuestros países. A la vez permite a los organismos encargados de planificar el uso de la tierra, una base más segura para la elaboración de programas de desarrollo e investigación.

En el presente trabajo se han zonificado Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. y Tectona grandis Linn. por ser especies de crecimiento relativamente rápido, alto valor en los mercados, y alta resistencia a plagas y enfermedades. Se seleccionó Honduras por contar este país con áreas aptas para incrementar el cultivo del P. caribaea var. hondurensis e introducir T. grandis, por tener una adecuada red de estaciones meteorológicas, y un mapa de uso potencial de

la tierra, factores que facilitan el desarrollo de las metodologías empleadas.

La metodología de Burgos se considera aplicable en la ecología forestal y además el grado de precisión en las áreas zonificadas es bastante aceptable, como lo demuestran los trabajos realizados para Araucaria angustifolia (Bert.), y Eucalyptus saligna Sm. (15, 50).

La metodología ecológica propuesta por Holdridge es bien conocida, habiéndose realizado con este sistema los mapas ecológicos de Centroamérica y varios países de Sur América, requiere información climática simple para su desarrollo y además Honduras cuenta con un mapa de zonas de vida (19, 28).

Los objetivos de esta zonificación ecológica son determinar las áreas de Honduras con potencial para el crecimiento del Pinus caribaea var. hondurensis y Tectona grandis.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Ecología forestal

Para Thornthwaite y Kenneth (72) el mérito de cualquier clasificación climatológica depende, en primer término, de la precisión con que permita identificar las regiones climáticas y señalar sus límites, y en segundo lugar, de la pericia ejercitada en la elección de parámetros numéricos para definir dichos límites, así como para especificar las condiciones ecológicas que abarcan.

Durante muchos años se ha solido considerar la vegetación natural y el suelo como funciones complejas del clima. Hoy en día se sabe que la vegetación forestal se distribuye al influjo de ciertos factores climáticos externos y que los bosques mismos obran como principales causas determinantes de los micro y macroclimas (72).

El clima de una localidad suele considerarse como "tiempo medio", que es el criterio del meteorólogo. Juzgado a la luz de los procesos físicos, el clima se concibe mejor como la compleja acción recíproca de la vegetación y la atmósfera en la superficie de la tierra, expresada en términos de intercambio de energía y humedad. Se considera que una clasificación de positivo valor para el estudio de la vegetación, deberá apoyarse en parámetros pertinentes a esta interacción compleja y no en los datos escuetos obtenidos por la observación meteorológica (72).

Burgos (13) propuso resolver el problema de los cultivos individuales en una forma independiente de las clasificaciones conocidas, las que han tratado de satisfacer las necesidades agrícolas, al

tratar de definir unidades climáticas de igual aptitud agrícola. Ha considerado que es posible mejorar los sistemas actuales si se introduce el concepto de índices agroclimáticos que determinan los fenómenos meteorológicos y sus relaciones con las necesidades de cada cultivo.

El concepto de clima se refiere al conjunto de factores climáticos, mientras que agroclima incluye además una relación directa a un determinado cultivo (14, 15).

El balance hídrico de agua en el suelo propuesto por Thornthwaite, tiene la ventaja de que requiere únicamente registros de precipitación y temperatura medias mensuales. A partir de estos dos parámetros, se llega a apreciar el grado de humedad o aridez del clima y de un nivel teórico de gasto de agua denominado evapotranspiración potencial. El balance se calcula con valores que abarcan diversos períodos de tiempo: diarios, semanales o mensuales, de acuerdo al grado de precisión requerido (23, 73).

Por tratarse de especies forestales se considera que la utilización de los balances a nivel mensual dan valores de exceso y deficiencia de agua en el suelo, que resultan precisos para el establecimiento de los límites hídricos óptimos para el cultivo.

Thornthwaite (72) indica que las plantas maduras de raíces profundas pueden disponer al menos de una capa de agua de 300 mm en la mayoría de los suelos normales, y que la intensidad de la evapotranspiración disminuye a medida que el terreno se seca, siendo proporcional a la cantidad de agua contenida en él. Cuando la humedad del suelo queda reducida al 50 por ciento de la capacidad, la intensidad de la

evapotranspiración efectiva llega al 50 por ciento de la ETP.

La evapotranspiración potencial constituye el proceso fundamental en el intercambio que se establece entre la tierra y la atmósfera y ha sido definida como la cantidad de agua que pasa al aire en forma de vapor, desde la superficie del suelo en forma directa, y desde su profundidad por la transpiración de las plantas si el suelo permanece saturado de agua (14, 15, 24).

Se han elaborado varias fórmulas para el cálculo de la ETP, pero la propuesta por Papadakis (65) resulta precisa y sencilla, ya que requiere únicamente de las temperaturas máximas y mínimas mensuales y el uso de tablas ya elaboradas para su estimación.

La fórmula para el cálculo de la ETP es (65):

$$E = 0,5625 (C_{ma} - C_d)$$

E = Evapotranspiración potencial

$C_{ma}$  = Tensión de vapor de saturación promedio de las temperaturas máximas, en milibares.

$C_d$  = Tensión de vapor en el aire, en milibares

Holdridge (30) ha propuesto un método que permite identificar divisiones macro-climáticas biológicamente significativas, aunque existan áreas con redes de registros meteorológicos de poca densidad. Cuando esto sucede, la identificación de las zonas de vida puede llevarse a cabo siempre y cuando se disponga de ecólogos entrenados en el sistema, quienes mediante observaciones y mediciones de la fisiografía, las formas de vida y las características estructurales de la vegetación nativa o cultivada, identifican con precisión la distribución de las zonas de vida del país en estudio.

El sistema de zonas de vida ha sido establecido y comprobado sobre las relaciones de factores del habitat y las comunidades bióticas naturales. De esta forma se logra una aproximación genérica, presumiblemente natural a la clasificación ambiental, sobre una base empírica comparativa (30).

Cada una de las zonas de vida que en total suman más de cien, está formada por un grupo de asociaciones, y una asociación dada no puede existir en más de una zona de vida. Las asociaciones de una zona de vida están relacionadas por el ámbito común de condiciones macro-climáticas que las definen. El número de estas asociaciones en una zona de vida están determinadas por combinaciones específicas de patrones geográficos, geológicos, relieve, condiciones atmosféricas, drenaje, uso pasado y presente de la tierra (30).

La sucesión es el paso final en esta clasificación, y se refiere a la sub-división del área de cada asociación, de acuerdo al tipo de cubierta vegetal existente. En este nivel los detalles locales y los cambios temporales tienen mayor influencia. Como la intervención del hombre realiza constantes cambios, en esta etapa los mapas ecológicos existentes resultan anticuados a muy corto plazo (30).

## 2.2. Los bosques de Honduras

Los bosques constituyen el recurso primordial para la mayor parte de Honduras, donde el terreno es demasiado montañoso y los suelos marginales para la agricultura moderna intensiva. Únicamente la explotación del banano y del café superan la industria forestal en su contribución al comercio internacional de Honduras (28).

Hasta 1969 Honduras contaba con 61 por ciento de su territorio bajo bosques, de los cuales 40 por ciento correspondían a pinares y 60 por ciento a bosques de latifoliadas. La extensión de sus pinares y su valor económico es de los más grandes en América Tropical. Ningún país de Centroamérica, dependerá tanto de sus bosques como Honduras y ninguno de la región podrá esperar tanto como ella de sus pinares (46).

En 1968, fueron estudiados 21.558 Km<sup>2</sup> de pinares, siendo revelada la existencia de 134 millones de m<sup>3</sup> de madera en pie, con un promedio general de 62,2 m<sup>3</sup>/ha. Se estima que estos bosques no están en capacidad de proveer en forma sostenida 6 millones de m<sup>3</sup>/año, estando aún en peligro de desaparecer por cortes excesivos, incendios y agricultura nómada (64).

Estos bosques están formados por diferentes especies de pinos, que se extienden desde las sabanas en la costa Atlántica con pinos aislados hasta rodales de pinos mezclados con latifoliadas en la zona montañosa. El Pinus caribaea var. hondurensis crece desde el nivel del mar hasta 900 m s.n.m.\*; Pinus oocarpa Schiede, que es la especie más común, va desde 600 a 1700 m de altitud y el Pinus pseudostrobus Lindl., se encuentra a mayores alturas.

### 2.3. Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf.

#### 2.3.1. Taxonomía

El P. caribaea var. hondurensis durante muchos años fue conside-

---

\* En adelante se utilizará altitud en lugar de m s.n.m.

rado por los botánicos como Pinus caribaea Morelet. En 1952, se hizo una división, dando el nombre de Pinus elliottii H. al "slash pine" del Sureste de los Estados Unidos y Pinus caribaea para los rodales que se encuentran en Cuba, Bahamas y Centroamérica (8).

Barret y Golfari (8) al establecer plantaciones de P. caribaea de diferentes procedencias en Argentina observaron diferencias en su hábito de crecimiento, precocidad, tamaño, forma de las semillas y exigencias ecológicas. Por tales razones decidieron considerar tres variedades con tres zonas de origen geográficamente aisladas; Pinus caribaea var. cubensis Barr. y Golf. localizado en Cuba, Pinus caribaea var. bahamensis Barr. y Golf. localizado en las islas Bahamas y Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. localizado en Centroamérica.

Loock (45) encontró en Africa del Sur diferencias entre el P. caribaea originario de Belice, y el P. caribaea de Georgia, Florida, Estados Unidos. Creciendo en condiciones similares, el de Belice muestra un crecimiento más vigoroso. Al examinar material botánico colectado en Belice, se encontraron con respecto a las otras procedencias, diferencias botánicas importantes para separar el P. caribaea var. hondurensis del P. caribaea Mor. Barret y Golfari (8) consideran como material tipo de la var. hondurensis el colectado por W. Barret el 15 de noviembre de 1960 a 550 m de altitud en Mountain Pine Ridge, Distrito Cayo, Belice.

### 2.3.2. Descripción botánica

Este pino pertenece a la familia Pinaceae y comunmente se conoce en Honduras como pino castaño, pino costanero, pino de la costa, pino colorado; en Belice y Nicaragua se conoce como Pitch pine, yellow pine, white pine; en Guatemala como ocote blanco y en América Latina como pino caribaea de Honduras (8, 53).

Los árboles son cilíndricos, rectos o ligeramente encorvados, alcanzan hasta 30 m de altura y 40 a 50 cm de diámetro; corteza rugosa, áspera, agrietada en placas longitudinales, castaño rojiza o café grisácea; ramas delgadas, verticiladas, horizontales o erectas formando copas cónicas; hojas en fascículos de 3 acículas, algunas veces 2 y raramente 4 - 5, ásperas, aserradas en los bordes, verde-amarillentas, azulado verdosas de 15 - 25 cm de largo; conos pedunculados o subsésiles, oblongo o conoide, de 6 - 14 cm de largo, a veces en grupos de 2 - 3 o solitarios, color grisáceo, formado por escamas delgadas flexibles de 3 cm de largo y 1,5 cm de ancho y apófisis romboide pronunciado; semillas pequeñas, levemente triangulares, café o café morenas; alas membranosas de 1,8 - 2,0 cm de largo y 4 - 5 mm de ancho; madera blanca amarillenta, resinosa, buena para construcciones, mueblería ligera, pulpa para papel, plywood, postes para energía eléctrica y cajonería (1, 48, 49, 53).

### 2.3.3. Distribución natural

Esta especie se encuentra creciendo naturalmente en masas discontinuas y fragmentadas desde los 18º de latitud Norte en Orange Walk, Belice, hasta 12º de latitud Norte en Bluefields, Nicaragua. En

Belice se encuentra en los Distritos de Orange Walk, Belice, Cayo, Stann Creek y Toledo. En Guatemala en los Departamentos de Petén, ~~Isabal~~ y Alta Verapaz. En Nicaragua en el Departamento de Nueva Zelaya. En Honduras en los Departamentos de Olancho, Gracias a Dios, Yoro, Francisco Morazán y Cortés (1, 8, 64, 71).

#### 2.3.4. Requerimientos edáficos

En Belice este pino crece en dos sitios muy diferentes. En la costa que es relativamente plana y cuyos suelos se derivan de aluviones altamente arenosos, lixiviados, ácidos y muy infértiles, con poca capacidad de soportar altos bosques. En las montañas crece hasta 1000 m de altitud, donde los suelos son graníticos, con buen drenaje, profundos y arenos arcillosos. El rendimiento es mayor en estos suelos que en la costa, encontrándose los mejores árboles en los valles refugiados y en las cuencas graníticas (8, 45, 48, 49).

En Nicaragua esta conífera se encuentra en las tierras bajas de la costa Atlántica desde Bluefields hasta el río Coco en la frontera con Honduras, donde los suelos están compuestos por rodados silíceos, arenas gruesas, drenaje muy variable y muy estériles (8).

Haufe (34) indica que en Poptun, Guatemala se encuentra uno de los mejores bosques de la var. hondurensis, creciendo en topografía relativamente plana con cerros que alcanzan 650 m de altitud y cuyos suelos son poco profundos, arcillosos, áridos y erosionados.

Se observa que el pino hondureño crece en una gran variedad de suelos, siempre que presenten buen drenaje; desde estériles en las

costas hasta suelos de mayor fertilidad en las montañas, valles y riberas de ríos donde la especie presente mayor crecimiento.

### 2.3.5. Requerimientos climáticos

Dentro de su área de origen existen grandes variaciones climáticas. En la región del litoral con clima tropical, la temperatura media anual es aproximadamente 24°C con poca variación estacional. La precipitación media anual es 3500 mm, con un período de 2 a 3 meses de sequía correspondiendo a un bosque higrofitico. En la región del interior la temperatura media anual va de 20°C a 24°C con mayor variación estacional. Las lluvias son escasas, 950 mm promedio por año, con 6 meses de sequía que corresponde a un bosque xerofítico. Toda el área está libre de heladas y la temperatura mínima promedio es 20°C en la región más elevada del interior (8, 68, 71).

En la costa Atlántica de Nicaragua la precipitación anual varía desde 2500 mm en Puerto Cabezas a 3942 mm en Bluefields, con una estación seca que varía de 2 a 3 meses y temperaturas medias anuales de 24°C y 27°C (8, 43, 71).

En Poptun, Guatemala los bosques de pino hondureño crecen bajo una precipitación promedio anual de 1690 mm, 26,4°C de temperatura máxima promedio y 19,8°C de mínima promedio anual y una estación seca definida (34).

Se observa que la presencia de una estación seca y la ausencia de heladas son factores característicos en las zonas de origen.

2.3.6. Comportamiento en su habitat natural

Mc William (48) encontró que en los pinares de la costa de Belice, existían aproximadamente 74 árboles/ha con un promedio de 60 años de edad. La altura promedio de los árboles era de 18 y 24 m, y encontró a orillas de los ríos, árboles de mejor calidad que alcanzaban hasta 27 m de altura (48).

La ausencia de árboles de edades variadas es consecuencia de los incendios anuales que destruyen la regeneración, y que a su vez, causan daños en la corteza de los árboles viejos, favoreciendo así el ataque de termitas. En sitios donde el fuego ha sido controlado, los árboles son vigorosos (48).

Loock (45) indica que el incremento medio en altura en Belice es aproximadamente 1,3 m en los primeros años (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diámetro por edad del Pinus caribaea var. hondurensis en Belice (45).

Edad (años)	DAP (cm)
4	5,0
6	15,0
14	25,0
18	30,0
24	60,0
28	70,0
39	97,5
47	117,5
70	175,0

En Honduras, en la región de la Mosquitia existen extensas praderas a poca elevación sobre el nivel del mar y con suelos arenosos de alto contenido de grava, aquí la var. hondurensis alcanza una producción de  $21,0 \text{ m}^3/\text{ha}$  y un crecimiento medio anual de  $2,5$  a  $3,0 \text{ m}^3/\text{ha/año}$  que se considera bajo. Esta área fue explotada antes de 1960 (64).

En la parte Norte del Departamento de Olancho un 70 por ciento del bosque está formado por P. oocarpa, 17 por ciento por la var. hondurensis, 3 por ciento por P. pseudostrobus y un remanente de otras especies. Los bosques de esta zona son maduros, siendo  $1,36 \text{ m}^3$  el volumen promedio para árboles mayores de 10 cm de diámetro (64).

El 64 por ciento de las 7500 ha de los bosques de la var. hondurensis en Poptun, Guatemala son poco densos ( $34$  árboles/ha). El Cuadro 2 presenta la distribución del número de árboles por clases diamétricas. Los Cuadros 3 y 4 indican la distribución del volumen por clases diamétricas y el número de árboles por longitud del fuste aprovechable respectivamente. El incremento medio anual es  $2,6 \text{ m}^3/\text{ha}$  considerado bajo. La mayoría de los árboles son de muy buena forma. La regeneración es casi ausente por efectos del fuego y el ganado (34).

En las sabanas costeras de Nicaragua, en áreas que han sido protegidas del fuego por varios años, el incremento en volumen es  $6,3 \text{ m}^3/\text{ha/año}$  (43).

Los pinares de Puerto Cabezas, Nicaragua, anualmente son azotados por incendios, que impiden el crecimiento de la regeneración que

Cuadro 2. Distribución de árboles de Pinus caribaea var. hondurensis según áreas y clases diamétricas en Poptun, Guatemala (35).

Clases diamétricas (cm)	L u g a r e s						T o t a l	
	Cortada y Base Militar		Dolores		Pañuelo		Número árboles	%
	Número árboles	%	Número árboles	%	Número árboles	%		
25 - 29	5524	3,6	486	4,4	554	6,6	6565	3,8
30 - 39	56818	36,7	2796	25,2	2333	27,5	61947	35,6
40 - 49	46559	30,0	3471	31,3	2614	30,8	52644	30,2
50 - 59	26831	17,4	2025	18,3	2052	24,2	30908	17,7
60 - 69	13415	8,8	1638	14,8	1652	7,7	15705	9,0
70 - 79	39415	2,6	288	2,6	186	2,2	4419	2,5
80 y más	1578	1,0	385	3,4	93	1,1	2056	1,2
TOTAL	190140		11089		8489		174244	

Cuadro 3. Distribución del volumen total de Pinus caribaea var. hondurensis sin corteza según áreas y clases diamétricas en Poptun, Guatemala (35).

Clases diamétricas (cm)	L u g a r e s						T o t a l	
	Cortada y Base Militar		Dolores		Pañuelo		m <sup>3</sup>	%
	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%		
25 - 29	3265	1,2	402	1,5	423	2,3	4090	1,4
30 - 39	55373	20,1	2983	4,0	2481	13,7	60837	19,0
40 - 49	76955	27,9	6948	25,5	4795	26,5	86698	27,6
50 - 59	63659	23,1	6112	22,4	5948	33,0	75719	23,6
60 - 69	47219	17,1	6368	23,4	2741	15,2	56324	17,6
70 - 79	19257	7,0	1589	5,8	1031	5,7	21877	6,6
80 y más	9811	3,6	2852	10,5	658	3,6	13321	4,2
TOTAL	275539	100,0	27254	100,0	18077	100,0	320866	100,0

Cuadro 4. Número de árboles de Pinus caribaea var. hondurensis clasificados por longitud del fuste aprovechable en Poptun, Guatemala (35).

Longitud del fuste aprovechable (m)	Arboles con DAP de 40 cm o más					
	L u g a r e s					
	Cortada y Base Militar	%	Dolores	%	Pañuelo	%
5 a 7,9	3156	3,4	96	1,2	93	1,7
8 a 10,9	21307	23,1	868	11,1	466	8,3
11 a 13,9	14204	15,4	770	9,9	373	6,7
14 a 16,9	28410	30,8	1929	24,7	1400	25,0
17 a 19,9	14993	16,2	1542	19,8	1120	20,0
20 a 22,9	9469	10,3	1833	23,5	1399	25,0
23 a 25,9	789	0,9	577	7,4	560	10,0
26 a 28,9	---	---	192	21,5	186	3,3
TOTAL	92328	100	7807	100	5597	100

si ha logrado crecer con buenos resultados en zonas protegidas de incendios. Esta zona en años anteriores fue fuertemente explotada, quedando en pie un número muy reducido de árboles por hectárea de muy mala calidad, que se utilizan como árboles semilleros.

### 2.3.7. Comportamiento en las regiones de introducción

En el Norte y Centro de Sao Paulo, Brasil con lluvias de tipo estival, el P. caribaea var. hondurensis es promisorio en el piso altitudinal sub-tropical entre 500 y 700 m de altitud. En Misiones, Argentina, con lluvias uniformes pero abundantes con un promedio anual de 1700 mm el pino hondureño muestra una gran disparidad de forma, característica que no es tan acentuada en las plantaciones de Sao Paulo, Brasil, no obstante ser la semilla del mismo origen. Se supone que esta disparidad se deba a la falta de un período invernal seco en Misiones, que si existe en el área natural y en Sao Paulo. A consecuencia de la falta de este período el crecimiento en altura es ininterrumpido con el inconveniente de que las heladas invernales dañan los brotes (9).

Hacia el Sur en las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, con lluvias uniformes y moderadas de 900 a 1000 mm anuales y clima templado, crecen menos, demostrando poca adaptabilidad a ese ambiente (23).

La sensibilidad al frío es otra condición que se considera limitante para un cultivo en una región. Este pino muestra mayor adaptabilidad, así, en Misiones soporta temperaturas hasta de 40°C y en su habitat natural raramente se presentan menores a 50°C (37).

Un estudio realizado en Surinam por Vincent (79) sobre la productividad de la var. hondurensis en relación a la calidad de sitio, mostró que varía significativamente de acuerdo a la calidad de este. Lo que resulta de importancia para la selección de áreas por plantar, ordenación de cortas intermedias, cosecha final y decisiones económicas en el manejo de las plantaciones.

La preparación del terreno, plantación y limpieza se realizaron mecánicamente, siendo establecidas las plantaciones a 3,5 x 2,2 m. A los cuatro años el dosel empieza a cerrarse por lo menos en las tres primeras calidades de sitio. Los raleos aplicados provisionalmente han sido fuertes y periódicos (79).

Las podas se hicieron a los siete años y a 1/3 parte de la altura total (79).

La Figura 1 representa el crecimiento en altura de la var. hondurensis en distintos sitios en Surinam (79).

Lanner (44) indica que con seguridad puede predecir, que en la mayoría de las regiones tropicales con abundante precipitación distribuída durante todo el año, la cola de zorro\* puede presentarse en muchas especies de pino, y que la frecuencia puede estar determinada por la variabilidad genética dentro de la población. Además indica que en la parte Noreste de la Provincia de Misiones, Argentina que es húmeda, la cola de zorro aparece hasta en un 80% de los árboles jóvenes. En esta área, no existe una estación con déficit de agua, mientras que en Belice con cuatro meses secos se presenta la cola de zorro en un 2%.

---

\* Cola de zorro, crecimiento en altura de los árboles sin ramificaciones. El crecimiento en diámetro es menor y son fácilmente quebrados por el viento.

