UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LAS PROPIEDADES TECNOLOGICAS DE BURSERA SIMARUBA L. (jiñocuave) BURSERACEAE Y CORDIA ALLIODORA RUIZ Y PAV. (laurel) BORAGINACEAE EN TRES ZONAS DE COSTA RICA.

Cordia alliodora

Bursera simaruba

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIATURA EN BIOLOGIA CON ESPECIALIDAD EN BOTANICA.

POR:
ISABEL MARIA CARPIO MALAVASSI

1985

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA

LABORATORIO DE
PRODUCTOS FORESTALES
INST. INVESTIGACIONES EN INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA .

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LAS PROPIEDADES TECNOLOGICAS DE BURSERA SIMARUBA L. (jiñocuave) BURSERACEAE Y CORDIA ALLIODORA RUIZ Y PAV. (laurel) BORAGINACEAE EN TRES ZONAS DE COSTA RICA

TESIS

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIATURA EN BIOLOGIA
ESPECIALIDAD EN BOTANICA

POR
ISABEL MARIA CARPIO MALAVASSI

JUNIO- 1985

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LAS PROPIEDADES TECNOLOGICAS DE Bursera simaruba L. (jiñocuave) Burseraceae Y Cordia alliodora RUIZ Y PAV. (laurel) Boraginaceae, EN TRES ZONAS DE COSTA RICA.

TESIS

Presentada en la Escuela de Biología

APROBADA

Ing. Jaime Sotela Montero — Director de Tesis

Licda. Ma. Eugenia Barahona de C. — Miembro del Tribunal

Dra. Alicia Chacón de Bourgoin — Miembro del Tribunal

M.Sc. Michael C. Wiemann — Miembro del Tribunal

Dr. Ramiro Barrantes M. — Director, Escuela de Biología

1985

I N D I C E

Página

RESUMEN

INTRODUCCION ---------- 1

OBJETIVOS ---------- 5

REVISION DE LITERATURA ---------- 6

DESCRIPCION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS ---------- 14

DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE CRECIMIENTO
DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS ---------- 18

MATERIALES Y METODOS ---------- 23

RESULTADOS ---------- 31

DISCUSION ---------- 53

CONCLUSIONES ---------- 65

BIBLIOGRAFIA ---------- 68

APENDICES I, II Y III ---------- 73

DEDICATORIA

Con mucho cariño:

A Dios, por su infinita bondad.
A mi familia, especialmente a
mis padres por su constante apoyo.

Con sincero aprecio:

A mis amigos, por su continuo estímulo en la elaboración de esta investigación.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero y especial agradecimiento al Laboratorio de Productos Forestales (I.N.I.I. - U.C.R.) y a su personal. En forma particular a su director y guía del presente trabajo, señor Ing. Jaime Sotela Montero.

A los señores miembros del comité consejero: Sra. Licda Ma. Eugenia Barahona de Castillo, Sr. M.Sc. Michael Wiemann y a la Sra. Dra. Alicia Chacón de Bourgoin por su dirección y orientación.

Al Sr. Adalberto Ramírez, técnico en dibujo y coordinador del Centro de Diseño y Ayudas Audiovisuales (C.E.D.A.A.) del Instituto de Investigaciones en Ingeniería (I.N.I.I.) de la Universidad de Costa Rica, quien brindó en todo momento su decidida y valiosa colaboración en la realización de las diversas etapas de la investigación.

A aquellas personas que me apoyaron siempre y colaboraron en la elaboración del presente estudio.

A todos, mi infinito agradecimiento.

RESUMEN

Las especies Bursera simaruba y Cordia alliodora, constituyen dos especies forestales de amplia distribución en América tropical. Desde el punto de vista forestal e industrial, son especies prometedoras, principalmente en los trópicos secos. Su crecimiento es rápido y la adaptabilidad a diversos habitats es buena.

El presente estudio tiene como objetivo fundamental, aumentar el conocimiento tecnológico de dos especies forestales en relación a las posibles variaciones que presentan en sus propiedades y características estructurales, al desarrollarse en ambientes diferentes.

Las características estudiadas fueron: propiedades físicas, características anatómicas, morfológicas, de secado, trabajabilidad y contenido de sílice de la madera.

Las muestras para el estudio proceden de árboles jóvenes, provenientes de plantaciones ubicadas en tres regiones de Costa Rica a saber: Salitre de Buenos Aires (provincia de Puntarenas); Turrialba (provincia de Cartago), Cariari (provincia de Limón) y Bagaces (provincia de Guanacaste).

Todas las pruebas se realizaron bajo las normas A.S.T.M. (American Society for Testing Materials), en el Laboratorio de Productos Forestales, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Ambas especies son fáciles de secar y trabajar.

Bursera simaruba, presentó poca variabilidad en las propiedades tecnológicas con relación a la zona de vida donde se desarrolló. La madera de esta especie es liviana, de acuerdo a su peso específico. Es buena para la fabricación de pulpa para papel y puede utilizarse en la construcción de cajas; en palillos para fósforos, ebanistería en general y como poste en cercas vivas.

La resistencia natural al ataque de organismos xilófagos, es muy baja.

Cordia alliodora, mostró variación significativa en sus propiedades tecnológicas en relación a la zona de extracción. Su peso específico es variable; por este motivo se clasifica como una madera muy liviana, moderadamente liviana y pesada, valor que dependió directamente del sitio de origen de las muestras.

Es apta para construcción y en la fabricación de pulpa para papel se clasifica como muy buena.

Se emplea en construcción en general, en ebanistería, además se puede utilizar como material en la construcción de cubiertas en embarcaciones marinas. Para ello es conveniente someterla a algún tratamiento preservador para evitar el deterioro de las piezas por parte de organismos taladradores marinos. La durabilidad natural de esta especie es alta.

I. INTRODUCCION

El uso racional de los recursos naturales es una de las mayores preocupaciones de la humanidad en el mundo actual. Una de las más grandes necesidades es el uso de los derivados de la madera, productos que se agotan cuando exterminan los bosques (Westoby, 1966).