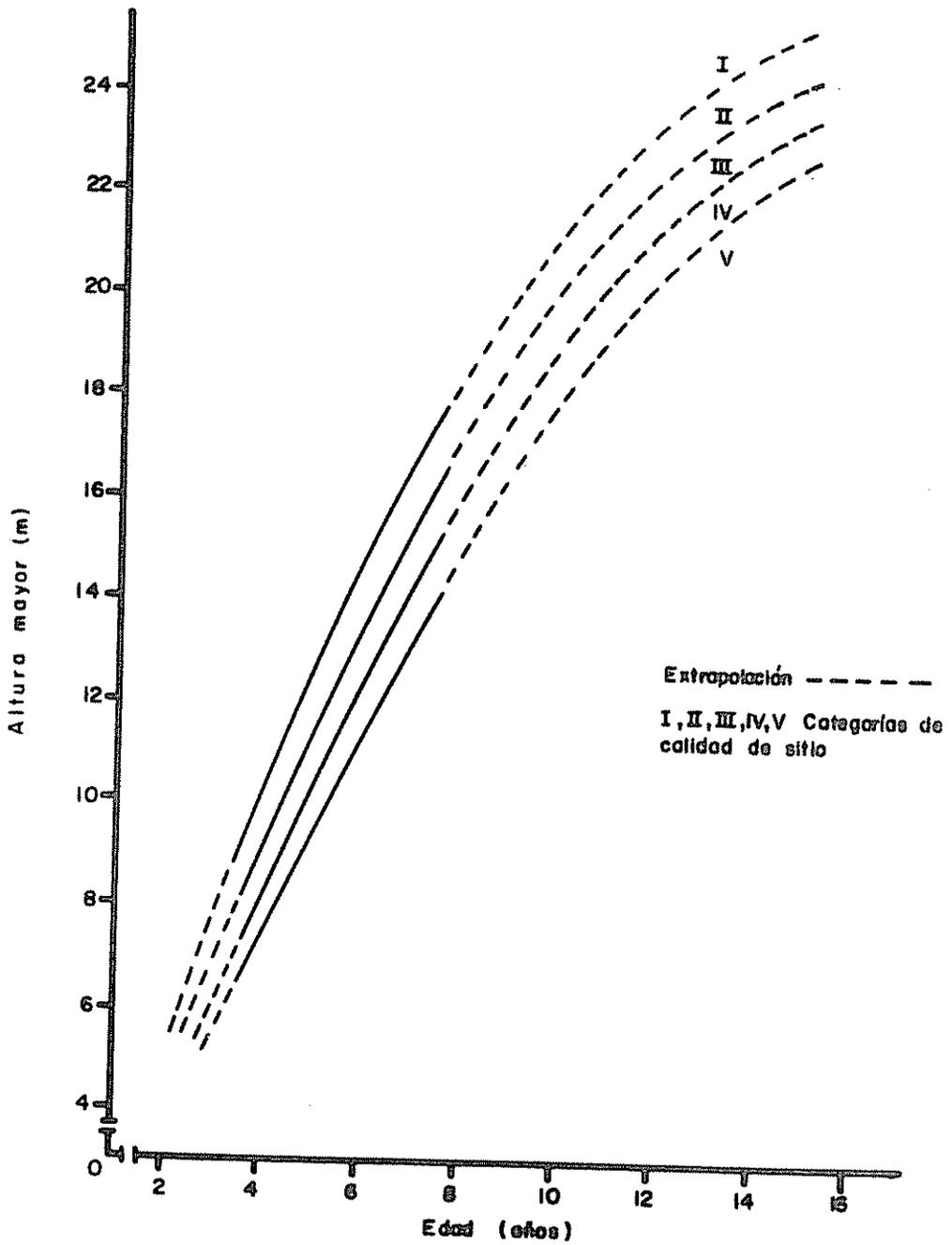


Fig. 1 Crecimiento en altura por edad en plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis en distintos sitios en Surinam (79)

La var. hondurensis plantada en sitios diferentes en Puerto Rico mostró en el primer año de edad un crecimiento en altura, diámetro y supervivencia superior a dos procedencias de P. merkusii Jungh. Después de 7 años de plantada, el pino hondureño muestra excelente adaptabilidad en varias partes de la isla con un ámbito de temperatura media anual de 20 a 25°C y una precipitación anual de 2000 a 3200 mm, sin heladas y con tres meses secos. Según la clasificación ecológica de Holdridge estas áreas corresponden al bosque subtropical húmedo y muy húmedo (Cuadro 5) (21).

Cuadro 5. Crecimiento en altura de varias especies de Pinus comparadas con el Pinus caribaea var. hondurensis sobre distintos sitios en Puerto Rico (21).

Especies y variedades	Edad (años)	Suelos arcillosos y profundos	Areno limoso
		Altura media (m)	Altura media (m)
var. <u>hondurensis</u>	2	1,8	1,9
	7	7,8	10,5
var. <u>bahamensis</u>	2	2,4	1,3
	7	8,8	9,0
<u>P. oocarpa</u> (Guatemala)	2	0,6	1,3
	7	5,9	9,4
<u>P. oocarpa</u> (México)	2	0,3	0,7
	7	0,0	5,8
<u>P. pseudostrobus</u>	2	0,5	0,8
	7	3,0	4,8

En Nigeria este pino ha crecido satisfactoriamente a 600 m de altitud y con 1300 mm de precipitación por año. Se ha observado un mejor crecimiento de la var. hondurensis procedente de Nicaragua y Belice, sobre la var. cubensis y la var. bahamensis (37).

En el Cuadro 6 se observa que en tres localidades de Nigeria se ha encontrado una variación en el crecimiento en altura con varias procedencias de P. caribaea.

Cuadro 6. Pruebas de procedencias de Pinus caribaea plantadas en 1968 en Nigeria (37).

O r i g e n	Altura media (m)		
	L u g a r e s		
	Afaka	Nimbia*	Miango
Mountain Pine Ridge, Belice	1,11**	0,91	0,88
Belice	-	0,76	-
Belice	1,02	0,90	0,70
Puerto Cabezas, Nicaragua	1,28	-	0,54
G. Abaco, Bahamas	0,86	0,77	0,64
" "	0,56	0,79	0,60
Andros, Bahamas	0,49	0,71	0,40
Cuba	0,70	0,76	0,36

\* Nimbia: Lat. 8° 30' N, Long 9° 30' E, elevación 600 m, precipitación anual 1750 mm, temperatura media anual 25°C, media del mes más frío 15°C, media del mes más caliente 36°C, suelo arcillo limoso, ligeramente ácido.

\*\* Mediciones de marzo de 1970.

El Cuadro 7 muestra el comportamiento del pino hondureño con otros Pinus en diferentes regiones de Nigeria.

Cuadro 7. Comportamiento de varias especies de Pinus en plantaciones en Nigeria (37).

Localidad	Especies	Procedencia	Edad (años)	Arboles/ha	Altitud media (m)	Diámetro medio (cm)	Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
Vom*	<u>P. oocarpa</u>	Honduras	16,5	306	19,8	30,0	22,3	177
Miango**	<u>P. caribaea</u>	Belice	9,5	1710	14,6	15,3	36,7	225
"	<u>P. khasya</u>	Zambia	9,5	1310	12,8	15,9	30,1	166
"	<u>P. khasya</u>	Filipinas	9,5	1248	10,4	12,7	17,9	82
Afaka***	<u>P. caribaea</u>	Belice	5,5	3150	7,3	9,9	24,3	75
"	<u>P. oocarpa</u>	México	5,5	2990	5,8	7,3	14,5	41
"	<u>P. caribaea</u>	Belice	4,5	3010	6,4	8,6	18,6	57
"	<u>P. oocarpa</u>	Belice	4,5	2740	7,6	8,9	16,5	55
"	<u>P. oocarpa</u>	México	4,5	3100	5,5	7,3	14,0	38
"	<u>P. pseudostrobus</u>	México	3,8	2300	1,2	-	-	-

\* Vom : Lat. 9° 47' N, long. 8° 47' E, elevación 1250 m, precipitación anual 1370 mm, temperatura media anual 22°C, media del mes más frío 13°C y media del mes más caliente 31°C, suelo arcilloso limoso.

\*\* Miango : Lat. 9° 50' N, long. 40' E, elevación 1130 m, precipitación anual 157 mm, temperatura media anual 22°C, media del mes más frío 13°C y media del mes más caliente 31°C, suelo arcilloso ácido.

\*\*\* Afaka : Lat. 10° 37' N, long. 7° 17' E, elevación 600 m, precipitación anual de 290 mm, temperatura media anual 25°C, media del mes más frío 14°C y media del mes más caliente 33°C, suelo arenoso limoso y arenoso arcilloso limoso, ligeramente ácido.

En Costa de Marfil desde 1965 se han introducido una serie de pinos, de las cuales, la var. hondurensis ha presentado el mejor crecimiento sobre suelos arenos arcillosos. A los cuatro años alcanzaron una altura media de 9,5 m y un diámetro de 13 cm con un incremento en volumen de 20-25 m<sup>3</sup>/ha/año (Cuadro 8).

Cuadro 8. Crecimiento medio en altura de varias especies de Pinus en L' Anguédédou\*, Costa de Marfil (51).

Especies y variedades	1 año	2 años		3 años		4 años	
	H**	H	h***	H	h	H	h
var. <u>hondurensis</u>	0,9	3,5	2,6	6,5	3,0	9,5	3,0
var. <u>bahamensis</u>	0,6	3,0	2,4	5,4	2,4	7,8	2,4
<u>P. khasya</u> (Madagascar)	0,6	2,3	1,7	4,0	1,7	5,7	1,7
<u>P. patula</u> (Australia)	0,6	2,2	1,6	3,9	1,7	5,6	1,7

\* L' Anguededou: Suelo arenos arcilloso, bosque siempre verde, precipitación 2.124 mm por año. Lat. 5° 20' N Long 5° 40' W, elevación 25 m.

\*\* H = Altura total (m)

\*\*\* h = Crecimiento medio por año (m)

Gray (26) indica que más del 50 por ciento del área plantada con la var. hondurensis en Jamaica se encuentra dentro de la zona de vida bosque premontano muy húmedo según la clasificación de Holdridge. Esta zona tiene un ámbito de precipitación de 1500 a 4000 mm anuales y ocurre desde el nivel del mar hasta 1250 m de altitud. En estas

condiciones se ha observado un incremento medio anual en volumen de 10,8 m<sup>3</sup>/ha entre los 5 y 12 años de edad.

Melchor y Quijada (52) indican que en Venezuela este pino presenta un buen crecimiento a diferentes elevaciones, desde el nivel del mar hasta 1900 m de altitud.

Barret (9) menciona que en la Argentina las tres variedades de P. caribaea presentan un crecimiento en diámetro y altura tan alto como P. elliottii, con una temperatura media anual mayor de 20°C. Se ha observado que con temperaturas medias de 15°C la mayoría de los árboles son fuertemente afectados por el frío como sucede en Castellar, Misiones y Concordia. La forma y altura de las tres variedades es muy irregular, pero el porcentaje más alto de cola de zorro se observa en la var. hondurensis (Cuadros 9 y 10).

Cuadro 9. Características del sitio en algunas plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis en Argentina (9).

Localidad	Altitud (m)	Temperaturas °C		Precipitación (mm)	Suelo
		Media anual	Mínima absoluta		
Misiones (Cerro Azul)	300	20,8	-6,6	1700	semi-permeable arcillo limoso
Corrientes (Bella Vista)	60	20,7	-1,6	1045	permeable-arenoso profundo
Concordia (Entre Ríos)	37	18,8	-7,4	1120	permeable-arenoso profundo

Cuadro 10. Altura, diámetro y volumen de varias especies de Pinus a los ocho años de edad en tres localidades del Noreste de Argentina (9).

Especies y variedades	Altura (m)			DAP (cm)			Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
	1*	2	3	1	2**	3	1	2	3***
<u>P. var. hondurensis</u>	21,0	11,4	10,3	13,6	20,4	22,8	150,0	203,1	219,0
<u>P. var. hondurensis</u>	20,5	12,3	10,6	15,4	19,0	19,2	197,0	163,0	150,9
<u>P. var. cubensis</u>	19,1	10,8	12,8	11,5	20,9	19,3	99,8	187,4	189,2
<u>P. oocarpa</u>	-	9,6	9,9	-	16,9	17,9	-	109,0	126,1
<u>P. patula</u> (Schlecht.) Schiede et Deppe.	19,7	11,6	11,1	12,4	17,0	18,8	119,8	133,1	155,8

\* 1 = Cerro Azul

\*\* 2 = Bella Vista

\*\*\* 3 = Concordia

Vincent y Mang (80) encontraron que debido a la alta incidencia de árboles con baja calidad de fuste y forma en Fiji, se hace imposible pronosticar la cosecha de estos bosques. El Cuadro 11 muestra algunos datos sobre el crecimiento de la var. hondurensis.

Cuadro 11. Comportamiento del Pinus caribaea var. hondurensis en Fiji (80).

Localidad	Edad (años)	Arboles/ha	Area basal/ha (m <sup>2</sup> )	Altura mayor (m)	Volumen/ha (m <sup>3</sup> )
	4	1168	2,0	6,1	2,1
	5	1163	3,5	8,8	44,8
Brasalololo	6	1037	4,0	10,7	55,3
	7	627	3,6	13,7	63,7
	8	541	3,9	14,9	76,3
	4	1183	2,5	7,6	18,9
	5	1020	3,6	9,8	37,1
	6	879	4,3	11,9	51,8
Seagaga	7	803	5,6	11,3	78,4
	8	682	5,9	16,2	98,7
	9	568	5,9	16,5	93,0
	10	576	5,7	18,0	106,4

Cameron y Cracium (16) informan que en el Norte de Australia, el pino hondureño está creciendo en forma muy satisfactoria a 60 m de altitud sobre suelos rojos bien drenados, arenosos coluviales. El clima es monzónico con precipitaciones de 1300 a 1500 mm por año, cinco a seis meses de sequía y una temperatura media anual 15,5°C a 37,2°C. Después de los dos primeros años se ha obtenido un incremento en altura de 1 m/año. Este comportamiento es similar al crecimiento de P. caribaea var. bahamensis y P. oocarpa.

Burgos (13) encontró en Nueva Gales del Sur, Australia que el pino hondureño no tiene un buen comportamiento, esto se debe posiblemente a que no soporta las temperaturas bajas, ya que en esta zona son frecuentes las heladas. Los suelos son relativamente ricos y de origen reciente, la precipitación va de 1600 a 2500 mm por año en zonas altas de 600 a 1500 m de altitud y en las zonas bajas con precipitaciones de 900 a 1800 mm por año desde 0 a 300 m de altitud (Cuadro 12).

Cuadro 12. Crecimiento relativo de varias especies de Pinus en las áreas escarpadas y planas costeras de Nueva Gales del Sur (13).

Especie y origen de semilla	Edad (años)	Zona escarpada		Edad (años)	Zona de tierras bajas	
		DAP (cm)	Altura dominante (m)		DAP (cm)	Altura dominante (m)
<u>P. caribaea</u> (Belice)	7	11,48	9,2	15	20,85	54,2
<u>P. douglasiana</u> (México)	10	25,30	12,9	14	21,44	18,8
<u>P. elliottii</u>	18	25,35	20,2	10	15,95	9,0
	15	16,64	15,8	9	13,08	9,6
<u>P. patula</u>	13	23,47	20,4	-	-	-
	7	16,10	13,7	-	-	-
<u>P. taeda</u> (Carolina)	17	24,79	21,9	10	20,57	12,7
	13	22,63	16,5	15	19,86	17,2
<u>P. pseudostrobus</u> (México)	12	22,96	13,9	14	16,48	12,6
	14	30,25	17,3	14	16,18	12,8

Van Altena (3) informa que en el Noreste de Queensland entre 16º y 19º de latitud Sur y 146º 30' de longitud Este y de 7 a 800 de altitud la var. hondurensis crece muy bien en toda la región; en los sitios de mejor rendimiento, este se compara con el de P. radiata en el Sur de Australia. Los factores que pueden limitar los rendimientos son la baja precipitación como 1500 mm al año en áreas con suelos de drenaje libre.

Se ha observado la presencia de muchos árboles torcidos y con extremos quebrados, ocasional presencia de cola de zorro y mucho grosor de las ramas. Estas características auguran un mejoramiento del árbol a través de multiplicación selectiva, trabajos que han sido iniciados con resultados satisfactorios (3).

Nikles (56) indica que en las tierras bajas sub-tropicales de Queensland entre 23º y 27º de latitud Sur, el pino hondureño procedente de Potosí Honduras, mostró ser inferior al de Mountain Pine Ridge y Stann Creek, Belice, en cuanto a rectitud del fuste y resistencia a la deformación por vientos fuertes.

Isolán (36) encontró que la var. hondurensis plantada en Turrialba, Costa Rica, en escala experimental, y en suelos no aptos para café o caña, mostró un crecimiento excelente, y alcanzó un incremento medio anual en altura de 2,5 m entre árboles dominantes y codominantes, en un período de seis años.

En Turrialba no se encontraron factores que impidan el crecimiento desde el punto de vista de fertilidad, mientras que el drenaje deficiente y sus efectos correlacionados, capa freática y profundidad

de las raíces eran los factores limitantes de mayor importancia en algunas plantaciones. Además Isolán observó que las plantaciones llegaban al grado de competencia a muy temprana edad a consecuencia del rápido crecimiento (6).

Musalem (54) al estudiar variedades y procedencias de P. caribaea de cuatro años de edad en el "bosque muy húmedo premontano" según Holdridge, en Turrialba, Costa Rica, encontró que la variedad hondurensis procedente de Belice mostró el mejor desarrollo de diámetro, altura y volumen (Cuadros 13 y 14). La presencia de la cola de zorro tiene alta correlación con las variedades, procedencias, densidad de plantación y calidad de sitio, demostrando también que la frecuencia de la cola de zorro aumenta con la edad. La variedad caribaea no presenta cola de zorro, mientras que la variedad hondurensis de Nicaragua y Belice presenta la mayor incidencia, siguiéndoles la variedad bahamensis (Cuadro 15).

Volkart (81) menciona que en la zona del Alto de Paraná, Provincia de Misiones, Argentina, plantaciones de 15 meses han alcanzado un promedio en altura de 1,8 m y en otros sitios de la misma zona se han encontrado promedios de 2,0 m de altura con un crecimiento mensual de 0,15 m. En una plantación de cuatro años se encontró un diámetro medio de 9 cm, una altura total promedio de 6,5 m y un incremento anual de  $23 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Cuadro 13. Medición de alturas, DAP y supervivencia de variedades-procedencia de P. caribaea Mor. de cuatro años de edad en Turrialba, Costa Rica (54).

Localidad	Variedad	Procedencia	Altura media (m)					DAP medio (cm)	Supervivencia (%)
			7	12	28	42	47		
Florencia	<u>hondurensis</u>	Belice	0,89	2,11	5,87	*	10,77	14,28	97,2
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,84	1,96	5,30	*	9,26	12,91	91,7
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,71	1,60	4,73	*	8,58	12,56	97,2
	<u>caribaea</u>	Cuba	0,49	1,07	3,75	*	7,21	12,18	86,1
Florencia	<u>hondurensis</u>	Belice	0,69	1,45	4,23	7,03	7,90	12,16	75,0
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,79	1,68	4,60	7,21	7,98	12,25	94,5
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,68	1,42	3,96	6,60	7,58	11,17	80,5
	<u>caribaea</u>	Cuba	0,43	1,01	3,03	5,21	6,10	9,55	72,2
Bajo	<u>hondurensis</u>	Belice	1,02	2,06	5,73	*	9,72	12,73	97,2
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,93	1,79	4,69	*	8,66	12,19	91,7
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,73	1,44	4,21	*	7,89	10,88	83,2
	<u>caribaea</u>	Cuba	0,58	1,27	3,55	*	7,02	10,65	80,5
Hacienda	<u>hondurensis</u>	Belice	0,75	1,41	4,02	*	6,79	10,66	91,6
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,54	1,15	2,94	*	4,74	8,63	88,9
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,46	0,79	2,00	*	3,67	6,06	91,6
Atirro	<u>caribaea</u>	Cuba	0,38	0,75	2,24	*	4,53	7,48	97,2

\* No se tomaron mediciones.

Cuadro 14. Tabla de volumen total con corteza, sin ramas ni tocón, para P. caribaeae var. hondurensis en Turrialba, Costa Rica (54).

DAP con corteza (cm)	A l t u r a T o t a l (m)									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
	V o l ú m e n e s c o n c o r t e z a (m <sup>3</sup> )									
0,04	0,004	0,007	0,009	0,012	0,014	0,017	0,019	0,022	0,024	
0,06	0,008	0,012	0,017	0,021	0,026	0,030	0,035	0,040	0,044	
0,08	0,013	0,019	0,026	0,033	0,040	0,047	0,054	0,061	0,068	
0,10	0,018	0,028	0,038	0,047	0,057	0,067	0,077	0,087	0,097	
0,12	0,024	0,037	0,050	0,064	0,077	0,090	0,103	0,117	0,130	
0,14	0,031	0,048	0,065	0,082	0,099	0,116	0,133	0,150	0,167	
0,16	0,039	0,060	0,081	0,102	0,123	0,144	0,165	0,186	0,208	
0,18	0,048	0,073	0,098	0,123	0,149	0,174	0,200	0,226	0,252	
0,20	0,057	0,087	0,117	0,147	0,177	0,208	0,238	0,269	0,300	
0,22	0,067	0,101	0,137	0,172	0,208	0,243	0,279	0,315	0,351	
0,24	0,077	0,117	0,158	0,199	0,240	0,281	0,323	0,364	0,406	
0,26	0,088	0,134	0,181	0,227	0,277	0,324	0,372	0,420	0,464	
0,28	0,100	0,152	0,204	0,257	0,311	0,364	0,418	0,472	0,526	
0,30	0,112	0,171	0,230	0,289	0,349	0,409	0,469	0,530	0,591	

Ecuación:  $V = 0,2069 D^{1.736715} H^{1.029332}$

V = volumen estimado (M<sup>3</sup>)

D = DAP con corteza (m)

H = Altura total (m)

Cuadro 15. Porcentaje y tipos de cola de zorro presentes en las plantaciones de P. caribaea var. hondurensis de uno a cinco años de edad, en el Cantón de Turrialba, Costa Rica(54).

Edad (años)	Arboles con cola de zorro				Total	Arboles normales	Arboles muestrea dos (nº)	Arboles con cola de zorro (%)
	Tipos*					Tipo		
	1	2	3	4		0		
1	8	2	-	-	10	148	158	6,3
2	14	19	-	-	33	277	310	10,6
3	2	24	-	-	26	146	172	15,1
4	16	48	15	70	149	352	501	29,7
5	13	45	15	64	137	305	442	30,9

\* Tipos de cola de zorro según clasificación Musálen (54).

Lamb (43) encontró que en Mindano a 762 m de altitud, con clima húmedo a los 13 años se obtuvo una altura promedio de 2 m, con árboles poco vigorosos. En Sabahy, Malaya, sobre suelos fértiles, ácidos y arenos limosos, a los cuatro años alcanzó una altura promedio de 4,1 m, con formas muy variables. En el Este, Centro y Sur Africa, se observó que el pino hondureño tiene un crecimiento muy superior a otras variedades de P. caribaea, pero su forma es de inferior calidad y se encuentra en algunos casos hasta 20 por ciento de cola de zorro. En Dandeli, Mysore, India, a 488 m de altitud y 1702 mm de precipitación anual con 6 meses de sequía y sobre suelos húmedos, donde existen grandes bosques de teca, este pino ha crecido muy rápido en comparación con otras coníferas. En Fiji a 1323 m de altitud con 1778 mm

de precipitación anual, y una corta estación seca la var. hondurensis ha sido sobresaliente y alcanza a los 8 y 10 años un crecimiento medio anual en altura de 1,9 m y 3,6 cm de diámetro medio anual.