La historia de la madera y su uso, esta estrechamente vinculada al desarrollo de la humanidad. El secreto de esta presencia constante de la madera en la vida cotidiana del hombre, reside en sus grandes posibilidades de transformación, su diversidad morfológica, química y tecnológica (Kummerly, 1975).

Con el progreso de la civilización, el uso de este material ha ido aumentando. Antes del siglo XVII, la madera se utilizó solamente en construcciones terrestres y navales, para muebles y para diversos usos en la industria; más tarde en los siglos XVII y XVIII se empleó como el único combustible para la industria y la flota, dependiendo en ese momento el poderío de una nación, de estas dos actividades.

En el siglo XIX, con la utilización de la hulla y el progreso de la metalurgia, la madera es desplazada como combustible y material de construcción naval, pero al mismo tiempo empiezan a aparecer nuevas aplicaciones.

a- durmientes, en la construcción de líneas ferroviarias.

b- postes para el establecimiento de líneas telegráficas y eléctricas.

c- puntales para la explotación minera.

En la construcción de muebles y decorado interior, la madera no ha perdido su predominio.

Actualmente los estudios científicos y la evolución tecnológica ha dado soluciones a muchos problemas que se venían planteando: aumento de su durabilidad, resistencia al ataque de organismos xilófagos como hongos, insectos, taladradores marinos y hasta del mismo fuego por tratamiento del leño con barnices y pinturas (Bonilla, 1981).

En bosques naturales, como en bosques artificiales, el desconocimiento de las propiedades tecnológicas de la mayoría de las especies maderables y sus características, constituyen un problema en el aprovechamiento industrial de las mismas, ya que el conocimiento de la estructura anatómica, propiedades físicas, mecánicas y químicas, a parte del interés científico que las rodea, es de gran importancia para su uso racional.

Los estudios tecnológicos de las maderas, con el uso de normas estandarizadas, permiten conocer sus características incluyendo las propiedades de secado y trabajabilidad, en base a las cuales se determinan

los usos adecuados en las industrias forestales (Alcantara, 1975).

La ciencia de la xilografía comprende el estudio de la estructura de la madera, sus propiedades tecnológicas y sus anomalías.

La madera es un material organizado, definido como "un conjunto de células formando parte del cuerpo de un ser: el árbol".

Cada especie está caracterizada por ciertas particularidades de naturaleza y disposiciones de las células que la constituyen, lo que puede expresarse diciendo que cada especie tiene su "plan leñoso" diferente que facilita su identificación.

Este hecho es muy importante, ya que la posibilidad de empleo o los servicios que puede rendir, están ligados a su estructura.

La relación puede ser directa: el valor de una madera para pasta de papel, depende de sus fibras o traqueidas (Tortorelli, 1959).

La relación indirecta, es más frecuente: las propiedades físicas y mecánicas que condicionan el empleo de la madera en mueblería y carpintería derivan de la estructura. Del mismo modo el detalle de las variaciones en el clima y particularidades del suelo pueden tener efecto no despreciable sobre ciertos detalles de estructura o de com-

posición química de la madera, acarreando por consiguiente diferencias en sus propiedades. Así el conocimiento del lugar de origen de la especie, es decir, condiciones de clima, suelo y ambiente en los que el árbol se desarrolla, es un elemento importante para su apreciación (Kollmann, 1959).

II. OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio son:

a) Determinar las características anatómicas, morfológicas, propiedades físicas, químicas, de secado y trabajabilidad en Bursera simaruba (jiñocuave) y Cordia alliodora (laurel), provenientes de Salitre de Buenos Aires y compararlas con estudios realizados por el Laboratorio de Productos Forestales de la Universidad de Costa Rica en ambas especies en el Pacífico seco y la región Atlántica de Costa Rica.

b) Asociar valores, propiedades y características de la madera de las especies con las zonas de vida en que se desarrollaron las muestras estudiadas.

c) Determinar la factibilidad para la fabricación de pulpa para papel basado en el factor Runkel y el coeficiente de flexibilidad de Peteri.

d) Conocer los usos potenciales de la madera de acuerdo a las propiedades tecnológicas que presenten.

III. REVISION DE LITERATURA

La composición del tejido xilemático, estructura y ordenación de sus elementos, determinan las propiedades físicas del leño y la utilización comercial correspondiente (Forsaith, 1926; Record, 1934).

Probablemente una de las más importantes características en una madera que indica su resistencia se refiere al conjunto de propiedades que le permiten resistir distintas clases de fuerzas o presiones, estas propiedades son variables y no se hallan necesariamente correlacionadas entre sí, por lo que una determinada especie puede presentar gran resistencia respecto de un determinado tipo de acción y comportarse débil frente a otro (Esau, 1977).

El peso específico de un leño completamente seco, dependerá del volumen del material que forma sus elementos estructurales y de su composición química. El peso específico de este material oscila entre 1.4 y 1.6 pero, su peso específico puede variar entre 0.04 y 1.46 debido a la variable proporción de membranas, paredes y contenidos celulares en las diferentes especies (Record, 1934).

Por lo tanto, se deduce que el grado de resistencia obtenido para la especie, según su peso específico, está en gran parte modificado

por su estructura anatómica y su composición química.

Debe anotarse que cuando se puede establecer una elevada correlación entre volúmenes de fibras, peso específico y resistencia del leño, se destaca claramente la importancia de las fibras como elementos mecánicos. Existen otras estructuras de la madera que junto con las fibras determinan su resistencia, estos elementos relativamente débiles son los elementos de los vasos que por su diámetro, longitud, tipo y cantidad influyen en la resistencia del leño.

El parénquima xilemático axial influye conforme a su abundancia ya que existen especies con un 23% de este tejido en su volumen total, determinando así el grado de resistencia que el leño presentará (Esau, 1977).

La relación entre los radios medulares y la resistencia dependerá de la cantidad de fibras de membranas gruesas que elevan el peso específico. Al comparar dos especies con el mismo peso específico, con el volumen de tejido radiomedular distinto, será más débil aquel que tenga mayor cantidad de este tejido (Forsaith, 1926).