Poyton (66) ha encontrado que en Zululand, Africa del Sur, esta especie se ha plantado mayormente en la parte húmeda y sub-húmeda de la costa que cuenta con precipitaciones abundantes y sin heladas. Se han obtenido buenos rendimientos sobre suelos arcillosos rojos, arenosos y limosos; esto no ocurre en suelos de 7,5 a 15 cm de profundidad. Se ha observado que aproximadamente 50 por ciento de los árboles presentan deformaciones en diferentes grados.

El Cuadro 16 presenta el crecimiento del pino hondureño en diferentes sitios en Africa del Sur.

Cuadro 16. Datos de crecimiento de Pinus caribaea var. hondurensis en Zululand, Africa del Sur (66).

Localidad	Edad (años)	Arboles/ha	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen medio (m <sup>3</sup> )
Frankfort	5	1136	15,2	11,3	0,14
Klein Australie	4	1111	10,2	4,6	0,07
Langepan	7	1087	20,3	10,7	0,28
Ntsubane	4	1079	7,6	4,5	--
Dukuduku	27	420	45,7	21,3	2,8
Dukuduku	27	321	40,6	25,5	2,8

En Queensland, Australia la mayor parte de las plantaciones han sido establecidas en el Norte, Centro y Sur, y los resultados obtenidos sobre buenos sitios, han sido satisfactorios al compararlos con el P. elliotii. Se ha encontrado una gran variación en la forma de los árboles. El Cuadro 17 presenta el crecimiento del pino hondureño en el Norte de Queensland (49).

En los bosques de pino hondureño en Poptun, Guatemala, se ha observado que la ausencia de regeneración es causada por la presencia de fuegos anuales que la destruyen casi en su totalidad (34, 64).

En los pinares de Puerto Cabezas, Nicaragua se ha comprobado que en las zonas mantenidas bajo control de incendios la regeneración es superior a la obtenida en las áreas que periódicamente son azotadas por el fuego.

Cuadro 17. Comportamiento del Pinus caribaea var. hondurensis en el Norte de Queensland (49).

Localidad	Precipitación anual (mm)	Edad (años)	Altura (m)	DAP (cm)
Daragdee	3860	4	7,6	15,9
Cassowary	1600	4	7,0	10,5
El Arish	3200	4	7,9	13,7
Mutarnne	1700	4	6,7	9,6

### 2.3.8. Sanidad vegetal

El barrenillo de la corteza del pino es un componente natural de los pinares tropicales que ataca generalmente los árboles caídos, en los pinares de Centroamérica; se han encontrado dos especies: Ips calligraphus(German)y Ips cribicollis (German) (35, 48, 66).

El Dendroctonus frontalis (Zimmerman) barrenador de la corteza de árboles vivos, ha causado grandes pérdidas en los bosques de pinos de Centroamérica (35, 62, 64).

En Surinam y Trinidad se ha observado el ataque del bachaco (Atta sexdens L.) en el pino hondureño, esta plaga ha sido combatida con Mirex (insecticida granulado) (68, 79).

En Centroamérica se han encontrado barrenando las yemas terminales de los pinos, principalmente en plantaciones artificiales a Rhyacionia subtropica Miller y a Rhyacionia frustrana (Comstock) (35).

En Belice se ha encontrado a la polilla Rhyacionia frustrana (Comstock) atacando las ascículas primarias de la var. hondurensis (35).

En Surinam se ha observado en las plantaciones jóvenes la presencia de un hongo (posiblemente Pestalotia sp.) que ataca las agujas. También se ha constatado la presencia de un hongo radical (posiblemente un Fomes sp.) principalmente en las tierras deforestadas (79).

2.4. Tectona grandis Linn.

2.4.1. Descripción botánica

La Tectona grandis pertenece a la familia Verbenaceae; generalmente se conoce como teca o tectona. Sus flores desarrollan en panículas de 30 a 50 cm de largo, de pedúnculo corto, cáliz tubular, corola blanca o rojiza, tubo glabro y ovario muy pubescente; el fruto es una drupa coriácea y pilosa; se obtienen de 2000 a 3000 frutos/kg; las primeras producciones de semillas fértiles se inician entre los 15 y 20 años; la floración se inicia en Birmania e India en los meses de invierno junio y setiembre y se cosecha al inicio del verano, en abril; la germinación es alta durante el primer año, conservándose por varios años si se le almacena en cámaras con humedad y temperatura controlada; las hojas son grandes obado-oval abovada, decurrentes a lo largo del pecíolo, acuminada, cuando adultas la superficie superior es glabra o sub-glabra; los árboles alcanzan una altura de 25 a 30 m y en condiciones especiales algunos alcanzan 50 m con un diámetro de 1,64 cm; generalmente el tronco posee ramas de los 3 m de altura en adelante es una de las frondosas de mayor importancia comercial en el mercado por sus propiedades de duración, estabilidad, fácil secado y trabajabilidad. Se emplea en construcciones navales, para vagones de ferrocarril, pisos, pilotes, traviesas para ferrocarril, puentes y carpintería (5, 28, 57, 58, 59, 60).

2.4.2. Distribución natural

La teca es nativa de la mayor parte de India peninsular, Birmania, zonas occidentales de Tailandia e Indochina. En la India el

límite Norte lo forman los Aravallis occidentales, a 24º de latitud; en la India Central alcanza su límite Norte en Thausi, casi a la misma latitud. En Birmania, su distribución es general y se extiende hasta los 25º de latitud Norte en el Estado de Kachih, hasta 885 m de altitud; el límite Sur se encuentra a los 15º de latitud en Amherst; en el Este se encuentra en todos los Estados de Shan, penetrando a Tailandia, donde llega hasta los 20º de latitud Norte, se extiende por toda la mitad occidental hasta 14º de latitud Sur, asciende hasta 885 m de altitud en las cordilleras septentrionales. En Indonesia los principales bosques de teca se encuentran en Java y Moena, pero se ha sugerido que ello podría ser debido a una introducción por parte del hombre, hace unos 350 años. En el interior de estas áreas, la teca crece en rodales aislados a menudo de extensión considerable, generalmente sobre colinas o terrenos ondulados, aunque a veces lo hace en planicies y llanuras aluviales. Se encuentra desde el nivel del mar (como en Java), hasta los 1200 m o más (como en Coorg, India Central); sin embargo, en el Sur de la India, no prospera en los límites más elevados (6, 28, 40, 57, 58, 59, 60).

#### 2.4.3. Requerimientos edáficos

La teca requiere sobre todo, suelos bien drenados y aireados, no necesitan ser muy fértiles con tal de que sean profundos. Los más favorables son las margas arenosas; los más inadecuados son los suelos compactos, los arcillosos húmedos, lateríticos y arenosos secos (61).

La teca se encuentra sobre variadas formaciones geológicas, como areniscas y pizarras terciarias blandas (en Birmania), granitos gneiss, esquistos y calizas. En areniscas fuertemente consolidadas, cuarcitas de difícil desintegración, calizas duras con suelos poco profundos, o suelos derivados de granitos o gneiss; en cerros secos su crecimiento es pobre. Becking citado por Gleringer (61) se refiere a la creencia de que la teca precisa suelos básicos, pero afirma que es indiferente a la presencia o ausencia de cal, aunque requiere un suelo bien aireado, ya que su sistema radical es muy sensible a deficiencias en oxígeno (28, 57, 58, 61).

Parece que la topografía es importante para la teca únicamente en cuanto afecta al drenaje y profundidad del suelo. Usualmente los árboles crecen en las laderas, aunque también pueden hacerlo en terrenos llanos aluviales, siempre que sea bueno su drenaje. En Nilambur en Malabar meridional, donde se llevaron a cabo cuidadosas valoraciones de la calidad, se encontró que los terrenos llanos aluviales no proporcionan árboles de primera calidad, a menos que estén muy próximos a un río. A corta distancia de los ríos, el desarrollo baja a segunda calidad, aún cuando el suelo parezca estar bien drenado. Cuando el drenaje es del todo deficiente, se encuentran siempre árboles de tercera o inferior calidad. En lomas que suelen ser secas, o de suelos poco profundos, los árboles quedan achaparrados (61).

#### 2.4.4. Requerimientos climáticos

La teca alcanza sus mayores dimensiones, (altura de 58 m y un diámetro de 3,54 m) en climas tropicales cálidos, moderadamente

húmedos, pero en las regiones tropicales muy húmedas tiende a ser reemplazada por especies de hoja perenne. Se la encuentra a veces en localidades secas, sujetas en la estación cálida a una sequía extrema, pero en tales circunstancias, los ejemplares aparecen relativamente pequeños y achaparrados, por ejemplo, en zonas de Madrás y Bombay con una precipitación anual de 635 mm, parece que su mejor crecimiento lo tiene cuando la precipitación anual se encuentra entre 1270 y 2540 mm, como ocurre en los mejores bosques de teca de Birmania. En la costa occidental de la India y en Tenasserim, se encuentra en zonas donde la precipitación anual es de unos 5080 mm. La teca es una especie de hoja caediza y requiere un clima monzónico o estacional, de varios meses de sequía. En los bosques de teca de Tailandia, cuentan con 1160 mm de precipitación anual y un período de cuatro meses, durante los cuales la precipitación media mensual es solamente de 63 mm. La teca se desarrolla en Java donde la precipitación está entre 1500 y 2500 mm, con una estación seca de tres a cinco meses, durante la cual llueve 60 mm por mes (6, 58, 61).

La teca permanece normalmente sin hojas durante la mayor parte de la estación cálida. En la India y Birmania, en estaciones secas, las hojas caen de noviembre a enero, mientras que en las húmedas pueden permanecer en los árboles hasta marzo o más. Las hojas nuevas aparecen de abril a junio, según la localidad y estación, tempranas en los años húmedos y más tardías en los secos (61).

En cuanto a requerimientos térmicos Raets (70) menciona que en Birmania y Tailandia las temperaturas oscilan entre 40°C y 12,5°C, con un clima monzónico de tres a cinco meses relativamente secos.

En las zonas más secas de la India las temperaturas anuales absolutas oscilan entre 2,2°C y 47,8°C, mientras que en las zonas húmedas varían de 12,8°C a 37,8°C. En Java, la temperatura es muy uniforme variando solamente de 18°C a 29°C con una media anual de 26°C (61).

En Birmania la teca crece en forma discontinua y en ocasiones asociada con otras especies. Los mejores bosques se encuentran en Peguyoman con precipitaciones anuales de 1000 a 1300 mm y un rango de temperatura absoluta de 5,6°C a 43°C (40, 59).

#### 2.4.5. Comportamiento en su habitat natural

La teca se ha considerado una especie de crecimiento relativamente rápido, logra alcanzar 3 m de altura en los dos primeros años y 5 m a los 5 años. Se estima que las rotaciones pueden ser de 50 años. Tiene la capacidad de rebrotar, y los vástagos alcanzan 3 m el primer año y 10 m a los siete años (28, 59, 60).

En Tailandia se ha observado que árboles con una altura total de 36 m tienen un diámetro promedio de 37,3 cm y generalmente la mitad de la altura total es aprovechable para madera (47).

En los bosques de teca de Birmania, la regeneración se ve favorecida con la presencia de incendios, debido a que se elimina la mala hierba que perjudica el crecimiento de las nuevas plántulas (40, 59).

En buenos sitios, siempre que no haya competencia, su crecimiento inicial es de 3 a 4 m/año. Se ha encontrado en estos sitios que a los 60 años se alcanza un diámetro promedio de 67,8 cm.

El Cuadro 18 presenta la altura promedio en varias plantaciones en el Norte de Tailandia (6).

Cuadro 18. Altura media de plantaciones de Tectona grandis en el Norte de Tailandia\* (6).

Edad (años)	División Prae		División Lampang		División Tak
	Huey Kam, Nam	Huey Rai Prae	Me ta Prae	Me Haud Lampang	Ta Chai Sawan kalok
A l t u r a   m e d i a   (m)					
33	0,52	-	-	-	-
29	9,78	-	-	-	-
27	11,43	-	-	-	-
24	9,71	-	-	-	-
23	-	15,68	-	-	-
22	6,50	10,76	15,00	13,70	-
21	-	10,62	14,89	13,69	16,50
20	-	-	-	13,69	16,19
19	-	14,90	12,91	13,35	15,14
18	-	9,87	12,10	9,22	-
17	-	9,12	-	11,96	-
16	-	11,72	11,72	11,76	-
15	-	5,54	10,81	7,98	-
14	-	7,77	7,00	5,80	-
13	-	7,07	5,81	6,48	-
12	-	4,46	4,37	3,10	-
11	-	0,34	2,55	2,20	-
10	-	0,74	-	-	-

\* plantaciones de regeneración natural.

Los Cuadros 19 y 20 muestran resultados obtenidos en plantaciones de teca en Java.

Cuadro 19. Crecimiento de Tectona grandis sobre distintos sitios en Java (28).

Calidad de sitio	Edad (años)	Altura mayor (m)	Arboles/ha	DAP (cm)	Area basal total (m <sup>2</sup> /ha)
II	10	10,0	2268	7,1	9,0
	30	15,7	804	14,6	13,5
	80	21,0	314	22,9	19,2
III	10	12,9	1452	9,1	9,4
	30	20,1	515	18,7	14,2
	80	27,0	201	35,8	20,2
IV	10	15,9	013	12,2	10,7
	30	24,6	324	25,1	16,0
	80	33,0	127	48,0	22,8
V	10	18,7	690	15,3	12,6
	30	29,1	845	31,5	19,0
	80	39,0	96	60,1	27,1

Cuadro 20. Crecimiento en altura de ocho árboles dominantes de Tectona grandis en Ngergan, Java (68).

Espacia- miento (m)	E d a d (años)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 x 3	1,75*	6,25	8,50	10,75	12,75	13,75	16,00	17,00	18,50	19,25	19,50
2 x 3	1,30	4,50	6,75	8,75	11,50	12,50	15,50	16,25	17,00	17,50	18,60
2 x 3	2,25	5,00	6,00	8,00	9,50	12,25	14,00	14,50	15,25	17,25	18,80
2 x 2	2,50	6,25	10,00	12,25	14,00	14,75	16,50	17,50	17,75	18,25	19,30
2 x 2	2,00	5,25	9,00	11,00	11,50	13,25	15,25	16,25	17,25	18,50	19,85
1 x 3	1,75	5,75	8,00	11,25	12,50	13,00	13,75	16,50	17,50	17,75	18,40
1 x 2	3,25	8,00	9,00	11,00	12,50	14,25	14,75	15,75	16,50	17,50	19,25
1 x 1	1,75	6,25	9,00	9,75	10,75	12,00	14,25	15,00	16,00	17,50	18,30
Promedio	2,07	5,91	8,28	10,34	11,88	13,34	15,00	16,09	16,27	17,24	18,98

\* Altura en metros

Glesinger (61) en el Cuadro 21 presenta el comportamiento de la teca en Java, India y Birmania.

Cuadro 21. Comportamiento de Tectona grandis en Java, India y Birmania (61).

Variabes	Java	India y Birmania
Edad (años)	80	80
Altura (m)	35,97	36,58
Número árboles/ha	49	35
DAP (cm)	54,6	62,2
Coefficiente mórfico	0,37	0,34
Producción final de madera (m <sup>3</sup> /ha)	389	305
Producción en los aclareos (m <sup>3</sup> /ha)	384	115
Producción total (m <sup>3</sup> /ha)	783	462
Incremento medio anual (m <sup>3</sup> /ha)	9,8	5,8

Becking citado por Gleysinger (61) calculó que el turno final en Java es de 60 años. Los turnos de 135 años dan la producción del volumen máximo, y en la práctica las plantaciones se cortan en Java entre los 80 y 100 años.

Algunas de las áreas productoras en Java proporcionan madera de excelente calidad, pero la de otras, como Surabaja, no es tan buena, lo que ha originado cierta tendencia a disminuir el precio en el

mercado de la teca vendida como javanesa simplemente. La teca de Moulmein, en Birmania, alcanza el precio más elevado (61).

2.4.6. Comportamiento en las regiones de introducción

Trinidad cuenta con un clima monzónico y una precipitación media anual de 1000 a 2800 mm. La teca se ha plantado sobre varias clases de suelos obteniéndose los mejores crecimientos en altura, sobre suelos arcillosos, limosos y de buen drenaje. Los más bajos rendimientos se han obtenido sobre suelos rojos arenosos por falta de nutrientes, en suelos pantanosos, y en suelos calcáreos. Los Cuadros 22 y 23 representan el crecimiento de esta especie (41, 42, 83).

Cuadro 22. Rendimiento de Tectona grandis por hectárea en Trinidad en buenos sitios (41).

Edad (años)	Comportamiento después de los raleos				Raleos Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Rendimiento total (m <sup>3</sup> /ha)
	Arbo- les/ha	DAP (cm)	Altura prome- dio (m)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		
5	1272	11,3	15,5	44,8	14,7	62,0
10	642	18,6	19,5	82,0	32,9	132,0
15	395	23,5	22,3	108,0	32,9	192,0
20	272	27,5	24,1	135,0	32,2	239,0
25	198	30,7	25,6	134,0	33,6	282,0
30	148	33,9	26,5	138,0	28,7	315,0

Cuadro 23. Rendimiento de Tectona grandis por hectárea en Trinidad (41).

Edad (años)	Madera en pie después de las cortas				Raleos Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Rendimiento total Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
	Arbo- les/ha	DAP (cm)	Altura media (m)	Volumen útil (m <sup>3</sup> )		
5	1483	9,7	12,80	10,0	3,6	14,4
10	766	14,6	16,50	23,0	16,2	42,8
15	494	19,4	19,50	33,3	9,6	62,7
20	370	23,5	21,64	41,8	8,1	79,2
25	271	26,7	23,77	47,5	7,9	92,9
30	210	29,1	25,30	51,3	7,9	104,6

Lamb (42) encontró en Trinidad que la procedencia de *Tenasserium*, Birmania es superior a la de India, la cual produce un alto porcentaje de fustes torcidos y menor crecimiento. A su vez indica que no ha sido observada la presencia de plagas o enfermedades; tampoco se ha observado regeneración.

Che Yeam (17) menciona que en las condiciones de la región de Chuchok, Mata Ayer, Malaya con suelos aluviales de profundidades desde 2,5 a 20 cm en el horizonte A y un drenaje moderadamente libre, la teca no desarrolla, ya que necesita para progresar suelos de buen drenaje, profundos, fértiles y buena retención de agua.

En Nilambar el crecimiento de la T. grandis en laderas expuestas a fuertes insolaciones es pobre, mientras que en las partes

aluviales debido al desbordamiento de los ríos y erosión de las laderas el desarrollo es bueno. Zonas con suelos superficiales y muy húmedos deben ser evitados (17).

En la misma región se estableció una plantación de 0,40 ha con tocones a 4 x 5,3 m, se encontró que este espaciamento es demasiado amplio, debido a que hubo mucha deformación en los fustes, ramas muy gruesas y se supone también una disminución en la calidad de la madera, debido al rápido crecimiento inicial. Se recomienda plantar a 2 x 2 m para realizar raleos cada cinco años. El Cuadro 24 presenta el crecimiento de los árboles plantados a 4 x 5,3 m, comparados con crecimientos obtenidos en India, Malaya y Java (78).

Cuadro 24. Comparación del rendimiento de Tectona grandis en India, Malaya y Java (78).

Localidad	Edad (años)	DAP (cm)	Altura pro medio (m)	Arboles/ha	Area basal (m <sup>2</sup> /ha)
India	10	17,8	19,2	578	13,6
Java	10	17,8	19,8	546	13,6
Malaya	9,5	20,3	19,5	398	13,8

Horne (33) menciona que en India, las precipitaciones oscilan entre 2000 y 2400 mm anuales en aquellas áreas donde los bosques de T. grandis son considerados de calidad uno, mientras que en Nigeria las plantaciones de calidad uno se encuentran en áreas con precipitaciones de 1000 a 1200 anuales. Estas áreas corresponden a las de

India, en cuanto a severidad y longitud de la estación seca es probablemente uno de los factores limitantes en el crecimiento de la especie. Más al Norte con una precipitación similar pero con una estación seca más severa la tasa de crecimiento es menor.

En Olokemeji a 7º 23' de latitud Norte y 3º 30' de longitud Este, con precipitación media anual de 980 mm y tres meses de sequía, se obtuvo una altura total de 40 m a los 48 años, con fuste limpio de 16 m y un diámetro promedio de 48,5 cm y forma variable (33).

Horne (33) encontró que en Akila, Nigeria a 6º 35' de latitud Norte y 4º 20' de longitud Este, con 1600 mm de precipitación media anual, las plantaciones de T. grandis han mostrado un crecimiento inicial satisfactorio. A los ocho años el promedio de altura total alcanzó 17 m y el diámetro medio 13,9 cm, después de este rápido crecimiento sufrió un estancamiento.

En Idah, Nigeria a 7º 10' de latitud Norte y 6º 40' de longitud Este con 2750 mm de precipitación media anual y cuatro meses secos, sobre suelos aluviales sujetos a inundaciones varias semanas al año, quemas anuales y mal manejo, el crecimiento en altura ha sido muy pobre con alta incidencia de ramas. Muchos de los árboles cortados han presentado troncos huecos posiblemente por efecto de las inundaciones y las quemas (33).

En Eunugu, Nigeria a 6º 25' de latitud Norte y 7º 30' de longitud Este con 1400 mm de precipitación media anual y tres meses secos y suelos planos lateríticos, se ha observado un crecimiento pobre, siendo reemplazado en algunos sitios por Gmelina arborea Roxb. (33).

Horne (33) menciona que en Nigeria la única práctica generalizada de plantación ha sido por pseudo-estacas. La mejor época para plantar es entre mayo y junio, época de fuertes lluvias.

Se ha observado que en suelos que secan a mucha profundidad, la especie no prospera, como tampoco lo hace en suelos inundables, aunque en Ida, Nigeria parece soportarlos, pero su crecimiento es menor (33).

En Nigeria, en sitios que reúnen buenas condiciones para el crecimiento de la teca, se obtiene un incremento anual en altura de 3,3 m en los primeros 10 años. Entre 10 y 20 años disminuye este crecimiento llegando después de los 20 años a 0,5 m/año. La Figura 2 presenta la curva de crecimiento en altura comparada con datos de la India, y la Figura 3 presenta el crecimiento en altura en diferentes condiciones de sitio a los 25 años en Nigeria. El incremento en diámetro es más de 5 cm/año en sitios de calidad uno, esta tasa se continúa hasta los 20 años con buenas técnicas de raleo. Un rendimiento anual de 280 a 315 m/ha en una rotación de 60 años se considera razonable (33).

En el Sudan, la T. grandis fue plantada en Kagelú sobre suelos arenosos, arcillo arenosos de 45 cm de profundidad con 1218 mm de precipitación anual. En Yambio con 1409 mm de precipitación anual y suelos limosos de 75 cm de profundidad, en Katire con 1519 mm de precipitación y suelos areno limosos profundos y en Nyin Akok con 1023 mm de precipitación anual sobre suelos profundos (70).