Del estudio de la estructura, se pueden deducir indicaciones prácticas e interesantes. Todas las circunstancias que intervienen en la vida de un árbol e influyen en su fisiología, pueden tener repercusión

en detalles de la estructura anatómica y morfológica, de esta forma modifica sus propiedades tecnológicas.

Bajo climas de contrastes estacionales poco acentuados, la estructura del leño no cambia en forma sensible en ninguna época del año. No ocurre lo mismo cuando las estaciones difieren notablemente en temperatura o humedad, sino que se observan diferencias de estructura más o menos marcadas, entre el leño formado al principio y al final del período vegetativo; del espesor relativo de estos tipos de leño (temprano y tardío) que se suceden en un mismo anillo anual se producen variaciones sensibles en sus propiedades (Tortorelli, 1956; Esau, 1977). Así mismo las variaciones en el clima y particularidades del suelo, pueden tener efecto no despreciable, sobre detalles de estructura o de composición química de la madera. Se han encontrado muestras de madera de la misma especies provenientes de dos estaciones climáticas diferentes, que se comportan, desde el punto de vista industrial y comercial como material diferente, debido a que presentan variaciones secundarias de estructura y propiedades diferentes (Tortorelli, 1956).

Record y Hess 1943, se refieren a las propiedades tecnológicas de la madera y concuerdan con (Tortorelli, 1956), en que dichas propiedades como el peso específico deben considerarse en relación estrecha con las propiedades mecánicas: la dureza que interviene haciendo más o

menos difícil la trabajabilidad de la madera y la humedad que reviste especial importancia, pues sus variaciones determinan modificaciones de volumen y forma, que constituyen graves inconvenientes en su uso, (I.T.S.P., 1981; Handbook No.72, 1963; A.W.P.A., 1972 y A.S.T.M-D., 143-52, 1973).

Las variaciones en el peso específico de la madera, han sido estudiadas ampliamente, en muchas ocasiones, las diferencias se observan aún en el mismo árbol y entre árboles de la misma especie. Según (Kollmann, 1959), las variaciones en el peso específico de la madera entre árboles de una misma especie, se relacionan tanto con las condiciones climáticas propias de cada sitio de origen de las muestras, como con las características de la especie, como lo son las hereditarias y de comportamiento fisiológico, las que sumándose influyen directamente en la calidad de la madera.

Al comparar los pesos específicos de las especies se ha tratado de asociar las posibles variaciones con la velocidad de crecimiento, la proporción de leño temprano y tardío, condiciones silviculturales, contenido de humedad del suelo y tipología del sustrato.

Trendelenburg 1939, estudió especies de pino silvestre y abeto rojo de diversas comarcas en Alemania y observó como el peso específico medio del abeto rojo aumenta con la latitud y disminuye con la alti-

tud, es decir en una estación septentrional algo baja se produce una madera tan pesada como en otra más meridional que esté a mayor altura sobre el nivel del mar, siendo la desviación mínima respecto a la media en las estaciones de alta montaña y máxima en el límite térmico Norte. En el pino silvestre, es aún mucho mayor la disminución de peso de Sur a Norte, siendo la madera producida en la montaña, más ligera que en las zonas llanas. Los mayores pesos específicos se encuentran entonces en los terrenos bajos, con suficiente calor y humedad ambiental media. Así mismo se observó que los suelos pantanosos producen siempre madera de más baja calidad y muy ligera.

Según (Prütz, 1941) las maderas de las zonas tropicales, son por término medio un 23% más pesadas que aquellas que provienen de las zonas templadas septentrional y subtropical.

La densidad de la madera en un tronco, generalmente aumenta linealmente con la distancia desde la médula hacia la periferia y decrece ligeramente con el incremento en altura a partir de la base. Entre árboles de un mismo sitio, la densidad promedio más alta, corresponde a los de mayor diámetro basal. En árboles de diferentes zonas ecológicas, la variación de la densidad promedio, se debe a factores ambientales. El máximo valor de la densidad se encuentra en árboles de edades superiores a los 50 años de edad (Alcantara, 1975).

Sobre las propiedades mecánicas, descansa el empleo de todo tipo de madera. Su determinación es posible mediante la observación de los principios generales que preceden el estudio de la resistencia de materiales sin dejar de lado las particularidades de la estructura de la madera que la distinguen de otros materiales, como cemento, metales y otros.

Existen métodos universales de apreciación para la utilización de la madera en diversas áreas de la construcción en interiores y exteriores. Los caracteres estéticos como el color son características de primer orden en muchos de sus usos (Brown et al, 1949).

Las propiedades químicas son determinantes para el empleo de la madera en la industria de celulosa o de destilación, así como la presencia de taninos, alcaloídes, resinas, sílice que aumentan la resistencia natural contra el ataque de organismos xilófagos, tales como hongos, hormigas, termitas, insectos barrenadores y organismos taladradores marinos.

Según (Perelygin, 1965), existen factores que modifican la madera, afectando de esta forma las propiedades y características de las especies forestales. Entre ellos, se citan: a) origen de la semilla; b) edad de talado para su utilización; c) condiciones del suelo;

d) régimen de lluvias; e) posición que el árbol ocupa en el bosque; f) luminosidad.

La importancia de estos factores, estriba en que las fluctuaciones de las medidas de los elementos de la madera y valores en sus propiedades tecnológicas, así como su calidad, no han sido suficientemente estudiadas. Los efectos que estos factores producen, se han observado en algunos estudios realizados en diversas plantaciones forestales. Entre ellos podemos citar algunos en roble (Quercus sp.), donde se encontró que luego de talar el bosque, los árboles que quedaron, sufrieron cambios en la intensidad de luz, lo que produjo, según posteriores investigaciones, diferencias significativas en sus propiedades tecnológicas, se observó un incremento en el diámetro, aumentando de éste modo la cantidad de madera y su peso en un 8 a 9%.

En estudios realizados en coníferas, se observaron otros resultados; mejores propiedades a densidades de 0.8 a 0.9. Se presentó una disminución de la calidad en sus propiedades físicas y mecánicas cuando se aumentaba el grado de enralecimiento del bosque, es decir que aquellos árboles talados posteriormente a la primera tala, mostraron el efecto contrario que en el caso del roble.

En plantaciones de pino (Pinus sp.) se observó que cuando por escorrentía se eliminó exceso de humedad del suelo, se produjeron aumentos sig

nificativos en el desarrollo anual del diámetro de los árboles, sin embargo, las mejoras en la calidad de la madera no fueron satisfactorias en lo que se refiere a sus propiedades físicas y mecánicas.

En lo que se refiere al secado de la madera, el método recomendado es el secado al aire (a 25°C aproximadamente), sin embargo y aunque el método causa cambios leves en el material, no deja de tener influencia en las propiedades de la madera.

El secado de la madera a altas temperaturas, puede producir cambios aparentes de coloración, curvamiento de piezas a favor o en dirección contraria al grano, etc. De esta forma se producen alteraciones en la facilidad de trabajar el material; un efecto producido en la madera durante el secado a altas temperaturas, es la alteración en su composición química, como por ejemplo, la descomposición y disminución de las pentosas en la estructura de la madera.

IV. DESCRIPCION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

1. Familia Burseraceae

Nombre científico: Bursera simaruba (L.) Sarg.

Sinonimia: Bursera gummifera L.

Nombre común: Jiñocuave, jiñote, indio desnudo, indio pelado, almácigo, caraña, etc.

Distribución y habitat:

Esta especie se encuentra distribuida desde el sur de la Florida hacia el sur de México, Las Antillas, América Central y el norte de América del Sur.

Es una especie muy abundante, de zonas cálidas y debido a su rapidez de crecimiento, se utiliza frecuentemente como poste vivo en cercas. Es ideal para reforestar zonas cuyo potencial natural es pobre ya que se adapta muy bien a tierras de bajo potencial forestal.

Descripción del género:

En Costa Rica se encuentra otras especies de Bursera, a saber: B. graveolens; B. permollis y B. tomentosa.

La especie B. simaruba, es un árbol de tamaño mediano a grande, puede alcanzar hasta 25 metros de altura y diámetros hasta de 36 pulgadas (cerca de 90cms.). Tiene un fuste cilíndrico, generalmente recto, color pardo-rojizo; su corteza exfolia en láminas delgadas como si fuera papel, quedando al descubierto corteza color verde. Posee aroma agradable similar al mango verde.

Sus hojas son compuestas, poseen de 5 a 7 hojuelas de aproximadamente 5 y 12cm. de longitud, ovadas o ovado-oblongas y deciduas.

Sus flores son pequeñas, verduzcas o amarillas, agrupadas en inflorescencias axilares, con frutos tipo cápsula con dehiscencia trivalvar de 6 a 10mm. de largo.

En nuestro país, lo podemos localizar en elevaciones de bajas a medianas, en climas secos a muy húmedos, (Standley, 1937; Record and Hess, 1943 y Holdridge y Poveda, 1975).

2. Familia Boraginaceae

Nombre científico: Cordia alliodora (Ruiz y Pav.) Cham.

Sinonimia: Cordia gerascanthus Jacq.

Cordia consanguinea Klotzsch.

Nombre común: Laurel

Distribución y habitat:

Esta especie se encuentra distribuida en las Indias Occidentales y desde el sur de México, en el Trópico húmedo o lluvioso de Centro América hasta la cuenca del Amazonas.

Raramente se encuentra en elevaciones mayores a los 1000 metros y generalmente está establecido a menos de 500 metros s.n.m. Esta especie es de rápido crecimiento en bosques secundarios, prefiere suelos bien drenados, frescos y livianos, soporta bien los suelos pedregosos y semisecos en el verano.

En Costa Rica hay 15 especies de Cordia y se encuentra distribuido en las Llanuras de Santa Clara; Tortuguero; Matina; La Estrella; Baja Talamanca y Sixaola. Su mejor desarrollo es en las colinas bajas del Atlántico y del Pacífico.

Descripción del género:

Arbol de mediano a grande con gambas de regular a pobremente desarrolladas, fuste recto, circular o angular de color gris claro, con fisuras, grietas o ambas cosas, su corteza es de grosor mediano, color amarillo opaco, laminada, suave y algo suculenta.

El árbol es caducifolio, de tamaño mediano a grande, alcanza

alturas hasta de 45 metros, con diámetros que oscilan entre los 70 y 100cms.

Su copa es simétrica, la ramificación es simpodial. Las hojas son simples, elíptico oblongas y de textura áspera. Sus flores son aromáticas, pequeñas de color naranja-rojizo y agrupadas en panículas. Sus frutos son comestibles, (Standley, 1937; Holdridge y Poveda, 1975).

V. DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE CRECIMIENTO DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

1. Salitre, Cantón de Buenos Aires

Características de la región

Se encuentra situado al sur oeste de Costa Rica. Según la clasificación de zonas de vida (Holdridge, 1962), la plantación de donde fueron extraidas las piezas para el estudio, se encuentra ubicada en un bosque muy húmedo de premontano, transición a basal. Esta zona se caracteriza por tener una temperatura promedio de 25°C, una precipitación promedio anual de 3250mm., una evapotranspiración muy alta, y la altura aproximada de 360 metros s.n.m.

Pérez, 1979 y Vásquez 1979, se refieren a los suelos de esta región como del tipo C-2 (de relieve ondulado a muy ondulado). Son residuales, pertenecen a los órdenes Inceptisol y Ultisol del tipo Tropepts y Humults respectivamente. Los Inceptisoles se caracterizan por ser suelos medianamente fértiles, de escasa profundidad y suceptibles a erosión.

2. Bagaces, Guanacaste

Características de la región

Esta zona se localiza al nor-este de Costa Rica. Según el siste-

ma de clasificación de Holdridge, 1969, las especies se localizan en un bosque tropical transición húmedo. La temperatura promedio anual es de 26°C, una precipitación anual de 2000mm., una evapotranspiración muy alta y una altura de 90 metros s.n.m.