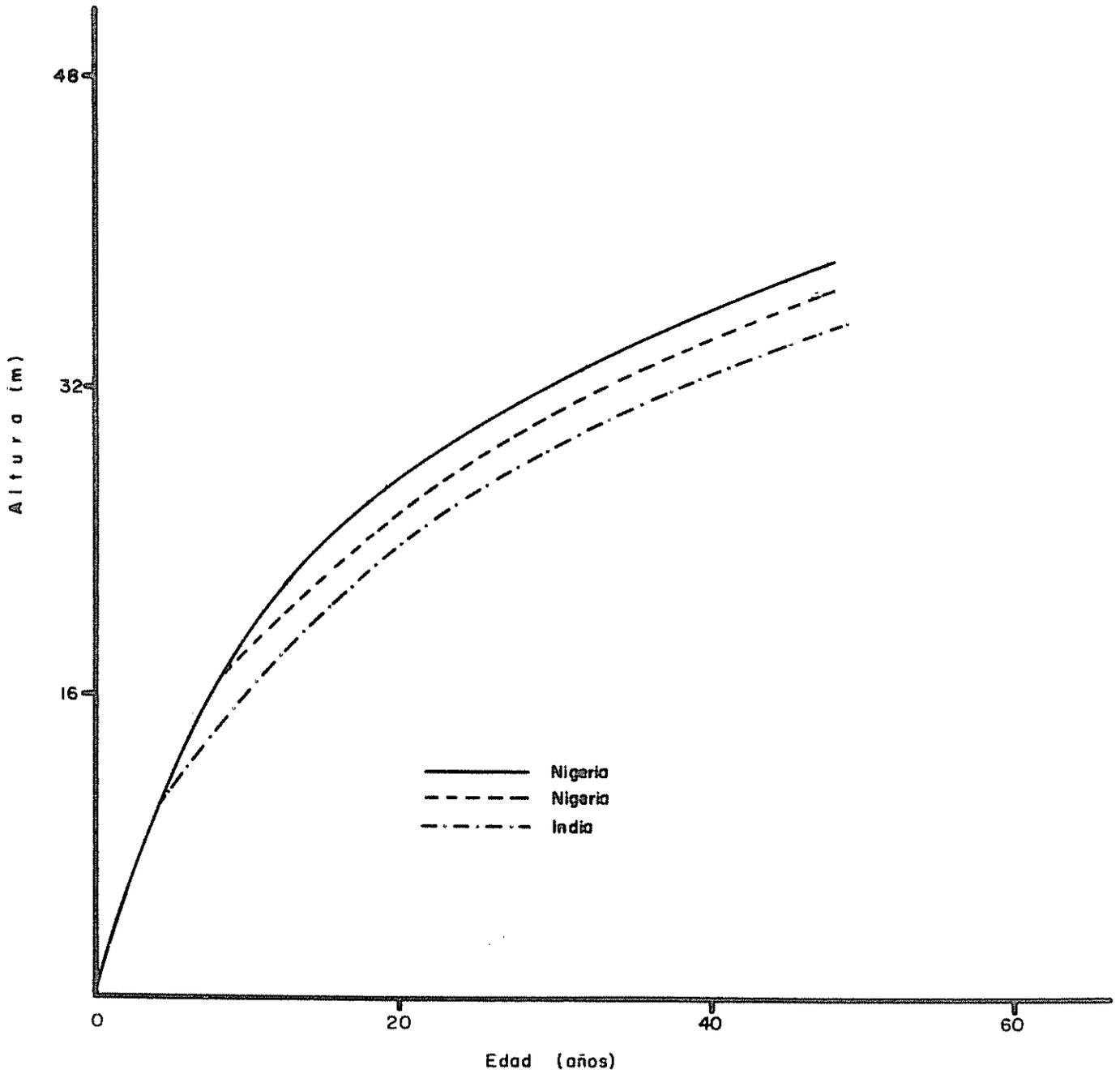


Fig. 2 Crecimiento en altura por edad de *Tectona grandis* en tres plantaciones de India y Nigeria (34)

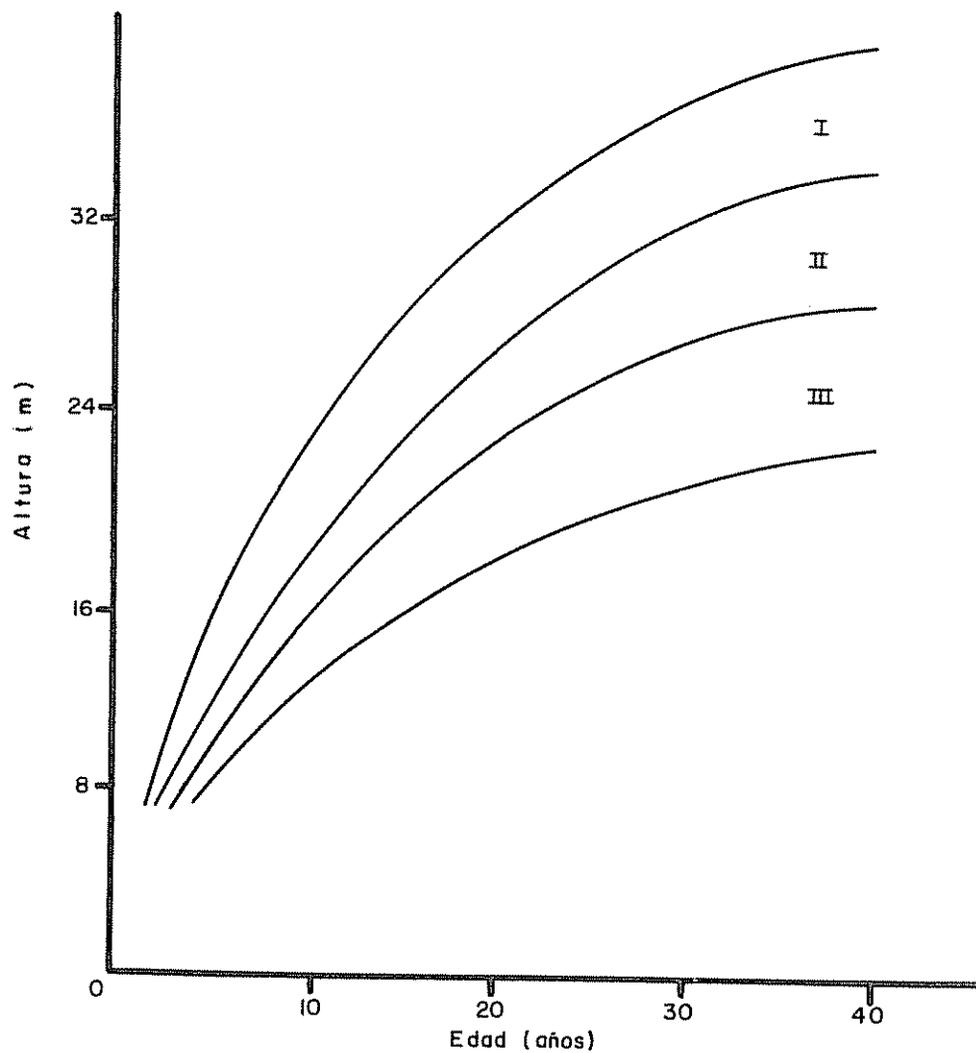


Fig. 3 Altura de árboles dominantes de *Tectona grandis* con 25 años de edad sobre tres calidades de sitio en Nigeria (34)

Cuadro 25. Crecimiento de Tectona grandis en Kagelu, Sudan (70).

Bloque	Edad (años)	Arboles/ha	Altura en (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
1	31,5	158	22,6	33,0	62,9
2	18,8	1074	14,3	15,3	113,0
2	20	840	16,5	17,8	111,0
3	16,7	2228	13,4	12,7	108,0
4	14,7	2087	12,8	12,7	82,0
III	30	291	21,3	22,9	110,0
III/IV	20	531	16,8	15,2	84,0
III/IV	15	692	14,9	12,7	69,0
IV	15	852	13,1	12,7	57,4

Cuadro 26. Crecimiento de Tectona grandis en Yambio, Sudan (70).

Bloque	Edad (años)	Arboles/ha	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
1	18	951	21,0	21,3	218,0
2	7	2138	15,2	10,5	134,0
India Calidad II	20	338	22,3	22,9	128,0
	15	454	19,8	20,3	116,0
India Calidad I/II	10	642	17,9	15,2	93,0

Cuadro 27. Crecimiento de Tectona grandis en Katire, Sudan (70).

Bloque	Edad (años)	Arboles/ha	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
1	11	1583	17,4	15,2	155,0
2	9	1195	16,8	15,2	102,0
India Calidad I/II	10	642	17,9	15,2	108,0
India Calidad II	10	692	16,5	15,2	93,0

Cuadro 28. Crecimiento de Tectona grandis en Nyin Akak, Sudan (70).

Bloque	Edad (años)	Arboles/ha	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
1	18	934	19,5	20,3	195,0
India Calidad II/III	20	383	20,4	20,3	112,0
2	18	879	15,9	15,2	82,0
India Calidad III/IV	20	531	16,8	15,2	84,0

Valderrama (76) encontró que en Puerto Salgar, Colombia con precipitaciones de 1000 a 2000 mm anuales y una estación seca definida en la condición de bosque seco tropical según Holdridge, un pequeño bosque de teca a nueve años de edad ha alcanzado una área basal de 2,96 m<sup>2</sup> y un volumen total de 40,97 m<sup>3</sup>/ha.

#### 2.4.7. Sanidad vegetal

La T. grandis es por lo general una especie relativamente libre de plagas y enfermedades criptógamas graves, tanto en el bosque natural como en plantaciones. La plaga de mayor gravedad la constituye la larva de Doumitus sp., que perfora en los árboles orificios semejantes a los alvéolos de una colmena. Ocasionalmente se observan orugas de Hyblaea puera (Cramer), Pyrausta muchoelaris (Walker) y Paliga spp. defoliadores y esqueletizadores (28, 61).

Existen varios hongos, royas de las hojas y mildius, que atacan a plantitas y pueden ser de importancia en viveros (61).

Entre los animales, los elefantes son los que más daños ocasionan, especialmente en Birmania ya que derriban y descortezan los árboles. Los monos, ganado salvaje, javalíes, también causan daños, especialmente en árboles jóvenes (28, 61).

Ocasionalmente ocurren heladas y sequías en el habitat natural de la teca, causando grandes daños a los brinzales en su primer año, estos árboles muertos generalmente ponen renuevos (28, 61).

La T. grandis es resistente al fuego en su estado adulto, mientras que los brinzales son muy susceptibles, produciendo posteriormente rebrotes limpios y vigorosos (61).

### 3. MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron anuarios climatológicos de Honduras y de los países de origen e introducción de las especies en estudio. Además se utilizó el mapa de Uso Potencial de la Tierra de Honduras elaborado por Plath y el mapa de Zonas de Vida de Honduras elaborado por Holdridge (4, 10, 12, 13, 19, 22, 25, 27, 29, 32, 39, 63, 65, 69, 73, 74, 75, 77).

#### 3.1. Metodología de Burgos

Para determinar el conjunto de condiciones climáticas principales que posibilitan el cultivo económico de una especie y que por lo tanto pueden llamarse índices agroclimáticos, Burgos (14, 15) ha propuesto las siguientes normas por seguir:

a) Valoración agroclimática de la región de origen de la especie

Al valorar el agroclima de la región de origen, hace disponible una información de gran valor en la determinación de límites agroclimáticos más precisos a los requerimientos de la especie, suponiendo que en ella se encuentran la mayor parte de los elementos climáticos favorables. Esta valoración se hizo determinando los límites térmicos, hídricos y edáficos.

b) Valoración del agroclima de la región mundial de difusión del cultivo

A través de esta valoración, se abarca la magnitud de adaptación alcanzada por la especie en diferentes condiciones climáticas. Esto

permitirá dar mayor precisión en la determinación de los índices. La valoración se hizo determinando los límites térmicos, hídricos y edáficos.

c) Valoración agroclimática en regiones con experiencias problemáticas del cultivo

Esta valoración permitirá conocer los valores límites de los elementos que se estiman determinantes para el cultivo, dando de esta manera mayor precisión a los límites agroclimáticos. También aquí se determinaron los límites térmicos, hídricos y edáficos.

3.1.1. Determinación de límites agroclimáticos

Estos límites se refieren a valores térmicos e hídricos dentro de los cuales las especies en estudio crecen y se desarrollan. Además de estos dos factores se agregó el suelo como un tercer factor que viene a delimitar con mayor precisión las áreas previamente determinadas por las otras dos variables.

3.1.1.1. Límites térmicos

Para determinar los límites térmicos, se revisó la información climática del habitat natural de P. caribaea var. hondurensis y T. grandis, siendo utilizadas la temperatura media anual y las máximas y mínimas absolutas (Apéndice Cuadros 1 y 3). Para dar mayor precisión a los límites, se localizaron las áreas donde estas especies se han introducido, y se recopilaron los mismos parámetros térmicos (Apéndice Cuadros 2 y 4). Recopilada esta información se determinaron los ámbitos de temperaturas por analogías en los que estas

especies crecen en forma natural, y en los que siendo exóticas presentan un crecimiento satisfactorio\*; este ámbito fue valorado como límite térmico número uno.

El límite térmico número dos, quedó delimitado por el ámbito de temperaturas de las regiones en que la literatura indica que las especies tienen un crecimiento regular.

### 3.1.1.2. Límites hídricos

Para determinar los límites hídricos, se revisó la información climática de las regiones donde el pino y la teca crecen en forma natural, siendo utilizadas las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales y la precipitación media mensual (Apéndice Cuadros 1 y 3).

Para dar mayor precisión a los límites, se localizaron las áreas donde estas especies se han introducido, y se recopilaron los mismos parámetros (Apéndice Cuadros 2 y 4) (50). Con esta información se realizaron los balances hídricos de las estaciones meteorológicas analizadas, utilizando el esquema propuesto por Thornthwaite (Apéndice Cuadros 1, 2, 3, 4 y 11) (15). Al analizar los dos últimos elementos de cada balance hídrico referentes a excesos y deficiencias de agua en el suelo durante el año, elementos que determinan con mayor precisión el grado de humedad o aridez del clima en función de la precipitación; se determinaron por analogías los rangos de excesos y deficiencias hídricas en los que estas especies crecen en forma natu-

---

\* Desarrollo satisfactorio en base a crecimiento en altura, DAP y forma del árbol.

ral, y en los que siendo exóticas presentan un crecimiento satisfactorio; este ámbito fue valorado como límite hídrico número uno.

El límite hídrico número dos, quedó delimitado por el ámbito de excesos y deficiencias hídricas de las regiones en que la literatura indica que las especies tienen un crecimiento regular.

### 3.1.1.3. Límites edáficos

Los requerimientos edáficos de las especies, se obtuvieron a través de la revisión de literatura de las regiones de origen y de introducción. Estas características edáficas determinadas, permitieron localizar por analogías en el mapa de uso potencial de la tierra de Honduras, las clases de suelos requeridos por las especies (63).

### 3.1.2. Descripción de las categorías edáficas (63)

Dentro de la categoría 1, los suelos del área I son de uso intensivo y tienen recursos físicos capaces de dar un alto rendimiento con prácticas de manejo simples. Estas tierras son aptas para cultivos anuales o cualquier otra forma de explotación pecuaria o agrícola, y para cultivos perennes, incluyendo laderas para pastoreo intensivo con prácticas sencillas de conservación.

Los suelos del área II son de uso extensivo con capacidad de dar una producción moderada, mediante la aplicación de métodos de producción intensivos. En la misma forma del área I estos suelos son aptos para cultivos anuales y perennes, con aplicación de métodos sencillos de conservación.

Los suelos del área III son de uso forestal y tienen recursos físicos capaces de producir una masa forestal de buena calidad dentro de un período razonable de tiempo. Los suelos IIIP corresponden a masas puras o mixtas de coníferas. Los suelos IIID corresponden a masas puras o mixtas de latifoliadas.

Los suelos del área IV son de uso muy extensivo y tienen recursos físicos que dan generalmente baja producción.

Para la elaboración del mapa de zonificación de Honduras para pino y teca, se confeccionaron los siguientes mapas factoriales: isotermas, isolíneas de exceso, isolíneas de deficiencia.

Hasta 1967 Honduras contaba con 175 estaciones meteorológicas; una gran parte de éstas carecen de información térmica y otras son de reciente instalación. Para obtener mayor precisión, se eliminaron las que tenían menos de cinco años, quedando 113 estaciones irregularmente distribuidas (32).

### 3.1.3. Elaboración del mapa de isotermas para Honduras

Para trazar las isolíneas de temperaturas determinadas por los límites térmicos para las dos especies en estudio, fue necesario primero calcular la altitud por la que pasan estas isolíneas en Honduras.

Por ser la topografía de Honduras tan variada, se dispuso dividir el territorio en dos vertientes, Atlántica y Pacífica y se tomó de cada vertiente las estaciones que tuvieran temperatura media anual y altitud. Con estas dos variables se determinaron las constantes de regresión lineal para cada vertiente.

Se obtuvieron los siguientes valores para las constantes:

Vertiente Atlántica:

$$a = 26,797275$$

$$b = 0,004955$$

$$R^2 = 0,778$$

Vertiente Pacífica:

$$a = 27,392917$$

$$b = 0,005199$$

$$R^2 = 0,7344$$

La siguiente fórmula de la regresión lineal se utilizó para determinar la altitud por la que pasan las isotermas:

$$y = a + bx$$

$$x = \frac{a - y}{b}$$

y = temperatura en °C correspondiente a los índices térmicos requeridos por cada especie.

a y b = constantes

x = altitud en m s.n.m.

Una vez determinada la altitud correspondiente a cada temperatura, se trazaron las isotermas sobre el mapa de curvas a nivel a escala 1:500 000.

#### 3.1.4. Elaboración de los mapas de isoyetas para Honduras

Debido a la falta de datos sobre temperaturas máximas y mínimas medias mensuales en la mayoría de las estaciones meteorológicas de Honduras, se dispuso estimar estos valores para las 113 estaciones

seleccionadas, con el objeto de contar con los datos necesarios para realizar los balances hídricos.

Dividido el territorio en dos vertientes, se agruparon las estaciones por vertiente (Apéndice Cuadros 5 y 6). De cada una se tomaron aquellas estaciones que tuvieran temperaturas máximas y mínimas medias mensuales y altitud. Con estas variables se determinaron las constantes de la regresión lineal para cada vertiente.

Se obtuvieron los siguientes valores para las constantes:

La siguiente fórmula de la regresión lineal se utilizó para determinar las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales para cada estación (Cuadros 29 y 30):

$$y = a + bx$$

y = temperatura en °C

a y b = constantes

x = altitud en m s.n.m.

Con estas temperaturas estimadas y con los valores de precipitación mensual se elaboraron los balances hídricos para las estaciones seleccionadas, usando el esquema propuesto por Thornthwaite. La evapotranspiración potencial (elemento del balance) se determinó mediante la fórmula propuesta por Papadakis\* (65).

Por tratarse de especies forestales se utilizó la tabla de almacenamiento de 300 mm\*\* de Thornthwaite. Así se obtuvieron los valores de exceso y deficiencia hídrica (Apéndice Cuadros 1, 2, 3, 4).

---

\* Se utilizaron tablas de ETP ya elaboradas.

\*\* Se utilizaron tablas ya elaboradas.

Cuadro 29. Constantes de la regresión lineal para determinar la temperatura máxima y mínima mensual de la Vertiente Atlántica de Honduras.

Mes	Máximas	
	a	b
Enero	29,621	-0,0043
Febrero	30,504	-0,0036
Marzo	31,995	-0,0032
Abril	32,636	-0,0025
Mayo	33,196	-0,0055
Junio	31,870	-0,0032
Julio	32,245	-0,0044
Agosto	32,580	-0,0041
Setiembre	32,305	-0,0042
Octubre	32,379	-0,0052
Noviembre	29,982	-0,0041
Diciembre	30,372	-0,0051

Mes	Mínimas	
	a	b
Enero	20,584	-0,0066
Febrero	20,640	-0,0067
Marzo	21,927	-0,0068
Abril	22,732	-0,0066
Mayo	27,587	-0,0062
Junio	23,495	-0,0057
Julio	23,624	-0,0059
Agosto	23,532	-0,0058
Setiembre	23,479	-0,0057
Octubre	21,818	-0,0030
Noviembre	21,674	-0,0053
Diciembre	21,225	-0,0065

Cuadro 30. Constantes de la regresión para determinar la temperatura máxima y mínima mensual de la Vertiente Pacífica de Honduras.

Mes	Máximas	
	a	b
Enero	30,988	-0,0043
Febrero	35,331	-0,0065
Marzo	36,448	-0,0052
Abril	36,358	-0,0044
Mayo	35,125	-0,0042
Junio	33,030	-0,0037
Julio	34,365	-0,0063
Agosto	34,101	-0,0051
Setiembre	32,864	-0,0042
Octubre	32,948	-0,0053
Noviembre	33,544	-0,0063
Diciembre	34,524	-0,0084

Mes	Mínimas	
	a	b
Enero	21,068	-0,0073
Febrero	21,490	-0,0079
Marzo	22,952	-0,0078
Abril	24,184	-0,0079
Mayo	24,024	-0,0074
Junio	23,310	-0,0060
Julio	23,061	-0,0062
Agosto	23,288	-0,0077
Setiembre	22,740	-0,0053
Octubre	22,625	-0,0061
Noviembre	21,698	-0,0063
Diciembre	21,065	-0,0065

En mapas a escala 1:50 000, se ubicaron con un número las estaciones analizadas. Posteriormente sobre dos de estos mapas se colocaron los correspondientes valores de exceso y sobre otros dos los valores de deficiencia.

Sobre estos mapas y haciendo uso de los índices de excesos y deficiencias anteriormente determinados para cada especie, se trazaron las isolíneas por interpolación entre estaciones contiguas. Así se obtuvo un mapa de exceso y uno de deficiencia para cada especie en estudio.

En resumen la información agroclimática de las especies se ha expresado en seis mapas factoriales\*, cuatro hídricos, uno térmico y uno de uso potencial. Posteriormente esta información se llevó a un mapa de síntesis final o ecológico a escala 1:50 000 para cada especie.

### 3.1.5. Elaboración de los mapas de zonificación

En primer término se superpuso el mapa de deficiencia sobre el de exceso; luego se superpuso sobre el de isotermas y al final sobre el de uso potencial, dando como resultado un mapa de zonificación, en el que las áreas quedaron delimitadas por tres variables.

Posteriormente las áreas demarcadas por las tres variables fueron identificadas por un quebrado compuesto por dos cifras en el numerador: la primera corresponde al límite térmico y la segunda al límite hídrico; el denominador cuenta con una cifra que corresponde

---

\* Mapas factoriales, son los mapas de isotermas, isoyetas y edáficos.

al factor edáfico, por ejemplo  $\frac{1.1}{1}$ \* indica que es una área ideal, ya que las tres variables analizadas se encuentran en condiciones óptimas según los límites determinados.

Estas áreas agroclimáticamente potenciales, están enmarcadas dentro de un límite agroclimático general que puede ser hídrico, térmico o edáfico, e indica que fuera de él la especie no crece.

Como etapa final, se determinaron las áreas en los mapas de zonificación por Departamentos, para obtener por unidad de jerarquización las hectáreas dentro de cada Departamento con diferente grado de potencial.

### 3.2. Metodología de Holdridge

Esta metodología permite clasificar y cartografiar los ecosistemas terrestres, en cuatro grandes categorías jerárquicas íntimamente ligadas con el detalle y la variedad del paisaje: a) la zona de vida; b) el complejo de asociaciones; c) la asociación y d) el tipo sucesional o de cubierta vegetal (20).