Los suelos se clasifican como A-7 (relieve plano) según (Vásquez 1979). Pertenecen al orden Vertisol, del tipo Usterts y Udertc. Por su alto contenido de arcilla se expanden y contraen consecutivamente, se les llama comúnmente "sonzocuites" o arcillas negras tropicales. Según (Pérez 1979), son suelos neutros, aptos para diversos usos.

3. Cariari de Limón

Características de la región

Según el sistema de clasificación de Holdridge (1962), se encuentra ubicado en un bosque muy húmedo tropical, con una temperatura promedio de 25°C, una precipitación promedio anual es de 4.300mm., una evapotranspiración alta y una altura de 50 metros s.n.m.

El suelo según lo denomina (Vásquez, 1979), se clasifica con la simbología A_3 (relieve plano). Pertenecen al orden Inseptisol del tipo Aquepts y similares a los encontrados en Salitre y Turrialba.

Según Pérez (1979), estos suelos escasamente permanecen secos un mes al año, son aptos para cultivos permanentes de tipo semi-bosque, ganadería o utilización del bosque, son suceptibles a la erosión y ligeramente ácidos.

4. Turrialba (Cartago)

Características de la región

Se localiza en una zona de bosque húmedo premontano según la clasificación para zonas de vida (Holdridge, 1962). La temperatura anual es de 22.5°C; la precipitación promedio anual es de 2900mm. con una evapotranspiración alta y la altura es de 602 metros s.n.m.

Los suelos son del orden Inceptisol del tipo Tropepts y Aquepts. Pérez (1979), los cataloga como de escasa profundidad y con severas limitaciones a la mecanización y a algunos usos.

Anexo, Figura 1 y 2.

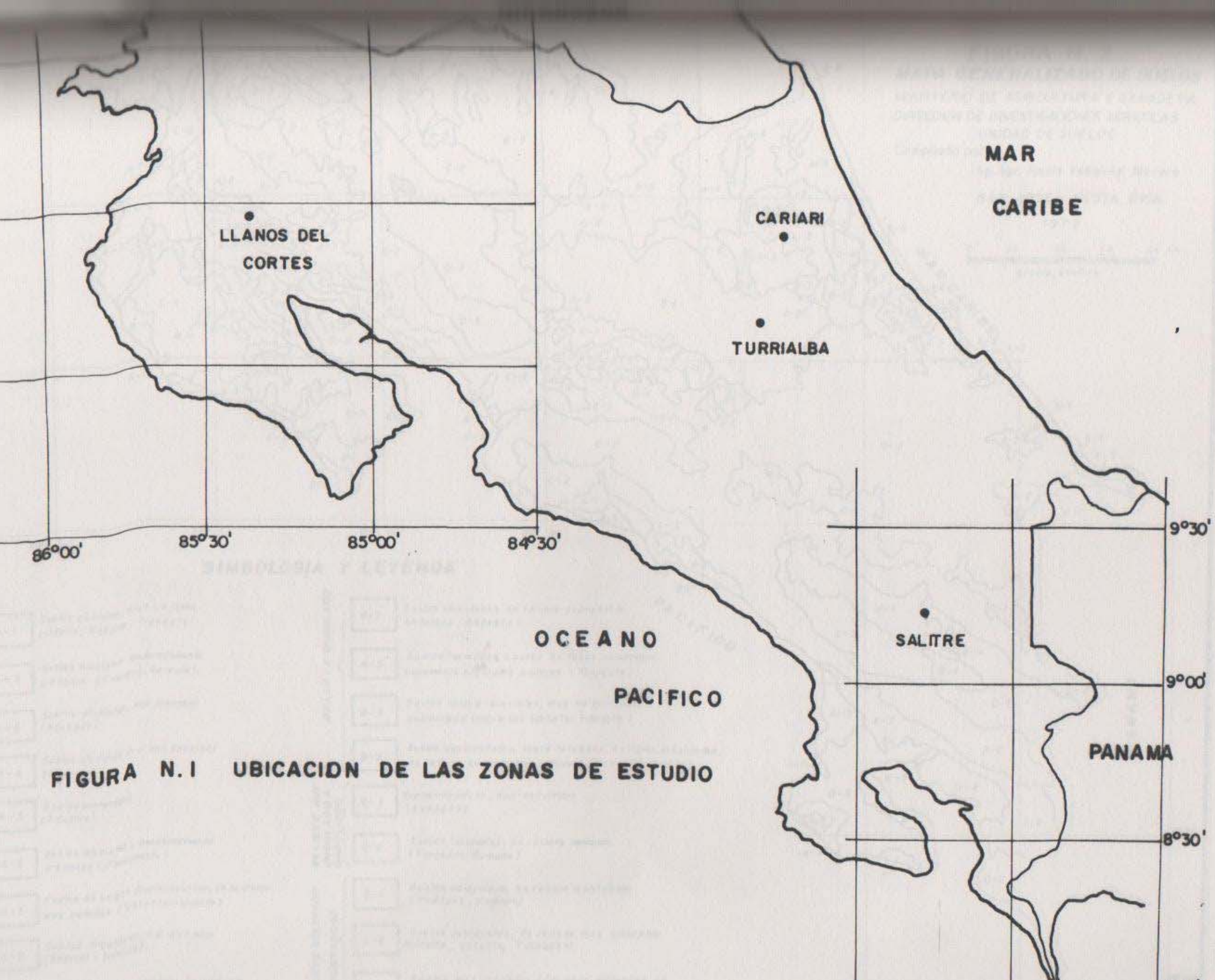
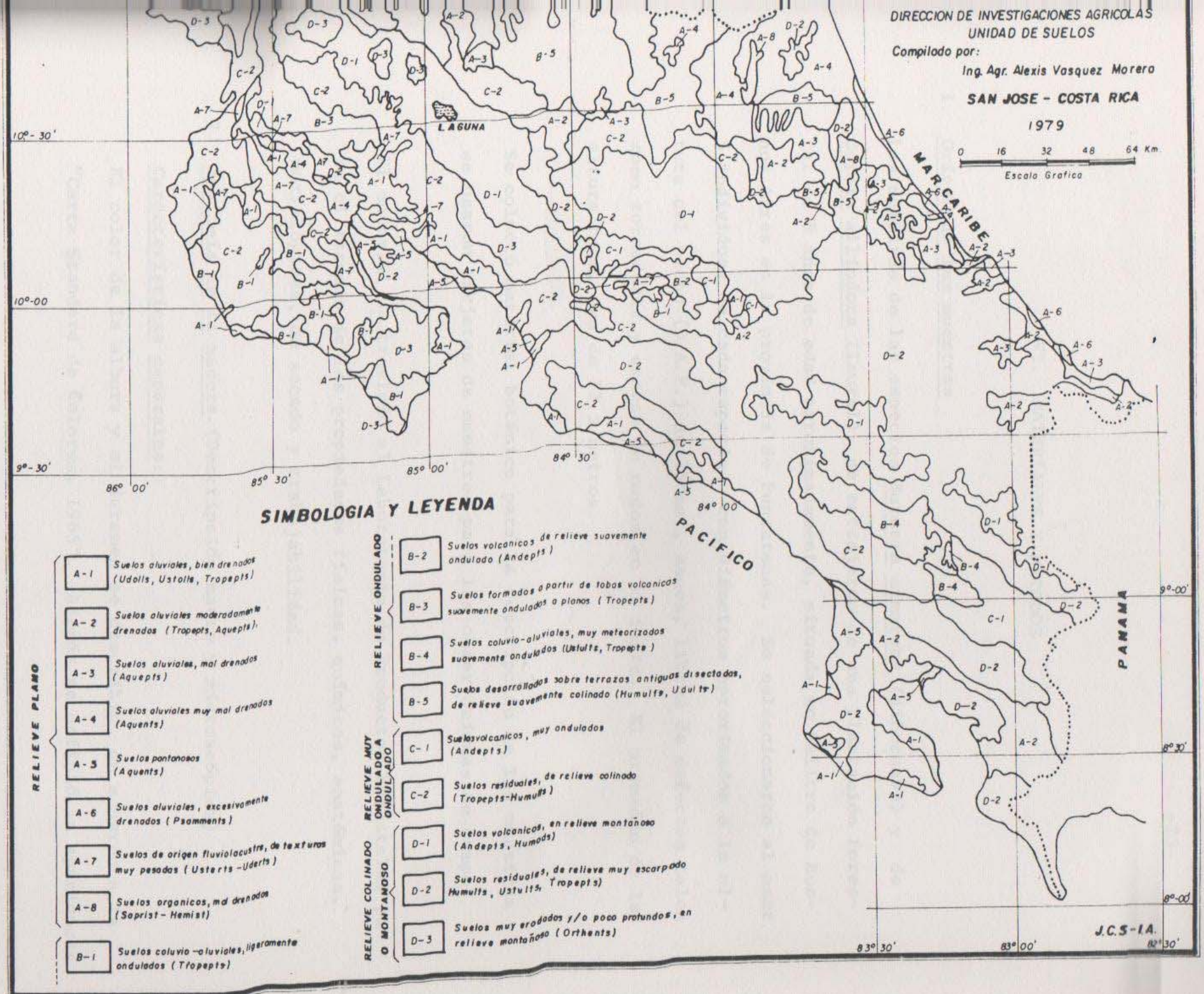


FIGURA N.I UBICACION DE LAS ZONAS DE ESTUDIO



SIMBOLOGIA Y LEYENDA

RELIEVE PLANO

- A-1 Suelos aluviales, bien drenados (Udolls, Ustolls, Tropepts)
- A-2 Suelos aluviales moderadamente drenados (Tropepts, Aquepts).
- A-3 Suelos aluviales, mal drenados (Aquepts)
- A-4 Suelos aluviales muy mal drenados (Aquents)
- A-5 Suelos pantanosos (Aquents)
- A-6 Suelos aluviales, excesivamente drenados (Psamments)
- A-7 Suelos de origen fluviolacustre, de texturas muy pesadas (Usterts - Uderts)
- A-8 Suelos organicos, mal drenados (Saprist - Hemist)

- B-1 Suelos coluvio-aluviales, ligeramente ondulados (Tropepts)

RELIEVE ONDULADO

- B-2 Suelos volcanicos de relieve suavemente ondulado (Andepts)
- B-3 Suelos formados a partir de tobas volcanicas suavemente ondulados a planos (Tropepts)
- B-4 Suelos coluvio-aluviales, muy meteorizados suavemente ondulados (Ustults, Tropepts)
- B-5 Suelos desarrollados sobre terrazas antiguas disectadas, de relieve suavemente colinado (Humults, Udults)

RELIEVE MUY ONDULADO A ONDULADO

- C-1 Suelos volcanicos, muy ondulados (Andepts)
- C-2 Suelos residuales, de relieve colinado (Tropepts-Humults)

RELIEVE COLINADO O MONTAÑOSO

- D-1 Suelos volcanicos, en relieve montañoso (Andepts, Humods)
- D-2 Suelos residuales, de relieve muy escarpado Humults, Ustults, Tropepts)
- D-3 Suelos muy erodados y/o poco profundos, en relieve montañoso (Orthents)

VI. MATERIALES Y METODOS

1. Origen de las muestras

Las muestras de las especies Bursera simaruba (jiñocuave) y de Cordia alliodora (laurel), se extrajeron de una plantación forestal de 8 años de edad aproximadamente, situada en Salitre de Buenos Aires en la provincia de Puntarenas. Se seleccionaron al azar 5 individuos de cada especie, con diámetros aproximados a la altura del pecho (D.A.P.) de 25cms., sanos, libres de defectos tales como torceduras y exceso de nudos en el fuste. El promedio de la altura total era de 12.5 metros.

Se colectó material botánico para la descripción de las muestras y se usaron tarjetas de muestreo para las observaciones de campo.