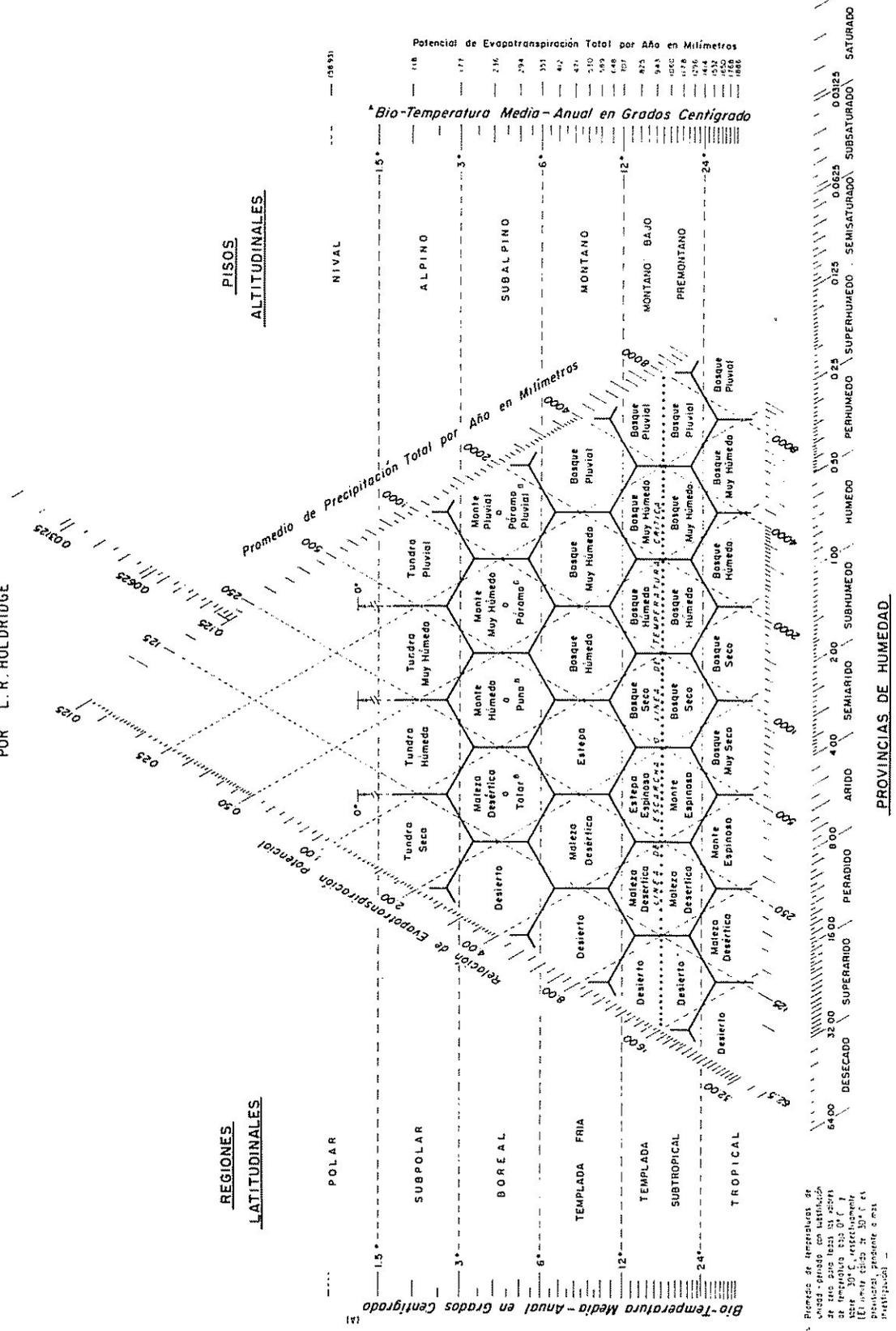
La Figura 4 muestra el diagrama diseñado por Holdridge para la determinación de las zonas de vida. Este modelo establece una relación cuantitativa entre los principales parámetros del macro-clima y las características fisonómicas más importantes de la vegetación natural madura. La relación se presenta esquematizada en divisiones ecológicamente equivalentes a los climas del mundo y se conocen como "zonas de vida". Cada zona de vida está ubicada dentro de un

---

\* Unidad de jerarquización.

Fig.4 DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES DEL MUNDO

POR L. R. HOLDRIDGE



(18) y. Potencial de transpiración de una zona - grado con latitud de 32° que sea 100 mm de agua por mes. El potencial de transpiración es 0.7 por 30°C, respectivamente. El potencial de transpiración es 0.7 por 30°C, respectivamente. El potencial de transpiración es 0.7 por 30°C, respectivamente.

(19) y. El potencial de transpiración...

hexágono, formado por la interacción de dos variables independientes y una dependiente que representan bio-temperatura en °C, precipitación en mm y la evapotranspiración potencial respectivamente.

### 3.2.1. Bio-temperatura

La temperatura es uno de los factores fundamentales en la determinación de las zonas de vida y es utilizada como bio-temperatura, o sea aquella temperatura media anual que va de 0°C a 30°C dentro de la cual los procesos fisiológicos de la planta no se ven fuertemente alterados. En general, se considera que por debajo de 0°C los vegetales entran en estado de latencia y que a 30°C las funciones fisiológicas de la planta se ven fuertemente alteradas.

La bio-temperatura considera con valores de 0°C, todos aquellos meses que tengan como promedio mensual de temperatura valores por debajo de 0°C y por encima de 30°C. Los límites de bio-temperatura de cada nivel altitudinal son: 0°C, 3°C, 6°C, 12°C y 24°C; aumentan en forma geométrica (20, 30).

La metodología indica que cuando las temperaturas utilizadas para determinar las zonas de vida pasan de los 24°C, deben de corregirse mediante la fórmula de la bio-temperatura ( $T^{bio}$ ) (20, 30):

$$T^{bio} = t - \left( \frac{\text{Latitud} \times 3}{100} \right) \times (t - 24)^2$$

### 3.2.2. Precipitación anual

Se expresa como precipitación anual en mm, ya sea de lluvia o nieve. Los límites de precipitación en el diagrama son: 125, 250,

500, 1000, 2000, 4000 y 8000 mm. Como en el caso de la temperatura los valores aumentan en forma geométrica. Este segundo parámetro es fundamental en la determinación de las zonas de vida.

### 3.2.3. Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial corresponde al tercer factor que viene a definir las zonas de vida.

Se calcula multiplicando la bio-temperatura media por una constante que varía según la ETP buscada, así, para ETP anual la constante es 58,93 mm/°C, para meses individuales es 5,00 mm (mes de 31 días), 4,84 mm (mes de 30 días) y 4,56 mm (febrero) (20, 30).

La relación de ETP de 1,00, valor unitario, indica que la precipitación es igual a la ETP. Al desplazarse hacia la izquierda en el diagrama, la precipitación es progresivamente menor y el clima se vuelve crecientemente árido; conforme se desplaza hacia la derecha, sucede lo contrario y el clima se vuelve húmedo (20, 30).

Estos valores de ETP a través de las líneas del diagrama, definen un juego de provincias de humedad que integran las relaciones entre biotemperatura y precipitación afectando la vegetación en todas las regiones latitudinales y altitudinales del mundo (20, 30).

### 3.2.4. Temperatura crítica

En la línea de hexágonos inmediata a la basal o tropical, corre una línea horizontal punteada dividiendo los hexágonos por la mitad, ésta se conoce como línea de temperatura crítica o línea de escarcha.

Esta línea de escarcha no se correlaciona con ninguna bio-tempe-

ratura específica, sino, más bien, con la bio-temperatura que se asocia localmente con temperaturas mínimas periódicas, que limitan las especies vegetales sensibles al frío (20).

### 3.2.5. Fajas altitudinales

Estas fajas están marcadas en cada región altitudinal por líneas que representan posiciones promedio de la bio-temperatura media anual. La línea que separa la faja tropical basal de la faja tropical premontano, corresponde a 24°C, pero las zonas de vida individuales de estas fajas pueden extenderse hacia arriba hasta áreas más frías, o a áreas más calientes hacia abajo, como zonas de transición, dependiendo de las condiciones de precipitación y temperatura (20, 30).

### 3.2.6. Procedimiento empleado

Debido a la falta de información climatológica y de la imposibilidad de reconocimiento del país en estudio, el trabajo ha sido llevado únicamente al nivel de zonas de vida, las que se pueden delimitar disponiendo únicamente de la precipitación anual en mm y del promedio de bio-temperatura anual, de todas aquellas áreas donde la especie crece en forma natural y de aquellas áreas en donde la especie ha sido introducida. Una vez obtenidos los datos climatológicos, se hicieron coincidir, sobre diagramas de zonas de vida separados los valores de bio-temperatura media anual y precipitación de las regiones de origen de introducción de las especies en forma independiente (Apéndice Cuadros 7, 8, 9, 10). De esta forma y por concentración de

puntos sobre los diagramas, se determinaron las zonas de vida en que pueden crecer las especies. Por ejemplo una región con 1500 mm de precipitación media anual, 18°C de bio-temperatura, 50 m de altitud y 24° de latitud Norte al entrar en el diagrama con la precipitación y la bio-temperatura, se encuentra que corresponde a la zona de vida bosque húmedo subtropical.

Posteriormente y sobre el mapa ecológico de Honduras elaborado bajo la misma metodología, se localizaron y determinaron las áreas de las zonas de vida correspondientes a cada especie.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Metodología de Burgos

##### 4.1.1. Pinus caribaea var. hondurensis

El análisis de la información climática del habitat natural y de las regiones donde cada especie ha sido plantada permitió obtener por analogías los posibles límites de temperaturas, hídricas y requerimientos edáficos en que crece.

##### 4.1.1.1. Límites agroclimáticos

###### Límites térmicos:

- |    |                         |         |
|----|-------------------------|---------|
| 1. | 24°C a 27°C media anual | Bueno   |
| 2. | 20°C a 24°C media anual | Regular |

El límite uno se toma como bueno por ser este el rango de temperatura del habitat natural de la especie y porque la mayor parte de los éxitos obtenidos con esta especie en plantaciones establecidas fuera de su habitat natural corresponde a este ámbito de temperatura.

La revisión de literatura indica que el comportamiento de la especie es regular entre 20 y 24°C de temperatura media anual.

###### Límites hídricos

	<u>Exceso</u>	<u>Deficiencia</u>	
1.	1000 - 3000	0 - 100 mm anuales	Bueno
	0 - 1000	100 - 600 mm anuales	Regular

El balance mensual de agua en el suelo en el habitat natural del pino hondureño y en las introducciones exitosas fuera de su habitat natural corresponde aproximadamente al límite hídrico calificado como bueno.

El segundo límite hídrico se considera como regular por el comportamiento regular de la especie, observado en las regiones que ha sido introducido, posiblemente ocasionado por un alto déficit de agua en el suelo.

#### Límites edáficos

1. IA, IP, IIA, IIP y IIID Bueno

Aunque en su habitat natural el P. caribaea var. hondurensis crece sobre suelos de muy baja fertilidad, se ha considerado que en estas categorías de suelos la especie puede dar rendimientos más altos, ya que las categorías IA, IP, IIA y IIP tienen recursos físicos capaces de dar un alto rendimiento con prácticas de manejo simples. La categoría IIIP corresponde a suelos de masas puras de latifoliadas.

2. IIIP Regular

Estos suelos corresponden a masas puras de coníferas y por tanto tienen un potencial regular.

3. IV Malo

Estos suelos tienen recursos físicos que dan generalmente bajos rendimientos.

De acuerdo a los límites de las tres variables, se obtuvieron doce unidades de jerarquización, agrupadas en categorías en base a la posibilidad de obtener éxito.

4.1.1.2. Clasificación de las unidades de jerarquización en categorías de potencial

<u>Alta</u>	<u>Media</u>	<u>Baja</u>
$\frac{1.1}{1}$	$\frac{1.2}{1}$	$\frac{1.2}{3}$
$\frac{1.1}{2}$	$\frac{1.2}{2}$	$\frac{2.1}{3}$
	$\frac{2.1}{1}$	$\frac{2.2}{1}$
	$\frac{2.1}{2}$	$\frac{2.2}{2}$
	$\frac{1.1}{3}$	$\frac{2.2}{3}$

4.1.2. Tectona grandis

El análisis de la información climática del habitat natural y de las regiones donde esta especie ha sido plantada, permitió obtener por analogías los posibles ámbitos de temperatura, hídricos y requerimientos edáficos en que crece.

4.1.2.1. Límites agroclimáticos

Límites térmicos

1.	25°C	a	28°C	media anual	Bueno
2.	20°C	a	25°C	media anual	Malo

El límite térmico uno de 25 a 28°C se califica como bueno, por corresponder a las temperaturas del habitat natural y de las regiones de introducción donde la especie ha tenido éxito.

El límite dos se toma como malo por haberse encontrado que bajo estas temperaturas la T. grandis no prospera.

#### Límites hídricos

	<u>Exceso</u>	<u>Deficiencias</u>	
1.	100 - 1000	100 - 900 mm anuales	Bueno
2.	0 - 100	900 - 1700 mm anuales	Malo
	1000 - 2000	0 - 100 mm anuales	

El balance mensual de agua en el suelo en el habitat natural y en las regiones de introducción donde la especie ha tenido éxito corresponde a aproximadamente el límite hídrico calificado como bueno y corresponde a regiones con que tienen una estación seca bien marcada.

El límite hídrico dos se califica como malo ya que la T. grandis no prospera en áreas que no presentan una época seca bien marcada o en áreas con alto grado de déficit hídrico.

#### Límites edáficos

1. IA, ID, IIÁ y IIP Bueno

Estos suelos tienen recursos físicos capaces de dar un alto rendimiento con prácticas de manejo simples. Estos suelos se consideran buenos siempre que sean drenados y profundos, requisitos indispensables para el buen desarrollo de la teca.

2. IIID Regular

Esta categoría corresponde a suelos de masas puras de latifolia-  
das y se espera que tengan un potencial regular para el crecimiento  
de la teca.

En base a los límites de las tres variables se obtuvieron nueve  
unidades de jerarquización, agrupadas en categorías en base a la po-  
sibilidad de obtener éxito.

4.1.2.2. Clasificación de las unidades de jerarquización en  
categorías de potencial

<u>Alta</u>	<u>Media</u>	<u>Baja</u>
$\frac{1.1}{1}$	$\frac{1.1}{2}$	$\frac{1.2}{1}$
$\frac{2.1}{1}$	$\frac{2.1}{2}$	$\frac{2.2}{1}$
		$\frac{1.2}{2}$
		$\frac{2.2}{2}$

4.1.3. Determinación de la altitud para las isotermas específicas  
en Honduras

De acuerdo a los requerimientos térmicos de las dos especies, y  
utilizando los parámetros de la regresión lineal mencionados en el  
capítulo 3.1.5, se determinaron los valores altitudinales para cada  
isoterma (Cuadro 31).

Cuadro 31. Valores altitudinales de las isoterms para Pinus caribaea var. hondurensis y Tectona grandis en Honduras.

Temperatura (°C)	Vertiente Atlántica (m s.n.m.)	Vertiente Pacífica (m s.n.m.)
20	1360	1421
24	560	645
25	358	460
27	0	75
28	no se presenta	no se presenta

Estos valores altitudinales fueron localizados en un mapa de Honduras de curvas a nivel y las isolíneas fueron trazadas por interpolación entre curvas a nivel, quedando preparado el mapa factorial de temperaturas a escala 1:500 000.

#### 4.1.4. Mapas de isoyetas para Honduras

Con los valores de excesos y deficiencias hídricas obtenidos a través de los balances hídricos (Apéndice Cuadros 1, 2, 3, 4), se trazaron los mapas de excesos y deficiencias para cada especie a escala 1:500 000.

#### 4.1.5. Mapas de zonificación

Utilizando el sistema de superposición explicado en el capítulo 3.1.5, se obtuvo un mapa final para cada especie en estudio, compuesto por tres variables: temperaturas (trazada con líneas finas corta-

das), régimen hídrico (con líneas finas punteadas), suelos (con líneas finas continuas). El límite agroclimático general fue marcado con líneas continuas gruesas (Apéndice Mapas 1, 2). Cada una de las unidades delimitadas, se encuentra calificada por un quebrado compuesto por las tres variables.

#### 4.1.6. Áreas potenciales para Pinus caribaea var. hondurensis en Honduras

Los Cuadros 32 y 33 muestran las áreas y porcentajes por unidad de jerarquización y por Departamento, de acuerdo a las tres categorías establecidas para el pino hondureño.

#### 4.1.7. Áreas potenciales para Tectona grandis en Honduras

Los Cuadros 34 y 35 muestran las áreas y porcentajes por unidad de jerarquización y por Departamento, en base a las tres categorías establecidas, para la T. grandis.

### 4.2. Metodología de Holdridge

#### 4.2.1. Zonas de vida para Pinus caribaea var. hondurensis y Tectona grandis

De acuerdo a los datos climáticos obtenidos en el habitat natural y en las regiones de introducción de la var. hondurensis y T. grandis (Apéndice Cuadros 7, 8, 9, 10), se determinó que estas especies crecen en forma satisfactoria en las siguientes zonas de vida:

bh - ST , bosque húmedo subtropical

bmh - ST , bosque muy húmedo subtropical

bh - T , bosque húmedo tropical

Cuadro 32. Areas potenciales para el crecimiento de Pinus caribaea var. hondurensis en Honduras.

Departamentos	Areas (ha) y su potencial												Area Total	
	alto				medio				bajo				(ha)	%
	$\frac{1.1}{1}$	$\frac{1.1}{2}$	$\frac{1.2}{1}$	$\frac{1.2}{2}$	$\frac{1.1}{3}$	$\frac{2.1}{1}$	$\frac{2.1}{2}$	$\frac{2.2}{1}$	$\frac{1.2}{3}$	$\frac{2.1}{3}$	$\frac{2.2}{2}$	$\frac{2.2}{3}$		
Olancho	152500	2250	758730	180000	--	42000	442250	9750	--	370000	52500	2010000	24,0	
Gracias a Dios	781250	182500	--	--	54250	--	--	--	--	--	--	1018000	12,2	
Colón	466500	--	135250	--	--	89750	59750	--	--	--	--	751250	8,9	
Yoró	13000	--	119500	39250	--	--	171750	32250	--	218250	107500	701500	8,4	
El Paraíso	--	--	115500	44500	--	--	205750	80750	--	105250	77750	627500	7,5	
Fco. Morazán	--	--	5250	4750	--	--	61250	26500	--	249000	143750	490500	5,9	
Sta. Bárbara	--	14750	44750	31750	26500	--	14500	64500	36250	15000	144000	404000	4,8	
Cortés	63250	--	109750	9750	16000	15750	--	31750	62750	24000	22250	376500	4,5	
Atlántida	130750	--	76000	--	28250	13000	--	114750	3000	--	--	365750	4,4	
Choluteca	--	--	64250	2500	--	--	5500	14600	--	3500	108500	330250	3,4	
Lempira	--	--	--	19250	--	--	15250	87500	--	72750	95500	290250	3,5	
Comayagua	--	250	5500	25750	500	--	33250	19750	--	121500	67500	274000	3,3	
Copán	--	--	5000	--	--	--	8000	34250	--	20000	148250	215500	2,6	
Intibuca	--	--	--	43250	750	--	5500	32250	750	53250	53250	214250	2,6	
La Paz	--	--	--	3250	--	--	11500	12750	--	69250	30250	127000	1,5	
Valle	--	--	5000	--	--	--	90500	--	--	--	13500	109000	1,5	
Ocatepeque	--	--	--	--	--	--	5500	17750	--	15750	19500	58500	0,7	
Islas de la Bahía	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
<b>Total</b>	<b>1807000</b>				<b>3465750</b>					<b>3090000</b>		<b>8362750</b>	<b>100,0</b>	

Cuadro 33. Áreas por Departamentos con potencial para el crecimiento de Pinus caribaea var. hondurensis en Honduras.

Departamentos	Porcentajes por categorías		
	alto	medio	bajo
Olancho	8,6	41,0	13,9
Gracias a Dios	53,3	1,6	--
Colón	25,8	8,2	--
Yoró	0,7	9,5	11,6
El Paraíso	--	10,6	8,5
Francisco Morazán	--	2,1	6,7
Santa Bárbara	0,8	3,7	8,4
Cortés	3,5	5,3	4,2
Atlántida	7,2	6,7	0,1
Choluteca	--	2,1	8,3
Lempira	--	0,9	8,2
Comayagua	0,1	2,4	6,8
Copán	--	0,4	6,6
Intubuca	--	2,1	4,5
La Paz	--	0,4	3,6
Valle	--	2,8	0,4
Ocotepeque	--	0,2	1,4
Islas de la Bahía	--	--	--
Total	100,0	100,0	100,0

Cuadro 34. Areas potenciales para el crecimiento de Tectona grandis en Honduras.

Departamentos	Áreas (ha) y su potencial								Area Total	
	alto		medio		bajo		(ha)	%	(ha)	%
	$\frac{1.1}{1}$	$\frac{2.1}{1}$	$\frac{1.1}{2}$	$\frac{2.1}{2}$	$\frac{1.2}{1}$	$\frac{2.2}{1}$				
Olancho	130600	11250	424000	339000	--	75750	6000	75750	1061750	35,3
Colón	77250	3750	137750	207250	--	--	--	13750	439750	14,6
Gracias a Dios	75000	--	218250	3750	--	--	--	--	297000	9,9
El Paraíso	28750	77250	5500	124500	2500	52750	--	--	291250	9,7
Yoró	26000	27750	25750	111500	34500	8000	--	28500	262000	8,7
Atlántida	13250	2500	24250	166000	--	--	--	--	206000	6,8
Cortés	29250	5250	10750	39250	45000	1250	--	--	130750	4,3
Choluteca	87500	11500	--	--	--	--	--	--	99000	3,3
Francisco Morazán	--	15000	--	--	--	40000	--	--	55000	1,8
Comayagua	--	28250	--	1500	--	18750	--	--	48500	1,6
Santa Bárbara	1000	7500	500	20750	10750	4000	--	--	44500	1,5
Valle	28500	--	--	--	--	--	--	--	28500	0,9
Copán	--	22250	--	--	--	4750	--	--	27000	0,9
La Paz	--	6750	--	2500	--	5000	--	--	14250	0,5
Ocotepeque	--	6250	--	--	--	--	--	--	6250	0,2
Intibuca	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Lempira	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Islas de la Bahía	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Total	721750		1862750			427000			3011500	100,0

Cuadro 35. Areas por Departamento con potencial para el crecimiento de Tectona grandis en Honduras.

Departamentos	Porcentajes por categorías		
	alto	medio	bajo
Olancho	19,6	40,2	36,9
Colón	11,2	18,2	3,2
Gracias a Dios	10,4	15,3	--
El Paraíso	14,7	6,3	--
Yoró	7,4	7,4	16,6
Atlántida	2,2	10,2	--
Cortés	4,8	2,2	10,8
Choluteca	13,7	--	--
Francisco Morazán	2,1	--	9,4
Comayagua	3,9	0,1	4,4
Santa Bárbara	1,2	0,1	3,5
Valle	3,9	--	--
Copán	3,1	--	1,1
La Paz	0,9	--	1,2
Ocotepeque	0,9	--	--
Intibuca	--	--	--
Lempira	--	--	--
Islas de la Bahía	--	--	--
Total	100,0	100,0	100,0

De estas zonas de vida determinadas, Honduras cuenta únicamente con dos: bosque muy húmedo subtropical y bosque húmedo subtropical.