El material se trasladó al Laboratorio de Productos Forestales para el estudio de las propiedades físicas, químicas, anatómicas, morfológicas, de secado y trabajabilidad.

2. Anatomía de la madera. (Descripción macro y microscópica)

Características generales:

El color de la albura y el duramen se describió, de acuerdo a la "Carta Standard de Colores, 1965". Además se definió la apariencia

de la madera, la textura, el grano, lustre, figura, olor y sabor, así como las características de los anillos de crecimiento y el número de anillos por pulgada de radio.

3. Descripción macroscópica

Se realizó siguiendo las normas de "Identification of Hardwoods, a Lens Key, 1960", con algunas adiciones y agregados menores. Las características observadas se refieren a la forma y distribución de los poros, radios, cantidad y disposición del parénquima longitudinal, así como de aquellos elementos accesorios que ayudan a identificar rápidamente cada especie.

Para la descripción se utilizan discos completos de madera de cada especie, de 20cms. de alto, observando la estructura con ayuda de lupa o estereoscopio, así como las guías de descripción de especies latifoliadas utilizadas en los estudios de especies maderables por el Laboratorio de Productos Forestales de la Universidad de Costa Rica.

4. Descripción microscópica

La descripción microscópica de cada especie se basó en el estudio de muestras de madera, perfectamente orientada de acuerdo al sistema de radios y con un tamaño de una pulgada cúbica. Además se

separaron los elementos estructurales siguiendo el método de "Jeffry" (Johansen, 1940). Se hicieron cortes de 20 micras de grosor, en sentido transversal, radial y tangencial de los bloques de madera.

Una vez obtenidos los cortes, se tiñeron en una batería de alcohol ascendente, con safranina al 2%, utilizando xilol como agente fijador. Se montaron en portaobjetos, se cubrieron y se sellaron permanentemente.

Se usó la "Clave de Identificación para Maderas Duras", para determinar la estructura microscópica de las muestras. Se describieron los componentes de la madera, a saber: elementos de los vasos, parénquima, fibras, radios, fibrotraqueidas, etc. La separación de los elementos estructurales de la madera, permite medir la longitud, diámetro tangencial y grosor de: los elementos de los vasos, las fibras y otros componentes de la madera. El método de separación, consiste en colocar pequeñas astillas de la muestra en una solución 1:1 de ácido nítrico y ácido crómico, ambos al 10%.

La medición se llevó a cabo en una pantalla de 14cms. de diámetro y adaptada a un microscopio Olympus modelo FH 203125. Las fibras se clasificaron de acuerdo a las dimensiones de sus partes, a

saber: diámetro tangencial promedio, longitud total, diámetro del lumen y grosor de la pared. La clasificación para la fabricación de pulpa para papel se hizo de acuerdo al Factor Runkel* (Runkel, 1952).

Se obtuvo el valor del coeficiente de flexibilidad de Peteri, valor que otorga mayor flexibilidad a la fibra, cuanto más alto sea éste.

$$P = \frac{L}{D}$$

P = Coeficiente de flexibilidad de Peteri.

L = Longitud promedio de la fibra.

D = Diámetro tangencial promedio de la fibra.

Para la obtención de las medidas en cada caso, se analizaron muestras representativas de la sección basal de cada árbol. Los promedios y ámbitos se basan en 100 mediciones individuales de cada componente de la madera.

Se tomaron fotografías del material y equipo utilizado en las pruebas. Además de las láminas fijas de los cortes de madera, se tomaron fotomicrografías para mostrar la estructura anatómica y algunas otras características de cada muestra (Apéndice II).

* Cuadro 1, Apéndice I.

Esto se hizo utilizando una cámara Cannon AE-1 y para la toma de las fotomicrografías se la adaptó a un microscopio de cuerpo trinocular modelo FH 203125. Se utilizó película ASA 135mm. blanco y negro

5. Propiedades físicas

El estudio de las propiedades físicas se realizó siguiendo las normas dadas por "American Society for Testing and Materials" (A.S.T.M., designación D 143-52, 1973), utilizando 30 probetas por especie. Para estos estudios se utilizaron muestras de 5x5x15cm. tomadas a lo largo de la muestra. Se determinó el peso y el volumen en condición verde y en condición seca al aire y seca al horno. Para ello se llevaron las muestras a peso constante en un cuarto climatizado, hasta 12% de contenido de humedad, (condición seca al aire). Luego se secaron los especímenes en el horno a una temperatura de 103°C, hasta peso constante (condición seca al horno). Para medir el volumen en condición seca al horno, se parafinaron y pesaron las muestras.

Se determinaron las siguientes características:

a) El contenido de humedad en condición verde

b) El peso específico:

- En base al peso y volumen verde de la madera en condición verde.
- En base al peso seco al horno y volumen verde (peso específico básico).

- En base al peso y volumen seco al horno.

c) Contracciones:

- Contracción volumétrica, de verde a seco al horno.

Para obtener la contracción volumétrica, se utilizaron 30 probetas. Las muestras se secaron al aire libre hasta el contenido de humedad en equilibrio y posteriormente se secaron al horno, aumentando la temperatura gradualmente de 20 a 105°C para evitar daños excesivos a las muestras.

El valor de la razón de contracción (cociente de contracción), da generalmente un buen indicio del comportamiento de las maderas durante el secado.

La determinación de los valores se llevó a cabo utilizando las fórmulas del Cuadro 2, Apéndice I.

En base al valor del peso específico de la especie, se realizó la clasificación de la madera de acuerdo a los términos presentados por Markwardt y Heckt (Trop. Woods, No.97:27). Cuadro 3, Apéndice I.

6. Propiedades químicas:

(Contenido de sílice, SiO_2 impura).

Se usó una muestra de aserrín y se tamizó ("U.S.Standard Sieve Series No. 30"). De la porción tamizada, se obtuvo una muestra de 1 gramo que fue secada a 103°C hasta peso constante y luego incinerada a 800°C, obteniéndose por diferencia de peso el contenido de ceniza. Esta ceniza fue tratada con ácido sulfúrico, solución 1:1. El resultado se reportó como SiO_2 impura.