Los límites climáticos del bosque muy húmedo subtropical se encuentran entre 2000 y 4000 mm de precipitación media anual y de 17º a 24ºC de bio-temperatura media anual.

Los límites climáticos del bosque húmedo subtropical se encuentran entre 1000 y 2000 mm de precipitación media anual y de 17º a 24ºC de bio-temperatura media anual. Para las dos formaciones ecológicas (bosque muy húmedo y húmedo subtropical) la temperatura puede bajar de 17º hasta 12ºC, siempre y cuando no se presenten temperaturas críticas o heladas.

#### 4.2.2. Áreas potenciales para el *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y *Tectona grandis*

El mapa ecológico de Honduras elaborado por Holdridge (Apéndice Mapa 3) se dividió en Departamentos; posteriormente fueron determinadas las áreas comprendidas dentro de cada Departamento por zonas de vida, obteniéndose de esta forma las áreas por zonas de vida y por Departamento que cuentan con condiciones ecológicas aceptables para el crecimiento de las dos especies (Cuadros 36 y 37).

Cuadro 36. Áreas potenciales para el crecimiento de Pinus caribaea var. hondurensis y Tectona grandis en Honduras.

Departamentos	Áreas potenciales (ha)		Total	%
	bmh-ST*	bh-ST**		
Olancho	1 497 090	938 000	2 435 090	22,1
Gracias a Dios	1 663 000	--	1 663 000	15,1
Colón	887 480	--	887 480	8,0
Yoró	375 920	418 000	793 920	7,2
Francisco Morazán	21 000	746 620	767 620	6,9
El Paraíso	22 000	674 810	696 810	6,3
Santa Bárbara	12 800	498 730	511 530	4,6
Comayagua	55 000	394 640	449 640	4,1
Lempira	9 000	419 790	428 790	3,9
Atlántida	409 120	16 000	425 120	3,8
Choluteca	--	421 100	421 100	3,8
Cortés	14 000	381 400	395 400	3,6
Copán	64 000	256 300	320 300	2,9
Intibuca	--	296 220	296 220	2,7
La Paz	--	233 060	233 060	2,1
Ocotepeque	--	168 020	168 020	1,5
Valle	--	156 460	156 460	1,4
Islas de la Bahía	--	--	--	--
<b>Total</b>	<b>5 030 410</b>	<b>6 019 150</b>	<b>11 049 560</b>	<b>100,0</b>

\* Bosque muy húmedo subtropical

\*\* Bosque húmedo subtropical

Cuadro 37. Areas de dos zonas de vida en los Departamentos de Honduras con potencial para el crecimiento de Pinus caribaea var. hondurensis y Tectona grandis.

Departamentos	Porcentajes por zonas de vida	
	bmh-ST	bh-ST
Olancho	29,7	19,2
Gracias a Dios	33,1	--
Colón	17,6	--
Yoró	7,5	6,4
Francisco Morazán	0,4	12,3
El Paraíso	0,4	11,2
Santa Bárbara	0,3	8,3
Comayagua	1,1	6,2
Lempira	0,2	6,3
Atlántida	8,1	0,3
Choluteca	--	6,3
Cortés	0,3	6,4
Copán	1,3	4,3
Intibuca	--	4,2
La Paz	--	3,2
Ocotepeque	--	2,8
Valle	--	2,6
Islas de la Bahía	--	--
Total	100,0	100,0

## 5. DISCUSION

### 5.1. Metodología de Burgos

Basándose en los resultados obtenidos, se observa que el P. caribaea var. hondurensis requiere un ámbito de temperatura media anual de 20°C a 27°C, dentro del cual temperaturas medias anuales de 24°C a 27°C se han considerado como el límite óptimo para el crecimiento de esta especie.

En cuanto al régimen hídrico el límite óptimo está entre 1000 y 3000 mm de exceso y de 0 a 100 mm de deficiencia anual.

Con respecto a los requerimientos edáficos se encontró que esta especie se adapta a una gran variedad de suelos, obteniendo los mayores incrementos en suelos fértiles y de buen drenaje. Los suelos con drenaje impedido no son aptos para la especie.

De acuerdo a los límites climáticos definidos para la especie, se obtuvieron doce unidades de jerarquización que se agruparon en tres categorías de potencial, de acuerdo al efecto de cada variable. Al localizar estas categorías en el mapa se encontró que aproximadamente 8 362 750 ha del territorio de Honduras pueden ser aptas para el crecimiento de la var. hondurensis, de las cuales el 21,6 por ciento corresponde a la categoría de alto potencial, 41,5 por ciento a la categoría medio y 36,9 por ciento a la categoría baja.

El mayor porcentaje de estas áreas está concentrado en la Vertiente Atlántica, en los Departamentos de Olancho, Gracias a Dios, Colón y Yoró.

De acuerdo a los límites climáticos obtenidos, se observa que la T. grandis requiere un ámbito de temperatura media anual de 20°C a 28°C, dentro del cual temperaturas medias anuales de 25°C y 28°C se han considerado como el límite óptimo para el crecimiento de esta especie.

En cuanto al régimen hídrico se observa que el índice óptimo está entre 100 y 1000 mm de exceso y de 100 a 900 mm de deficiencia anual. Esta especie exige tres a cinco meses secos para alcanzar un crecimiento satisfactorio; si esta condición no se presenta, la teca no crece bien, lo que sucede también si el exceso fluctúa entre 1000 y 2000 mm anuales y la deficiencia entre 0 y 100 mm.

Con respecto a los requerimientos edáficos, se encontró que la T. grandis requiere suelos profundos y bien drenados. Si estas condiciones no se presentan, la teca tiene un mal crecimiento.

En cuanto a los límites climáticos definidos para la especie, se obtuvieron ocho unidades de jerarquización, agrupadas en tres categorías de potencial de acuerdo al efecto de cada variable. Al localizar estas categorías en el mapa, se encontró que aproximadamente 3 011 500 ha del territorio de Honduras pueden ser potencialmente aptas para el crecimiento de la teca; de los cuales el 23,9 por ciento corresponde a la categoría de alto potencial, 61,9 por ciento a la categoría medio y 14,2 por ciento a la categoría bajo.

El mayor porcentaje de estas áreas está concentrado en la Vertiente Atlántica, en los Departamentos de Olancho, Colón, Gracias a Dios y Yoro.

Dentro del territorio, varios Departamentos no cuentan con áreas

aptas para el crecimiento de la teca por carecer de condiciones climoedáficas aptas, como por ejemplo Intibuca y Lempira.

Hay que notar que las áreas determinadas en los Cuadros 34 y 36 no son determinantes, ya que el factor suelos fue analizado en base a un estudio de uso potencial de la tierra y además es posible que existen micro-climas diferentes, esto viene a determinar la presencia de macro a micro áreas con condiciones climo-edáficas diferentes a las que determinaron las categorías en estudio.

Las áreas determinadas no incluyeron únicamente suelos de vocación forestal, sino también los suelos de vocación agrícola y ganadera.

## 5.2. Metodología de Holdridge

A través de esta metodología se determinó que la var. hondurensis y la T. grandis crecen en zonas de vida similares: bosque muy húmedo subtropical, bosque húmedo subtropical y bosque húmedo tropical.

En total se determinaron aproximadamente 11 049 560 ha potencialmente aptas para el crecimiento de las especies, de las cuales el 45,5 por ciento corresponde al bosque muy húmedo subtropical ubicado principalmente a lo largo de la Vertiente Atlántica, y 54,5 por ciento corresponde al bosque húmedo subtropical, ubicado mayormente en la Vertiente Pacífica y centro del territorio.

Dentro de las dos zonas de vida estudiadas existen macro y micro áreas de transición hacia bosque muy húmedo, húmedo y seco tropical y hacia bosque seco subtropical. Estas condiciones son importantes

para la teca, ya que esta especie es muy exigente en cuanto a la necesidad de tres a cinco meses secos durante el año.

Honduras cuenta con extensas áreas de suelos relativamente delgados, y la T. grandis necesita suelos profundos para obtener un buen crecimiento. Además, en la costa Atlántica existen grandes áreas pantanosas que no son convenientes para el pino ni la teca. Estas condiciones lógicamente reducen las áreas expuestas en el Cuadro 36.

### 5.3. Zonificación climática

Al nivel en que han sido desarrolladas las metodologías, se llegó a determinar las posibles áreas en que el P. caribaea var. hondurensis y T. grandis pueden plantarse. En estas áreas existen zonas que no reúnen las condiciones necesarias para el desarrollo de las especies y que debido al nivel de precisión en que se ha trabajado resulta imposible detectarlas.

El balance de agua en el suelo propuesto por Thornthwaite y utilizado en la metodología de Burgos logra dar mayor precisión a la hora de analizar los requerimientos hídricos de las especies y al localizar las áreas adecuadas en el país de estudio.

La distribución anual de la precipitación, tomada en cuenta en el balance hídrico es fundamental en el caso de las dos especies en estudio; esta distribución no es tomada en cuenta en la determinación de las zonas de vida de Holdridge, quien utiliza únicamente la precipitación media anual y esta puede variar en intensidad, distribución y frecuencia en una misma zona de vida, delimitando áreas no

aptas para las especies y que a este nivel de precisión no son determinadas.

El uso del factor edáfico en la metodología de Burgos le da a las áreas climáticas determinadas mayor precisión, al desechar sitios cuyas características de suelos no son satisfactorias.

Holdridge hace uso del factor edáfico en su segundo nivel de precisión o de "asociaciones edáficas", pero para llegar a esto se requiere información que en la generalidad de los casos no está disponible y para determinarla se requiere mucho tiempo y dinero.

## 6. CONCLUSIONES

### 6.1. Metodología de Burgos

1. Honduras cuenta con extensas áreas aptas para la producción de madera de P. caribaea var. hondurensis.
2. Con este pino es posible obtener mejores rendimientos en zonas fuera de su habitat, ya que los suelos son mejores y las condiciones climáticas más favorables a los de su habitat natural.
3. Con respecto a los requerimientos térmicos se encontraron dos límites en los que la especie puede crecer: 1) de 24°C a 27°C de temperatura media anual (bueno); 2) entre 20°C a 24°C de temperatura media anual (regular). Desde el punto de vista hídrico se seleccionaron dos posibles límites: 1) entre 1000 a 3000 mm de exceso anual y 0 a 100 mm de deficiencia anual (bueno); 2) entre 0 a 1000 mm de exceso anual y de 100 a 600 mm de deficiencia anual (regular). En cuanto a necesidades edáficas se determinaron tres límites: 1) Suelos de las clases IA, IP, IIA, IIP y IIID (muy bueno); 2) Suelos de la clase IIIP (bueno); 3) Suelos de la clase IV (regular).
4. Se determinaron tres categorías de áreas potenciales para este pino: alto 1 807 000 ha, medio 3 465 750 ha y bajo 3 090 000 ha.
5. Honduras cuenta con extensas áreas potencialmente aptas para producción de madera de T. grandis.
6. La teca es una especie exigente en cuanto a drenaje y profundidad del suelo. Honduras en su mayoría cuenta con suelos poco profundos.

7. La teca requiere de tres a cinco meses secos, si esta condición no se cumple es posible que la especie fracase.
8. En cuanto a los requerimientos térmicos para la teca, se determinaron dos límites: 1) entre 24°C a 28°C de temperatura media anual (bueno); 2) entre 20°C a 25°C de temperatura media anual (malo). Desde el punto de vista hídrico se seleccionaron dos límites: 1) entre 100 a 1000 mm de exceso anual y de 900 a 1700 mm de deficiencia anual (bueno); 2) entre 0 a 100 y de 1000 a 2000 mm de exceso anual y de 900 a 1700 y de 0 a 100 mm de deficiencia anual respectivamente (malo). Con respecto a las necesidades edáficas se determinaron dos límites: 1) suelos de las clases IA, IP, IIA, IIP (bueno) ; 2) suelos de la clase IIID (regular).
9. Se determinaron tres categorías de áreas potenciales para la T. grandis: alto 721 750 ha, medio 1 862 750 ha y bajo 42 7000 ha.
10. Las áreas correspondientes a la categoría bajo, están determinadas por los valores más limitantes de las tres variables, y en consecuencia no es recomendable plantar la T. grandis en estas áreas.

#### 6.2. Metodología de Holdridge

1. De acuerdo con esta metodología, se determinó que la var. hondurensis y la T. grandis requieren condiciones ecológicas similares, que se encuentran en las zonas de vida bosque muy húmedo subtropical, bosque húmedo subtropical y bosque húmedo tropical.

2. Se determinó que Honduras cuenta aproximadamente con 11 049 560 ha potencialmente aptas para el crecimiento de ambas especies, de las cuales 45,5 por ciento corresponden a la zona de vida bosque muy húmedo subtropical y 54,5 por ciento a la zona de vida bosque húmedo subtropical.
3. Como esta metodología se desarrolló al nivel de "zonas de vida", dentro de las áreas determinadas han quedado incluidas zonas pantanosas y de suelos muy delgados no aptos para plantar teca ni pino.

### 6.3. Zonificación climatológica

1. La metodología agroclimática descrita por Burgos utiliza dos variables climáticas y una edáfica, en comparación con sólo dos usadas en la metodología de Holdridge.
2. La metodología de Holdridge se utilizó únicamente en el nivel de zonas de vida. A este nivel las áreas quedan delimitadas por la precipitación y la bio-temperatura en forma global.
3. Las áreas determinadas por los dos sistemas con potencial más o menos alto para el crecimiento de las dos especies, son bastante generales, debido a que no se ha tomado en cuenta el uso actual de la tierra.
4. Con el sistema de Holdridge, al nivel de zonas de vida se determinó que más del 95 por ciento del área de Honduras es apta para el crecimiento de las dos especies. Es necesario que esta metodología se desarrolle al nivel de asociaciones para delimitar

con mayor precisión las áreas y así poder compararlas con las determinadas por Burgos.

5. Los resultados logrados por la metodología de Burgos se diferenciaron de los obtenidos con la metodología de Holdridge en que con la primera se excluyeron extensas áreas del litoral atlántico y del interior del territorio por no reunir condiciones aptas para el crecimiento de las dos especies.
6. Resultaría de gran beneficio, comprobar mediante el establecimiento de parcelas experimentales en las áreas delimitadas, los resultados obtenidos, para comparar posteriormente la eficiencia de las dos metodologías.
7. Al nivel en que se desarrollaron las dos metodologías, la de Burgos resulta demasiado compleja y requiere una gran cantidad de información climática que en la generalidad es deficiente y escasa. El tiempo requerido para el desarrollo de la metodología es muy largo en comparación con la de Holdridge, la cual es sencilla por el tipo de información que requiere y el desarrollo de la misma.

## 7. RESUMEN

El objetivo de esta zonificación fue determinar las áreas de Honduras potencialmente aptas para el establecimiento de plantaciones comerciales de Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. y la Tectona grandis Linn.

El presente trabajo se desarrolló a través de dos metodologías de zonificación: la de Burgos y la de Holdridge.

Para la metodología de Burgos se revisó la información climática del habitat natural de las dos especies, la información climática de las regiones de introducción y su comportamiento. Con estos datos se determinaron los límites hídricos, térmicos y edáficos para ambas especies, los cuales posteriormente fueron trasladados a mapas de Honduras a escala de 1:500 000 obteniéndose así dos mapas de síntesis final, uno para cada especie. Sobre estos mapas las áreas quedaron delimitadas por los tres límites agroclimáticos; posteriormente estas áreas fueron clasificadas en tres categorías de potencial.

Para la metodología de Holdridge se revisó la información climática del habitat natural, de las regiones de introducción y el comportamiento del P. caribaea var. hondurensis y la T. grandis. Esta información se utilizó para determinar las zonas de vida en las cuales estas especies pueden crecer. Estas zonas de vida fueron luego localizadas en el mapa de zonas de vida de Honduras elaborado bajo el mismo sistema.

Con la metodología de Burgos se encontró que del área zonificada en Honduras aproximadamente 1 807 000 ha tienen un potencial alto

para la producción de pino hondureño, 3 465 750 ha tienen un potencial medio y 3 090 000 ha un potencial bajo.

Para la T. grandis se encontró que del área zonificada 721 750 ha tienen alto potencial, 1 862 750 ha medio y 427 000 ha bajo.

Con la metodología de Holdridge se encontró que la var. hondurensis, y la T. grandis crecen satisfactoriamente en las zonas de vida correspondientes al bosque húmedo subtropical, bosque muy húmedo subtropical y bosque húmedo tropical. Honduras cuenta con 5 030 410 ha de bosque húmedo subtropical y 6 019 150 ha de bosque muy húmedo subtropical.

7a. SUMMARY

The research was carried out utilizing two methodologies, one developed by Burgos and the other by Holdridge.

A review of climatic information of the natural habitats of both species and areas of introduction was necessary for the Burgos method of zonification. Hydric, thermic and edaphic limits, for both species were determined and transferred to a map of Honduras of a scale 1:500 000, resulting in maps of potential cultivation of each species. The potential was subdivided into three categories, high, medium and low.

The Holdridge method likewise required a review of the climatic data of the natural habitat of the two species and areas of introduction. This information was necessary to determine the life zones where the species are adapted. The life zones were later located on the ecological life zone map of Honduras elaborated by Holdridge and revised by Tossi in 1972.

Using the Burgos method it was determined that in Honduras approximately 1,807,000 ha have high production potential for Pinus caribaea var. hondurensis 3,465,750 ha have medium potential and 3,090,000 ha have low potential.

For Tectona grandis which is more restricted in habitat, it was determined that in Honduras 721,750 ha have a high production potential, 1,862,750 ha have a medium potential, and 427,000 ha have a low potential.

Applying the Holdridge method it was found that Pinus caribaea var. hondurensis and Tectona grandis grow satisfactorily in the following life zones: subtropical wet forest, subtropical moist forest, and tropical moist forest. Honduras has 5,030,410 ha of the first and 6,019,150 ha of the second life zones. The tropical moist forest life zone does not exist in Honduras.

8. LITERATURA CITADA

1. AGUILAR O., J. I. Pinus de Guatemala. La Aurora, Guatemala, Dirección General Forestal, 1961? 33 p.
2. ALPHENDE VEER, van et al. Teak cultivation in Java. In Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tropical Silviculture. Roma, 1957. v. 2, pp. 216-232.
3. ALTENA, A. C. van. Growth of caribbean and benguet pines in Northeastern Queensland. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 2, pp. 385-399.
4. ARGENTINA. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Estadísticas climatológicas 1941-1950. Buenos Aires, 1958. 161 p.
5. BACKER, C. y BAKHUIZEN, R. Flora de Java. Noorahaff, Netherlands, Groningen, 1965. 601 p.
6. BANIJBHATANA, B. Teak forest of Thailand. In Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tropical Silviculture. Roma, 1957. v. 2, pp. 193-205.
7. BARNARD, R. y BERERIDGE, A. Exotic trees in the Federation of Malaya. Kuala Lumpur, s.e., 1957. 39 p.
8. BARRET, W. y GOLFARI, L. Descripción de dos nuevas variedades de "pino del caribe" (Pinus caribaea M.). Caribbean Forester (Puerto Rico) 23(2):59-71. 1962.
9. \_\_\_\_\_. The growth of subtropical pines in Argentina. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 274-284.
10. BRASIL. SERVIÇO DO METEOROLOGIA. Normais climatológicas. Río de Janeiro, 1941. 167 p.
11. BRISCOE, C. e IBARRA, R. Increasing growth of established teak. Puerto Rico. Institute of Tropical Forestry. Note nº ITF 13. 1971. 7 p.
12. BRITISH HONDURAS. AGRICULTURAL DEPARTMENT. Annual report, 1955. s.l. 1956? 55 p.

13. BURGESS, L. P. Trials of exotic conifers on the North coast of New South Wales, Australia. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 373-384.
14. BURGOS, J. J. Observaciones meteorológicas y agrometeorológicas necesarias para la silvicultura tropical. In Seminario Inter-Regional en Agrometeorología Tropical, Maracay, 1960. Informe Final. Maracay, Venezuela, s.c. 1960. pp. 127-168.
15. \_\_\_\_\_. Elementos del balance hidrológico y los climas de Venezuela estimados por el método de Thornthwaite (1948-55). Agronomía Tropical (Venezuela) 15(1-4):244. 1965.
16. CAMERON, D. y CRACIUM, G. Early performance of Pinus caribaea M. and Pinus oocarpa Sch. in the Northern Territory of Australia. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 226-234.
17. CHE YEOM, F. Soil survey assessment for the extention of teak plantating in the Chuchok Valley, Mata Ayer Forest Reserve, Perlis. Malayan Forester 28(3):230-239. 1965.
18. COSTA RICA. SERVICIO METEOROLOGICO. Anuario climatológico, 1966. San José, 1969. 60 p.
19. \_\_\_\_\_. Anuario climatológico, 1968. San José, 1969. 40 p.
20. ESPINAL T., E. S. y MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia y mapa ecológico. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1963. 201 p.
21. GEARY, T. y ZAMBRANA, J. Comparative adaptability of conifers in Puerto Rico. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 226-234.
22. GENTILLI, J. Climates of Australia and New Zealand. In Landsberg, H. E., ed. World survey of climatology. Amsterdam, Elsevier, 1971. v. 13, 405 p.
23. GOLFARI, L. Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. Unasyuva 17(1):33-42. 1963.
24. \_\_\_\_\_. El balance hidrológico de Thornthwaite como guía para establecer analogías climáticas. I. Ejemplos de Pinus radiata D. Don. IDIA (Argentina) 17:43-90. 1966.

25. GONZALEZ, E. Climatología de Venezuela. Caracas, Venezuela, Servicio de Meteorología Agrícola, 1941. 160 p.
26. GRAY, K. M. Potential of Pinus caribaea M. var. hondurensis Barr. and Golf. in Jamaica. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 235-250.
27. GRIFFITHS, J. F. Climates of Africa. In World survey of climatology. Amsterdam, Elsevier, 1972. v. 10, 601 p.
28. HAIG, I., HUBERMAN, M. y AUNG, U. Silvicultura tropical. Roma, FAO, 1959. v. 1, pp. 76-114.
29. HOLDRIDGE, L. R. Mapa ecológico de Honduras con la clave de clasificación de vegetales del mundo. Honduras, AID, 1962. Esc. 1:1.000 000.
30. \_\_\_\_\_. Life zone ecology. Rev. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
31. HONDURAS. DIRECCION GENERAL DE RECURSOS FORESTALES. Informe 1955-1956. Tegucigalpa, 1956. pp. 15-25.
32. HONDURAS. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Almanaque hondureño, 1969. Tegucigalpa, 1969. s.p.
33. HORNE, J. Teak in Nigeria. Nigerian Forestry Information. Bulletin nº 16. 1961. 38 p.
34. HOUFFE, H. Inventario forestal complementario de los bosques de pinos (Pinus caribaea M.) de Poptún, Petén, Guatemala. Guatemala, s.c. 1969. 46 p.
35. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Informe de viaje de estudios e investigación a los países centroamericanos 1971-1972 de los estudiantes del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales. Turrialba, Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, 1972. 22 p.
36. ISOLAN, F. Estudio do qualidade de sitio para Pinus caribaea M. var. hondurensis Barr. e Golf. no cantão de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 83 p.
37. IYAMABO, D. E., JACKSON, J. K. y OJO, G. O. Pine trials in the savanna areas of Nigeria. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 200-212.

38. KADAMBI, K. Teak in India. In Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tropical Silviculture. Roma, 1957. v. 2, pp. 117-192.
39. KENDREW, W. G. The climates of the continents. 5 ed. London, Oxford University, 1961. 608 p.
40. KERMODE, C. Teak in Burma. In Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tropical Silviculture. Roma, 1957. v. 2, pp. 169-178.
41. LAMB, A. Teak in Trinidad. In Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tropical Silviculture. Roma, 1957. v. 2, pp. 179-186.
42. \_\_\_\_\_. Exotic forest trees in Trinidad and Tobago. Trinidad and Tobago, s.e., 1965. 24 p.
43. \_\_\_\_\_. Impressions of tropical pines and hardwoods in some Eastern countries. Oxford, s. e., 1966. 93 p.
44. LANNER, R. M. Growth and morphogenesis of pines in the tropics. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 126-135.
45. LOOCK, E. E. The pines of México and Honduras. Union of South Africa, Department of Forestry. Bulletin nº 35. 1947. 244 p.
46. LUNA, A. Algunas consideraciones acerca de la situación forestal de Honduras. Revista Forestal Venezuela 18:119-127. 1969.
47. MATTAPHOL, S. Teak in Thailand. Bangkok, Thailand, Royal Forest Department, 1954. 31 p.
48. Mc WILLIAM, J. Caribbean pine (Pinus caribaea M.) some notes on its development and characteristics in Central America. Queensland, Australia. Queensland Forest Service. Research Notes nº 4. 1956. pp. 2-33.
49. \_\_\_\_\_ y RICHARDS, B. Caribbean pine in Queensland (Pinus caribaea M.). Some notes on its behaviour and potentialities. Queensland, Australia, Queensland Forest Service. Research Notes nº 4. 1956. pp. 1-9.
50. MALUF, J. Zonificação ecológica de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. e Eucalyptus saligna Sm. para Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 154 p.

51. MENSBRUGE, G. de la. First results of introduction of pines in the lowland tropical zone of the Ivory Coast. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 213-225.
52. MELCHIOR, G. y QUIJADA, M. Preliminary results of species provenance trials of exotic conifers in Venezuela. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 251-263.
53. MOLINA, A. Coníferas de Honduras. Ceiba (Honduras) 10(1): 5-21. 1964.
54. MUSALEM, M. A. Estudio del comportamiento de Pinus caribaeae Morelet en el trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 108 p.
55. NAIR, P. Preliminary trials with tropical conifers in Kerala State. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 302-317.
56. NIKLES, D. G. A 15-years provenance study of Pinus caribaeae M. in subtropical coast lowlands of Queensland, Australia. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 2, pp. 400-417.
57. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Métodos de plantación de bosques en el Africa tropical. Roma, FAO, 1957. 333 p.
58. \_\_\_\_\_. Elección de especies arbóreas para plantación. Roma, FAO, 1957. pp. 323-337.
59. \_\_\_\_\_. Métodos de plantación de bosques en el Africa Tropical. Roma, FAO, 1957. 333 p.
60. \_\_\_\_\_. ~~The~~ planting practices in tropical Asia. Roma, FAO, 1957. pp. 760-763.
61. \_\_\_\_\_. Elección de especies arbóreas para plantación. Roma, FAO, 1959. 375 p.
62. \_\_\_\_\_. Prácticas de plantación en América Latina. Roma, FAO, 1960. 498 p.

63. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Uso potencial de la tierra. V. Honduras. Informe. Roma, FAO, 1967. 22 p.
64. \_\_\_\_\_. Reconocimiento de los bosques de pinos de Honduras; informe final. Roma, FAO, 1968. 77 p.
65. PAPADAKIS, J. Climates of the world. Buenos Aires, s.e., 1961. 175 p.
66. POITON, R. J. Notes on exotic forest trees in South Africa. New Zealand, Pretoria, 1957. pp. 62-135.
67. RAERS, G. Informe preliminar acerca de la Tectona grandis L. en la estación de Barinitas, Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (Venezuela) 18:29-40. 1965.
68. RODRIGUEZ, R. Observaciones sobre silvicultura tropical en la Isla de Trinidad. Caracas, s. e. Boletín Forestal (Venezuela) nº 6:21-52. 1964.
69. SIMPSON, G. et al. World weather records 1921-1930. Washington, D. C., Baltimore, 1934. 616 p.
70. SUDAN FOREST DEPARTMENT. Report for the period July 1953 to June 1954. S.R., 1954. 81 p.
71. TAYLER, B. W. The status and development of the Nicaragua pine savanas. Caribbean Forester (Puerto Rico) 23(1):21-26. 1969.
72. THORNTHWAITTE, W. y KENNETH, F. La clasificación climatológica en dasonomía. Unasylya 9(2):55-63. 1955.
73. US. DEPARTMENT OF COMMERCE. World weather records 1951-1960, Africa. Washington, D. C., 1967. v. 5, 544 p.
74. \_\_\_\_\_. World weather records 1951-1960, Asia. Washington, D. C., 1967. v. 4, 576 p.
75. \_\_\_\_\_. World weather records 1951-1960, South America, Central America, West Indies, the Caribbean and Bermuda. Washington, D. C., 1967. v. 3. 355 p.
76. VALDERRAMA, L. et al. Reconocimiento forestal del Departamento de Cundinamarca. Bogotá, Instituto Geográfico, 1964. pp. 9-14.
77. VENEZUELA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA. Anuario climatológico 1962. Caracas, 1962. 158 p.

78. VINCENT, A. Plantation teak (Tectona grandis L.) sample plot perlis n<sup>o</sup> 1 Mata Ayer forest reserve. Malayan Forester 27(2):148-170. 1964.
79. \_\_\_\_\_. Plantaciones de Pinus caribaea M. var. hondurensis en Surinam. Revista Forestal Venezolana 19-20:27-61. 1970.
80. \_\_\_\_\_, y MANG, M. Growth of Pinus caribaea M. var. hondurensis Barr. y Golf. in Fiji. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 351-365.
81. VOLKART, C. Especies de pinos de buenas posibilidades para la Provincia Argentina de Misiones. Turrialba 14(1):29-37. 1964.
82. WHITMORE, J. y GEARY, T. Pinus merkusii J. and the various provenance trials in Puerto Rico. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 161-173.
83. WRIGTH, J. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Roma, FAO, 1964. pp. 286-287.

9. A P E N D I C E

Cuadro 1. Información climática\* del hábitat natural de Pinus caribaea var. hondurensis (metodología Burgos).

No	Estaciones meteorológica	País	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	ETP	Temperaturas °C		No	
										Máximas	Mínimas		Media anual
1	Cow Creek	Belize	6	16° 33' N	88° 25' W	3069	1986	139	1222	--	--	26,1	1
2	False Creek	"	15	17° 15' N	88° 20' W	2936	1827	113	1222	--	--	26,3	2
3	Pomona S. Creek	"	70	16° 50' N	88° 30' W	2881	1794	135	1222	--	--	26,5	3
4	Stann Creek	"	105	17° 2' N	88° 25' W	1462	443	203	1222	--	--	26,0	4
5	Sann Creek	"	14	16° 48' N	88° 28' W	2551	1509	180	1222	--	--	26,0	5
6	Melinda Farm	"	94	16° 46' N	88° 16' W	2698	1616	140	1222	--	--	25,6	6
7	New Farm	"	83	17° 19' N	88° 50' W	3350	2238	110	1222	--	--	25,6	7
8	San Antonio	"	30	17° 10' N	88° 45' W	2795	1604	159	1350	--	--	25,6	8
9	Punta Gorda	"	30	16° 13' N	88° 28' W	3429	2152	73	1350	--	--	26,2	9
10	Punta Gorda	"	23	16° 17' N	88° 10' W	3457	2224	117	1350	--	--	25,7	10
11	Luckistrike	"	5	17° 30' N	81° 11' W	1592	714	62	940	--	--	25,5	11
12	Maskalls	"	5	17° 15' N	81° 50' W	1831	973	82	940	--	--	26,5	12
13	Half Moon	"	15	17° 11' N	81° 25' W	1089	236	87	940	--	--	26,0	13
14	Belize	"	11	17° 5' N	81° 14' W	2427	1528	41	940	--	--	26,3	14
15	Belize	"	18	16° 15' N	81° 4' W	1735	269	164	1680	--	--	25,5	15
16	Belize	"	16	17° 45' N	81° 43' W	3064	1674	1	1391	--	--	25,0	16
17	Juigalpa	Honduras	395	14° 46' N	86° 15' W	1323	0	531	1854	--	--	25,6	17
18	Sn. Esteban	"	372	15° 17' N	85° 52' W	1056	0	428	1487	34,5	8,0	22,1	18
19	Pto. Lempira	"	13	15° 13' N	83° 47' W	2779	1278	33	1536	32,7	19,3	26,6	19
20	Catamos	"	442	14° 45' N	85° 56' W	1325	0	581	1906	37,3	23,1	28,8	20
21	San Lorenzo	"	8	15° 25' N	87° 27' W	1395	142	790	2043	--	--	25,1	21
22	Poptún	Guatemala	475	16° 20' N	89° 25' W	1688	307	129	1510	34,5	13,1	24,4	22
23	Puerto Isabel	Nicaragua	5	13° 21' N	83° 43' W	3862	1908	77	1971	--	--	26,5	23
24	Puerto Cabezas	"	7	14° 01' N	83° 22' W	3324	1461	105	1968	--	--	26,4	24

\* Calculada con balance hídrico propuesto por Thornthwaite.

Cuadro 2. Información climática\* de lugares de introducción de Pinus caribaea var. nondurensis (metodología Burros)

Nº	Estaciones meteorológicas	País	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	ETP	Temperaturas °C			
										Absolutas	Máximas	Mínimas	Media anual
1	Kigoma	Tanzania	882	4º 53' S	29º 38' E	977	82	295	1190	37,0	13,0	23,5	1
2	Mtwara	"	113	10º 16' S	41º 11' E	1159	116	405	1448	35,0	15,0	26,0	2
3	Morogo	"	579	6º 51' S	37º 40' E	892	10	694	1586	37,0	9,0	24,5	3
4	Dor-Es-Saloan	"	14	6º 50' S	39º 18' E	1179	160	223	1242	35,0	15,0	21,0	4
5	Mombasa	Kenya	55	4º 21' S	39º 37' E	1191	107	224	1308	37,0	14,0	26,5	5
6	Nairobi	"	1789	1º 18' S	36º 45' E	1066	38	151	1179	30,0	2,0	18,0	6
7	Dovola	Cameroons	11	4º 1' S	9º 43' E	4150	2984	36	1202	36,0	19,0	26,3	7
8	Beitbridge	Rodesia	456	22º 13' S	30º 0' E	338	0	1416	1754	44,0	-1,0	22,5	8
9	Eschowe	Africa del Sur	696	31º 35' S	28º 47' E	654	0	750	1404	43,0	-6,0	17,0	9
10	Pto. Elizabeth	"	58	33º 59' S	25º 36' E	632	0	320	952	33,0	1,0	16,5	10
11	Durban	"	5	29º 50' S	31º 2' E	1003	74	48	977	42,0	4,0	22,0	11
12	Nelspruit	"	665	25º 27' S	30º 58' E	805	0	618	1423	42,0	-2,0	16,5	12
13	Rockhamton	Australia	11	23º 24' S	150º 30' E	888	0	341	1227	42,2	0,4	22,9	13
14	Toowoomba	"	585	27º 53' S	151º 58' E	1004	28	17	993	40,6	-5,6	16,9	14
15	Brisbane	"	42	27º 28' S	153º 02' E	1093	0	98	1191	43,2	-4,9	24,0	15
16	Tambo	"	294	24º 52' S	146º 16' E	519	0	402	921	46,6	-7,2	21,0	16
17	El Dorado	Argentina	160	26º 23' S	54º 40' W	1590	43	32	1579	40,0	-6,0	20,1	17
18	Loreto	"	163	27º 21' S	55º 30' W	1738	220	14	1532	40,8	-6,6	20,5	18
19	Posadas	"	111	27º 23' S	55º 54' W	1717	180	20	1557	41,0	-2,3	21,2	19
20	Puerto Iguazú	"	158	25º 36' S	54º 34' W	1440	0	254	1694	41,0	-4,0	20,3	20
21	Concordia	"	37	31º 23' S	58º 23' W	1226	0	192	1226	43,1	-4,8	19,0	21
22	Bella Vista	"	66	28º 26' S	58º 55' W	1043	0	358	1401	43,1	-1,5	20,7	22
23	Sao Simao	Sao Paulo	640	21º 29' S	43º 33' W	1485	246	306	1545	37,2	3,6	21,6	23

Cont. Cuadro 2.

Nº	Estaciones meteorológicas	País	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	EVP	Temperaturas °C			Nº
										Máximas	Mínimas	Media anual	
26	Avoré	Sao Paulo	756	23° 08' S	49° 06' W	1091	0	364	1455	25,9	-0,2	19,0	26
27	Brotas	"	630	42° 16' S	48° 04' W	1417	451	134	1120	28,6	-1,0	16,0	27
28	Ribeira Preto	"	556	21° 10' S	47° 48' W	1305	32	385	1748	40,0	-1,5	21,2	28
29	Observ. Reg.	"	820	23° 33' S	46° 38' W	1424	424	40	1040	34,4	-2,0	17,6	29
30	Mattao	"	560	21° 56' S	48° 50' W	1302	0	408	1710	29,9	-0,5	20,5	30
31	Paxina	"	690	23° 57' S	48° 52' W	1238	0	216	1454	28,5	-3,0	10,5	31
32	Santa Rita	"	581	20° 1' S	45° 45' W	1406	242	462	1762	40,0	0,3	23,2	32
33	Rio Claro	"	617	22° 26' S	47° 33' W	1342	111	103	1424	37,0	-1,8	20,7	33
34	Araras	"	610	22° 28' S	47° 23' W	1245	40	237	1442	36,5	0,6	18,6	34
35	Campinas	"	628	22° 54' S	47° 11' W	1390	173	156	1382	36,7	0,2	19,2	35
36	San Carlos	Costa Rica	656	10° 17' N	84° 26' W	4554	3301	0	1273	30,2	17,0	23,0	36
37	Greccia	"	909	10° 4' N	84° 19' W	3407	2286	361	1437	31,9	16,5	25,6	37
38	Juan Viñas	"	1165	0° 34' N	83° 44' W	3043	2934	0	1000	--	--	20,3	38
39	Peralta	"	268	0° 58' N	83° 32' W	2921	1524	0	1297	27,2	14,1	22,1	39
40	Santa Ana	"	905	0° 52' N	84° 01' W	1549	103	314	1460	29,6	14,8	23,1	40
41	San Isidro del General	"	703	9° 22' N	83° 40' W	2030	1610	108	1519	30,2	16,5	23,0	41
42	Simuirres	"	62	10° 6' N	83° 30' W	3510	2061	0	1440	33,0	15,0	24,7	42
43	Turrialba	"	602	0° 53' N	83° 38' W	2403	1122	2	1230	29,6	14,9	22,1	43

\* Cálculos con el balance hídrico promediado por el Observatorio.

Cuadro 3. Información climática\* del hábitat natural de *Tectona grandis* (metodología Burgos).

Nº	Estaciones meteorológicas	País	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	ETP	Temperaturas OC			Nº
										Máximas	Mínimas	Media anual	
1	Uttaradit	Tailandia	775	13º 45' N	98º 14' E	1544	259	817	2114	40,2	15,7	27,8	1
2	Mc-Honcsorn	"	94	13º 10' N	98º 95' E	1193	169	608	1632	35,6	15,7	26,4	2
3	Phechafoon	"	49	15º 61' N	102º 30' E	1305	66	652	1872	36,0	17,3	25,2	3
4	Ptsanuloke	"	87	16º 45' N	100º 42' E	1306	114	672	1830	36,2	16,8	28,3	4
5	Chiengrai	"	125	17º 40' N	97º 61' E	1920	712	534	1760	35,8	13,5	25,0	5
6	Chienmai	"	313	18º 47' N	98º 51' E	1306	35	590	1859	36,8	17,7	25,9	6
7	Djakarta	Indonesia	8	8º 30' S	106º 30' E	1760	238	174	1696	36,7	18,0	26,9	7
8	Sukabaya	"	5	7º 50' S	108º 15' E	1837	435	326	1737	--	--	27,1	8
9	Mupang	"	2	8º 10' S	105º 40' E	1297	290	655	1662	--	--	27,0	9
10	Madras	India	16	13º 00' N	80º 11' E	1185	63	621	1760	--	--	28,5	10
11	Bombay	"	15	19º 7' N	78º 51' E	2709	2020	503	1190	--	--	26,8	11
12	Mongalore	"	22	12º 52' N	74º 41' E	3587	2540	344	2200	--	--	27,1	12
13	Trincomalee	Ceylon	7	8º 35' N	81º 15' E	1653	645	172	1180	--	--	28,2	13
14	Rancón	Birmania	23	16º 42' N	96º 10' E	2547	1720	523	1400	--	--	27,2	14

\* Calculada con el balance hídrico propuesto por Thornthwaite.

Cuadro 4. Información climática\* de lugares de introducción de *Tectona grandis* (metodología Burgos).

NQ	Estaciones meteorológicas	País	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	ETP	Temperaturas °C			
										Absolutas		Media anual	
										Máximas	Mínimas		
1	Katire	Sudán	175	10° 25' N	38° 14' E	1519	245	606	1070	43,0	11,0	26,3	1
2	Nyin Akok	"	225	15° 20' N	36° 27' E	1023	0	054	1000	53,0	10,0	25,3	2
3	Tanga	Tanzania	25	2° 20' S	40° 10' E	988	107	204		25,0	15,0	26,4	3
4	Mochi	"	45	5° 50' S	39° 13' E	930	82	295	1800	27,1	15,6	25,4	4
5	Ilorin	Nigeria	100	8° 25' N	2° 40' E	1416	453	601	1330	37,0	17,0	26,5	5
6	Enurú	"	140	2° 45' N	7° 23' E	660	644	260	1300	37,0	17,0	26,7	6
7	Enugú	"	140	8° 28' N	2° 33' E	1204	426	140	1300	37,0	15,0	21,0	7
8	Calabar	"	120	2° 10' N	6° 41' E	3020	0	738	1308	26,8	12,1	26,2	8
9	Lagos	"	3	6° 27' N	3° 24' E	1626	476	102	1202	36,0	14,0	23,5	9
10	Maidnouri	"	350	11° 51' N	13° 51' E	662	0	1740	2411	44,0	6,0	14,0	10
11	Kano	"	470	12° 31' N	8° 30' E	973	11	1047	2100	33,0	10,0	15,1	11
12	Socoto	"	345	13° 11' N	5° 15' E	670	0	1202	2372	42,0	7,0	13,3	12
13	Monibasa	Kenya	55	4° 21' S	39° 27' E	1101	107	204	1308	29,0	14,0	23,0	13
14	Accra	Ghana	65	5° 36' N	0° 10' W	986	0	474	1260	28,0	16,0	26,4	14
15	Kintomno	"	320	8° 31' N	1° 53' W	1567	186	295	1255	47,0	10,0	25,6	15
16	Barinitas	Venezuela	505	8° 45' S	7° 00' W	1058	663	132	1128	24,0	18,3	21,4	16
17	San Cristóbal	"	300	10° 30' N	7° 00' W	2201	1007	26	1924	31,4	12,6	21,5	17
18	Naturín	"	182	2° 17' S	81° 27' W	1154	0	1160	2214	--	--	--	18
19	Pampanito	"	1230	0° 15' S	7° 00' W	952	0	1114	2060	23,1	10,0	25,3	19
20	Araure	"	200	0° 36' S	1° 00' W	1421	202	557	1204	27,8	20,5	26,3	20
21	Sáenz Peña	Argentina	91	26° 52' S	6° 00' W	923	0	224	1226	43,0	-6,3	21,3	21
22	Colonia Castelli	"	111	25° 52' S	3° 00' W	904	0	060	1276	43,0	-5,0	21,4	22
23	Nueva Pompeya	"	157	24° 55' S	61° 20' W	595	0	1540	2135	45,7	-10,5	22,3	23
24	Pto. Iguazú	"	158	25° 36' S	34° 34' W	1440	0	234	1684	41,0	-4,0	20,3	24
25	Posadas	"	111	27° 23' S	35° 50' W	1717	180	20	1552	41,0	-2,3	21,0	25

Cont. Cuadro 4.

Nº	Estaciones meteorológicas	País	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	Temperaturas °C			
									Máximas	Mínimas	Media anual	
26	Loreto	Argentina	163	27° 21' S	55° 30' W	1739	220	14	40,8	-6,6	20,5	26
27	El Dorado	"	160	26° 23' S	54° 40' W	1500	47	32	40,0	-6,0	20,1	27
28	Queenos	Costa Rica	5	0° 26' N	84° 01' W	3853	2205	48	32,1	21,0	26,0	28
29	Santa Cruz	"	96	10° 16' N	85° 37' W	1078	641	723	34,0	20,0	27,7	29
30	La Cruz	"	225	11° 51' N	85° 50' W	1846	413	435	33,0	19,9	25,5	30
31	Filadelfia	"	17	10° 26' N	85° 35' W	1747	390	746	33,0	19,0	24,8	31
32	La Lola	"	39	10° 6' N	83° 25' W	3246	1759	0	30,0	18,0	24,8	32
33	Siquirres	"	62	10° 6' N	83° 30' W	3510	2091	0	30,1	18,3	24,5	33
34	Turrialba	"	610	0° 53' N	83° 38' W	2403	1173	2	27,1	17,0	22,4	34
35	Amabala	Honduras	69	15° 03' N	87° 50' W	2054	527	203	32,8	15,0	25,4	35
36	Blanco	"	354	15° 03' N	87° 57' W	1441	113	120	32,8	15,0	24,7	36
37	Finca 10	"	34	15° 17' N	87° 54' W	1595	190	128	35,0	15,6	--	37
38	Finca 11	"	35	15° 15' N	87° 55' W	1502	111	149	35,0	15,6	--	38

\* Calculada con el balance hídrico propuesto por Thornthwaite.

Cuadro 5. Información climática de la Vertiente Atlántica de Honduras calculada con balances hídricos\*.

Nº	Estaciones meteorológicas	Altitud (m s.n.m.)	Latitud (N)	Longitud (W)	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	EYP	Temperaturas °C			Nº
									Absolutas		Media	
									Máximas	Mínimas	anual	
1	Agua Azul, Cortés	646	14º 51'	87º 16'	2697	1323	71	1438	37,8	15,0	26,3	1
2	Agua Caliente, Fco. Morazán	555	14º 51'	88º 00'	1272	62	242	1432	32,5	8,0	22,6	2
3	Amapala, Cortés	69	15º 03'	87º 59'	1852	527	203	1526	37,8	15,0	25,4	3
5	Blanco, Cortés	354	15º 02'	87º 57'	1441	113	180	1510	37,8	15,0	25,7	5
6	Buena Vista, Yoró	28	15º 23'	87º 50'	1515	136	160	1539	35,0	15,6	---	6
8	Colón, Cortés	61	15º 42'	87º 49'	2141	646	27	1522	37,8	15,0	26,1	8
9	Ias Moras, La Paz	1829	14º 13'	87º 50'	1522	484	224	1262	---	---	---	9
10	Campana, Cortés	5	15º 49'	87º 51'	2693	1250	95	1538	37,8	15,0	27,0	10
15	Colonia 21 Oct. Fco. Morazán	1005	14º 07'	87º 11'	1349	372	415	1392	32,5	8,0	21,7	15
16	Comali, Choleteca	941	13º 24'	86º 51'	761	0	645	1406	40,0	19,4	28,2	16
17	Comayagua, Ciudad	579	14º 25'	87º 38'	822	0	688	1460	37,0	16,9	24,5	17
18	Coyoles, Yoró	305	15º 29'	86º 41'	912	0	588	1498	35,0	15,6	---	18
24	El Coyoles, Comayagua	900	14º 17'	87º 32'	879	0	565	1444	33,1	16,0	24,6	24
25	El Jacal, Cortés	640	14º 54'	88º 53'	3071	1641	36	1466	37,8	15,0	23,1	25
26	El Mochito, Santa Bárbara	633	14º 50'	96º 06'	2259	966	174	1444	---	---	---	26
27	El Negrito, Yoró	305	15º 16'	87º 41'	1101	0	381	1482	35,0	15,6	26,3	27
28	El Picacho, Fco. Morazán	1358	14º 07'	87º 12'	921	0	414	1334	32,5	8,0	22,3	28
30	El Taladro, Comayagua	567	14º 25'	87º 41'	932	0	536	1468	32,6	18,0	25,0	30
31	El Zamorano, Fco. Morazán	793	14º 00'	87º 02'	1120	0	369	1489	32,5	8,0	22,1	31
33	Finca 10, Yoró	34	15º 17'	87º 50'	1595	190	128	1533	35,0	15,6	---	33
34	Finca 11, Yoró	35	15º 15'	87º 55'	1502	111	149	1540	35,0	15,0	---	34
38	Flores, Comayagua	914	14º 15'	87º 34'	873	0	521	1394	33,7	15,2	23,7	38
41	Guanacastal, Cortés	11	13º 40'	87º 50'	1872	396	64	1540	37,8	15,0	25,3	41
42	Guanaja, Isla Bahía	2	16º 28'	85º 54'	2308	812	58	1544	33,9	19,5	27,1	42
43	Guaruma 3, Cortés	36	15º 22'	82º 50'	1332	0	200	1532	37,8	15,0	28,6	43
50	Hda. El Sauce, Sta. Bárbara	650	14º 51'	88º 05'	3874	2451	31	1454	---	---	---	50
54	Indiana, Cortés	23	15º 27'	87º 52'	1416	33	151	1534	37,8	15,0	26,0	54
55	Jutiapa, Atlántida	23	15º 47'	86º 34'	1824	499	157	1532	34,4	14,0	25,3	55
57	La Ceiba, Atlántida	8	15º 47'	86º 50'	2617	1098	10	1529	34,4	14,0	25,6	57
58	La Esperanza, Intibuca	1980	14º 16'	88º 10'	1462	495	91	1338	31,0	17,0	25,4	58

\* Metodología de Thornthwaite.

Cont. Cuadro 5.

No	Estaciones meteorológicas	Altitud (m s.n.m.)	Latitud (N)	Longitud (W)	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	ETP	Temperaturas 9C			No
									Absolutas		Media anual	
									Máximas	Mínimas		
60	La Florida, Intibuca	600	14º 26'	87º 58'	1006	0	452	1458	31,0	17,0	25,6	60
61	La Labor Ocotepeque	993	14º 29'	89º 00'	1261	103	232	1400	--	--	--	61
64	La Mesa, Cortés	26	13º 27'	87º 56'	1191	0	349	1540	37,8	15,0	25,5	64
65	La Paz, La Paz	667	14º 17'	87º 40'	921	0	463	1452	--	--	--	65
66	Laurel, Cortés	18	15º 31'	87º 50'	1455	37	134	1532	37,8	15,0	26,2	66
67	La Venta, Fco. Morazán	900	14º 18'	87º 10'	1054	0	380	1434	32,5	8,0	22,6	67
69	Los Indios, Yoro	21	15º 28'	87º 49'	1488	82	126	1530	35,0	15,6	--	69
72	Los Planos, Colón	69	15º 37'	86º 24'	1081	500	51	1532	--	--	--	72
73	Los Puentes, Choluteca	34	13º 12'	87º 25'	2120	246	356	1530	40,0	19,4	28,3	73
74	Llano, Cortés	44	15º 07'	87º 51'	1337	59	242	1520	37,8	15,0	27,0	74
76	Marcha, La Paz	1219	14º 07'	88º 00'	1395	303	354	1356	--	--	--	76
77	Melchor, Atlántida	8	15º 43'	87º 46'	2224	724	32	1532	34,4	14,0	24,9	77
80	Monterrey, Cortés	20	15º 30'	87º 48'	1620	177	103	1546	37,8	15,0	27,1	80
81	Mapala, Cortés	25	15º 26'	87º 51'	1554	164	130	1520	37,8	15,0	27,0	81
82	Marareli, El Paraíso	616	14º 08'	86º 55'	663	0	815	1478	--	--	--	82
84	Naranjo Chino, Yoro	23	15º 27'	87º 50'	1522	107	123	1538	35,0	15,6	--	84
85	Nispero, Cortés	6	15º 42'	87º 48'	2865	1342	13	1536	37,8	15,0	25,3	85
88	Olanchito, Yoro	274	15º 29'	86º 34'	1015	0	483	1498	35,0	15,0	27,7	88
93	Pozo La Leiba, Fco. Morazán	630	14º 15'	87º 01'	338	0	1093	1430	32,5	8,0	22,5	93
94	Paujil, Yoro	12	15º 35'	87º 45'	1720	278	97	1539	35,0	15,0	--	94
97	Perdiz, Yoro	13	15º 35'	87º 44'	1830	363	73	1536	35,0	15,6	--	97
98	Pespire, Choluteca	68	13º 43'	87º 22'	1375	201	358	1530	40,0	19,4	28,0	98
99	Pito Solo, Comayagua	639	14º 43'	88º 00'	3115	1685	18	1448	37,0	16,9	24,6	99
102	Puente Pimiento, Colón	60	15º 17'	87º 59'	1293	4	235	1522	37,8	15,0	--	102
103	Puerto Costilla	31	16º 02'	86º 01'	2751	1281	68	1538	--	--	--	103
104	Puerto Cortés, Cortés	1	15º 48'	87º 56'	3009	1516	43	1536	37,8	15,0	27,6	104
105	Pto. Lemnira, Gracias a Dios	13	15º 13'	83º 47'	2779	1278	35	1536	35,0	16,1	26,7	105
106	Rio Blanco, Santa Bárbara	260	15º 11'	89º 31'	1502	147	145	1500	--	--	--	106
108	Ruinas Copán, Cobán	564	14º 50'	89º 09'	1402	232	31	1468	31,0	5,0	21,6	108
110	Sabana Grande, Fco. Morazán	1020	13º 49'	87º 16'	1245	24	261	1482	32,5	8,0	21,7	110
112	San Esteban, Olancho	372	15º 17'	85º 52'	1056	0	428	1484	34,5	13,1	24,6	112

Cuadro 6. Información climática de la vertiente Pacífica de Honduras calculada con balances hídricos\*.

NQ	Estaciones Meteorológicas	Altitud (m s.n.m.)	Latitud (N)	Longitud (W)	Precipitación (mm)	Exceso (mm)	Deficiencia (mm)	ETP	Temperaturas QC			
									Absolutas		Media anual	
									Máximas	Mínimas		
4	Amapola, Valle	5	13° 17'	87° 39'	2054	720	636	1970	40,1	20,0	28,8	4
11	Compin, Cortés	29	15° 21'	87° 52'	1472	0	473	1977	37,8	15,0	26,3	11
12	Cañaveral, Cortés	499	14° 57'	88° 02'	2995	1344	145	1796	37,8	15,0	25,8	12
13	Catamós, Olancho	442	14° 34'	85° 56'	1325	0	581	1906	34,3	13,1	24,4	13
20	Chumbagua, Santa Bárbara	304	15° 15'	88° 28'	1428	0	562	1990	--	--	--	20
21	Danli, El Paraíso	767	13° 51'	86° 33'	1298	30	430	1698	--	--	--	21
22	Dulce Nombre, Copán	1022	14° 50'	88° 50'	1400	150	346	1596	31,0	5,0	20,6	22
23	El Cajón, Cortés	280	15° 03'	87° 40'	1556	89	437	1884	37,8	15,0	27,2	23
29	El Sauce, Fco. Morazán	1318	13° 51'	87° 13'	1082	1	439	1520	32,5	8,0	22,1	29
37	Finca 18, Yoro	39	15° 13'	87° 54'	1667	61	366	1972	35,0	15,6	--	37
39	Florida, Copán	480	15° 02'	88° 50'	1277	0	511	1788	31,0	5,0	22,1	39
40	Gracias, Lempira	793	14° 35'	88° 34'	1261	33	459	1686	--	--	--	40
45	Guaymas, Yoro	14	15° 33'	87° 43'	1975	209	220	1986	35,0	15,6	--	45
47	Hda. Harchaga, Fco. Morazán	860	14° 17'	87° 18'	1081	0	591	1672	32,5	8,0	23,1	47
49	Hda. El Porvenir, Choluteca	356	13° 15'	87° 04'	1800	492	498	1550	40,0	19,4	28,3	49
51	Hda. Los Conos, Fco. Morazán	1250	14° 09'	87° 03'	1565	298	261	1528	32,5	8,0	22,6	51
53	Higuerito, Cortés	38	15° 09'	87° 55'	1456	0	512	1468	37,8	15,0	26,1	53
56	Juticalpa, Olancho	395	14° 46'	86° 15'	1323	0	531	1854	34,5	13,1	24,7	56
59	La Fragua, Yoro	13	15° 38'	87° 48'	1802	135	327	1994	35,0	15,6	--	59
62	La Lima, Cortés	31	15° 24'	87° 57'	1184	0	794	1978	37,8	15,0	26,5	62
71	Los Limones, Cortés	20	15° 30'	87° 50'	1400	0	580	1980	37,8	15,0	25,4	71
86	Nueva Ocotepeque	793	14° 26'	89° 10'	1306	113	498	1687	--	--	24,3	86
87	Nueva Rosita, Fco. Morazán	1177	14° 13'	87° 05'	1464	171	261	1522	32,5	8,0	23,0	87
89	Oliva, Cortés	39	15° 05'	87° 55'	1412	0	566	1978	37,8	15,0	26,5	89
91	Acropolis, El Paraíso	495	15° 48'	86° 49'	842	0	962	1804	--	--	--	91
100	Guacerrigüe, Fco. Morazán	935	14° 06'	87° 12'	1157	0	485	1642	32,5	8,0	22,6	100
101	Progreso, Yoro	30	15° 21'	87° 58'	1554	0	524	2078	35,0	15,6	--	101
111	San Antonio, El Porvenir	788	13° 43'	86° 53'	1156	0	536	1692	--	--	--	111
113	San Juan, Cortés	28	15° 21'	87° 50'	1154	0	822	2512	37,8	15,0	26,5	113

\* Metodología de Thornthwaite.

Cuadro 7. Información climática del habitat natural de Pinus caribaea var. hondurensis  
(metodología Holdridge).

Nº	Estaciones meteorológicas	Países	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Temperaturas °C		Nº
							Media anual	Bio-temperatura*	
1	Listowel	Belize	85	17º 19' N	88º 30' W	1675	26,6	20,3	1
2	Cayo Town	"	115	17º 25' N	89º 5' W	1675	25,6	20,5	2
3	Benque Viejo	"	230	17º 5' N	89º 10' W	1675	25,6	20,1	3
4	Central Farm	"	45	16º 40' N	88º 25' W	1675	25,6	21,0	4
5	Augustine Cayo	"	225	16º 45' N	89º 10' W	1675	25,6	20,4	5
6	Roaring Creek	"	70	17º 10' N	89º 5' W	1675	25,6	20,6	6
7	Norland	"	105	17º 5' N	89º 7' W	1675	25,6	20,0	7
8	Boon Belize	"	40	17º 30' N	88º 35' W	2000	25,6	20,8	8
9	Pto. Cabezas	Nicaragua	7	14º 1' N	83º 22' W	3124	26,4	20,8	9
10	Puerto Isabel	"	5	13º 21' N	83º 43' W	3110	26,5	20,4	10
11	Slima Sia	"	80			2825	26,7	20,2	11
12	Poptun, Petén	Guatemala	475	16º 20' N	89º 25' W	1690	25,3	23,7	12
13	Pto. Lempira	Honduras	13	15º 13' N	83º 47' W	2779	26,6	23,3	13
14	Catamás	"	448	14º 54' N	85º 56' W	1325	24,4	23,1	14
15	Juigalpa	"	395	14º 46' N	86º 15' W	1323	24,8	23,5	15
16	San Esteban	"	5	15º 17' N	85º 52' W	1056	25,0	23,4	16
17	Brus Laguna	"	5	15º 47' N	84º 53' W	2654	26,0	23,7	17

\* Metodología de Holdridge.

Cuadro 8. Información climática de los lugares de introducción de Pinus caribaea var. hondurensis  
(metodología Holdridge).

Nº	Estaciones meteorológicas	Países	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Temperaturas °C		Nº
							Media anual	Bio-temperatura*	
1	Durban	Africa del Sur	5	29º 50' S	31º 2' E	993	20,6	20,6	1
2	Port Elizabeth	"	58	33º 58' S	25º 37' E	550	17,8	17,8	2
3	Pietermaritzburg	"	740	29º 36' S	30º 23' E	925	19,4	19,4	3
4	Dukuduku	"	66	30º 15' S	27º 35' E	950	20,0	20,0	4
5	East London	"	125	33º 2' S	27º 50' E	933	18,0	18,0	5
6	Mombaga	Kenya	55	4º 2' S	39º 37' E	988	26,4	25,7	6
7	Garissa	"	128	0º 29' S	39º 38' E	335	28,1	25,5	7
8	Aborg Mbang	Cameroon	694	3º 58' N	13º 12' E	1664	23,2	23,2	8
9	BA F/A	"	501	4º 44' N	11º 15' E	1504	25,0	24,8	9
10	Bataurí	"	55	4º 25' N	14º 24' E	988	26,4	25,7	10
11	El Dorado	Argentina	160	26º 25' S	54º 40' W	1590	20,1	20,1	11
12	Loreto	"	163	27º 21' S	55º 30' W	1738	20,5	20,5	12
13	Concordia	"	37	31º 23' S	58º 83' W	1225	19,0	19,0	13
14	Sao Simao	Brasil	640	21º 29' S	47º 33' W	1468	21,6	21,6	14
15	Turrialba	Costa Rica	620	9º 53' N	83º 41' W	2500	22,4	22,4	15
16	Juan Viñas	"	1165	9º 54' N	83º 44' W	2173	20,3	20,3	16
17	Ciudad Quesada	"	656	10º 17' N	84º 26' W	4564	23,3	23,3	17
18	San Isidro del General	"	703	9º 22' N	83º 44' W	2963	23,0	23,0	18

\* Metodología de Holdridge.

Cuadro 9. Información climática del habitat natural de Tectona grandis (metodología Holdridge).

Nº	Estaciones meteorológicas	Países	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Temperatura °C		Nº
							Media anual	Bio-temperatura*	
1	Bombay	India	15	19° 7' N	72° 51' E	2709	26,8	21,4	1
2	Bombay/Calaba	"	11	18° 54' N	72° 49' E	2369	27,5	18,6	2
3	Bombay/Santa Cruz	"	15	19° 7' N	72° 51' E	2709	26,8	21,4	3
4	Pomban	"	11	9° 16' N	79° 18' E	875	27,9	23,2	4
5	Agrá	"	169	27° 10' N	78° 2' E	868	25,7	15,3	5
6	Madrás	"	16	13° 0' N	80° 11' E	1185	28,5	14,6	6
7	Mangalore	"	22	12° 52' N	74° 51' E	3387	27,2	23,4	7
8	Banckok	Tailandia	12	13° 44' N	100° 30' E	1531	28,0	20,0	8
9	Aranyaprothet	"	44	13° 42' N	102° 35' E	1649	27,6	20,2	9
10	Chanthaburi	"	5	12° 37' N	102° 7' E	3304	27,1	23,7	10
11	Nak How Sawan	"	28	15° 48' N	100° 10' E	1192	28,1	15,8	11
12	Chiang Mai	"	313	18° 47' N	98° 51' E	1324	26,8	20,9	12
13	Colombo	Ceylan	7	6° 54' N	79° 52' E	2191	26,9	25,1	13
14	Trincomalec	"	7	8° 35' N	81° 15' E	1653	28,2	19,9	14
15	Habantota	"	19	6° 7' N	81° 8' E	1079	27,1	24,9	15
16	Akyab	Birmania	5	20° 8' N	92° 53' E	4776	25,9	19,7	16
17	Rangon	"	23	16° 46' N	96° 10' E	2547	27,2	18,8	17
18	Mandalay	"	76	21° 59' N	96° 6' E	775	27,1	14,3	18
19	Luang Prabang	Laos	304	19° 53' N	102° 8' E	1133	24,3	21,8	19
20	Seno	"	184	16° 40' N	105° 0' E	1470	25,3	22,2	20
21	Vientiane	"	170	17° 57' N	102° 34' E	1684	25,4	22,2	21
22	Campat	Cambodia	11	10° 37' N	104° 13' E	2069	27,1	23,9	22
23	Kampong Cham	"	16	12° 0' N	105° 27' E	1697	27,1	23,9	23
24	Stung Treng	"	54	13° 31' N	105° 58' E	1740	26,7	22,5	24

\* Metodología de Holdridge.

Cuadro 10. Información climática de los lugares de introducción de Tectona grandis (metodología Holdridge).

Nº	Estaciones meteorológicas	Países	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Temperatura °C		Nº
							Media anual	Bio-temperatura*	
1	Lagos	Nigeria	3	6º 27' N	3º 24' E	1625	23,5	23,5	1
2	Eunugú	"	140	6º 28' N	7º 53' E	1784	21,0	21,0	2
3	Maiduguri	"	350	11º 51' N	13º 5' E	659	14,2	14,2	3
4	Kano	"	470	12º 3' N	8º 32' E	873	13,1	13,1	4
5	Socoto	"	345	13º 1' N	5º 15' E	689	13,2	13,2	5
6	Mombasa	Kenya	55	4º 2' S	39º 37' E	1191	22,0	22,0	6
7	For Voy	"	560	3º 24' S	38º 34' E	538	16,0	16,0	7
8	Naivory	"	1798	0º 18' S	36º 45' E	1066	11,7	11,7	8
9	Accra	Ghana	65	5º 36' N	0º 10' W	866	26,4	24,5	9
10	Freetown	Sierra Leona	25	8º 37' N	13º 12' W	3321	26,4	20,8	10
11	Darú	"	90	7º 59' N	10º 52' W	2584	25,8	24,8	11
12	Bonthe	"	3	7º 32' N	12º 30' W	3718	26,8	24,8	12
13	Akvab	Birmania	5	28º 8' N	92º 53' E	4775	25,9	19,7	13
14	Mandalay	"	76	21º 59' N	96º 6' E	775	27,1	14,3	14
15	Beavrott	Africa del Sur	893	32º 18' S	22º 40' E	200	17,1	17,1	15
16	East London	"	125	33º 2' S	27º 50' E	933	18,0	18,0	16
17	George	"	221	33º 58' S	22º 25' E	813	15,4	15,4	17
18	Zanzibar	Tanzania	15	6º 13' S	29º 13' E	479	26,7	24,4	18
19	Bristbone	Qld. Australia	42	27º 28' S	453º 62' E	1093	24,0	24,0	19
20	Rockhanpton	"	11	23º 24' S	150º 30' E	888	22,9	22,9	20
21	Sn. Agustine	Trinidad	570	11º 24' N	60º 14' W	1756	26,6	24,2	21
22	Brigond Hill	"	270	10º 30' N	61º 0' W	3000	25,0	23,8	22
23	Santa Rosa	Puerto Rico	27	18º 29' N	66º 7' W	1457	26,0	27,0	23
24	Santa Lucía	Santa Lucía	151	14º 10' N	"	1500	25,0	23,8	24
25	Sn. Croix	Sn. Croix	5	10º 45' N	65º 0' W	1373	25,0	23,7	25

Cont. Cuadro 10.

Nº	Estaciones meteorológicas	Países	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Temperatura 9C		Nº
							Media anual	Bio-temperatura*	
26	Nueva Pompeya	Argentina	153	24º 55' S	61º 39' W	615	22,3	22,3	26
27	Colonia Castelli	"	111	25º 57' S	60º 30' W	806	21,4	21,5	27
28	Sáñez Peña	"	91	56º 52' S	60º 27' W	931	21,3	21,3	28
29	El Dorado	"	166	26º 25' S	54º 40' W	1590	20,1	20,1	29
30	El Taragu	Venezuela	506	8º 45' S	70º 25' W	2772	26,1	24,5	30
31	Borinas	"	185	8º 22' S	70º 41' W	1735	26,6	24,1	31
32	Bambum	"	180	8º 22' S	70º 34' W	200	26,7	24,0	32
33	Avare	"	200	9º 36' S	69º 13' W	1505	26,3	24,3	33
34	El Manguito	"	170	9º 39' S	69º 6' W	1400	26,8	24,1	34
35	Pampanito	"	375	9º 24' S	70º 30' W	902	26,3	24,8	35
36	Puerto Tela	Honduras	3	15º 42' N	87º 28' W	3017	25,5	23,5	36
37	Puerto Tela	"	3	15º 42' N	87º 29' W	2568	25,5	22,1	37
38	El Zamorano	"	793	14º 0' N	87º 2' W	1120	22,1	22,1	38
39	Bluefields	Nicaragua	15	12º 0' N	83º 45' W	3200	25,0	21,2	39
40	Bluefields	"	15	12º 3' N	83º 25' W	3200	25,0	20,7	40
41	San Alejo	Honduras	30	15º 38' N	87º 34' W	2534	25,3	23,5	41
42	Lancetilla	"	25	15º 42' N	87º 28' W	3287	25,5	19,5	42
43	Turrialba	Costa Rica	610	9º 53' N	83º 38' W	2500	22,4	22,4	43
44	Quepos	"	8	9º 20' N	84º 9' W	3000	25,0	23,9	44
45	Santa Cruz	"	50	10º 10' N	85º 37' W	1571	27,7	23,5	45

\* Metodología de Holdridge.

Cuadro 11. Ejemplo de un balance hídrico mensual.

Estación: Manacal, Cortés, Honduras Lat.: 15° 23' N Long.: 88° 10' W Altura 94,5 m

Capacidad Saturación 300 mm.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	ANUAL
1) Temperatura máxima mensual OC	30,6	34,7	36,0	36,0	34,7	32,7	33,8	33,6	32,5	32,4	33,0	33,7	
2) Temperatura mínima mensual OC	20,4	20,7	22,2	23,4	22,6	22,7	22,5	22,6	22,2	22,0	21,0	20,4	
3) Evapotranspiración Potencial	128	190	200	190	168	142	150	156	142	142	168	176	1952
4) Precipitación	52	29	32	35	61	170	154	119	170	155	96	79	1152
5) Diferencia P-EP	-76	-161	-168	-155	-107	+28	-6	-37	+28	+13	-62	-97	
6) Almacenaje	31	18	10	6	4	32	31	27	55	68	55	40	
7) Variación de almacenaje	9	13	8	4	2	--	1	4	--	--	13	15	
8) Evapotranspiración Real	61	42	40	39	63	142	155	123	142	102	109	94	1152
9) Deficiencia	67	148	160	151	105	0	5	33	0	0	49	82	900
10) Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0