7. Caraterísticas de secado

Las características de secado se observaron durante el transcurso del secado al aire, en piezas de 0.30 metros de longitud y 7.5x7.5 cm. Estas piezas se almacenaron en un cuarto con buena ventilación. Las muestras se apilaron manteniendo la separación de las piezas por medio de reglas delgadas. A estas muestras se les sellaron los extremos con parafina y se llevaron controles quincenales de la pérdida de peso, hasta que alcanzaron una humedad de equilibrio con las condiciones ambientales. Al final del secado, se observaron y anotaron los defectos de secado presentados por cada una de las piezas. (Tropical Woods, 97:18).

8. Características de trabajabilidad

Las características de trabajabilidad de la madera se evaluaron en base a las observaciones realizadas durante las operaciones normales de aserrado y cepillado, llevadas a cabo en la preparación de las muestras.

La determinación y calificación de las características de aserrado y cepillado de la madera, se hizo en base a la norma A.S.T.M. D.1666-73.

Los defectos más comunes que se presentan al trabajar la madera son aquellos que se producen cuando la especie tiene las fibras distribuidas irregularmente (es decir el grano), distribución que puede ser entrecruzada, oblicua, fuertemente entrecuzada, etc. Esto no sucede cuando el grano es recto o un tanto inclinado.

El apéndice I incluye, fotografías referentes al equipo utilizado en las pruebas de laboratorio, así como las fórmulas para la determinación del Factor Runkel, la clasificación de las fibras en la fabricación de pulpa para papel y las fórmulas para la determinación y clasificación del peso específico de la madera.

El apéndice II presenta las fotomicrografías de la estructura anatómica de las especies Bursera simaruba (jiñocuave) y Cordia alliodora (laurel) provenientes de los sitios de estudio.

El apéndice III muestra los mapas que incluyen promedios anuales de temperatura (°C); brillo solar (horas/día) y precipitación (mm), detectados para Costa Rica durante el período 1961 - 1980 por el Instituto Meteorológico Nacional.

VII. RESULTADOS

1. Descripción anatómica y morfológica de la madera de Bursera simaruba, (jiñocuave).

2. Características generales de la madera

Esta madera no muestra diferencia marcada entre albura y duramen, en general, su color es amarillo pálido con vetas color gris claras y oscuras.

Tiene anillos de crecimiento que son evidentes a simple vista; sus límites están definidos por bandas oscuras y regulares.

La distribución de las fibras en el cuerpo del árbol (grano) es lineal o recta, en ocasiones un tanto irregular, la textura de la madera es mediana y bastante homogénea. La cara radial, debido a la disposición del parénquima, muestra reflejos dorados poco conspicuos, lo que le da a la madera un lustre regular.

En condición verde, la madera tiene un olor similar a las especies de la familia Leguminosae, en condición seca el aroma está ausente. La madera tiene un sabor ligeramente dulce.

La resina que se encuentra en la madera, es de color rojo, puede ser utilizada como pegamento en diversos usos. Además disuelta en terpentina (extracto resinoso de Pinus palustris), produce un barniz de alta calidad (Record and Hess, 1943).

3. Descripción macroscópica

En la sección transversal, se observan los elementos de los vasos (poros), distribuidos de una manera difusa, son fácilmente visibles, su tamaño varía de pequeños a medianos, en ocasiones son irregulares. En un 77% son solitarios, también se observan poros asociados o múltiples en número de 2 y 4 y distribuidos radialmente. Se observan algunos elementos de los vasos bloqueados (tílides), por gomas o por tejido parenquimático, las tílides son de paredes delgadas, de color pardo oscuro.

El parénquima es indistinguible con lupa. Los radios apenas se observan a simple vista, son finos y moderadamente pocos, aproximadamente se encuentran 25 en 5mm. lineales.

4. Descripción microscópica

Los elementos de los vasos, son de tamaño mediano, con una longitud de 350 a 800 µm., el diámetro tangencial promedio se encuentra entre 100 y 200 µm. Las placas perforadas son simples con

una inclinación pronunciada superior a los 15º, con puntuaciones alternas, redondas y compactas, las aperturas son lenticulares en su mayoría incluidas.

El parénquima es escaso, del tipo paratraqueal (asociado a los elementos de los vasos), apenas visible al microscopio, en corte longitudinal se observan las células alargadas verticalmente.

Cortes tangenciales muestran que la especie tiene radios con un promedio de 10 a 22 células de altura. El sistema radial, consiste de radios multiseriados de 3 a 8 células de ancho, heterogéneos (formados por células verticales y procumbentes) de una a dos hileras marginales de células cuadradas y en ocasiones, la parte multiseriada está compuesta de células procumbentes con una hilera marginal de células erectas o verticales.

También se observan en B. simaruba gran cantidad de canales gomíferos (ver figura II.7), entremezclados con las células de los rayos. La abundancia de estas estructuras es evidente en las muestras provenientes de zonas con régimen de lluvia alto.

Las fibras en su mayoría son fusiformes, no estratificadas, algunas son septadas y ambos tipos con punteaduras simples.

La longitud es mediana, entre 900 a 1600 µm. El promedio del diámetro tangencial es superior a las 30 µm.; el espesor de la pared es de 8 µm. y el diámetro promedio del lumen es de 24 µm.

Se pueden observar también fibrotraqueidas que son estructuras de transición.

En el tejido parenquimático, principalmente el de los radios, se localizan cristales de forma variada, generalmente prismáticos. Se encuentran libres o agrupados, por lo regular dentro de las células procumbentes de los rayos y en algunos casos, los encontramos en los receptáculos de las fibras septadas.

1. Descripción anatómica y morfológica de la madera de Cordia alliodora (laurel)

2. Características generales de la madera

La transición de albura a duramen es gradual. En condición verde, la albura es color pardo. El duramen es similar, pero más oscuro.

En condición seca, la albura y el duramen toman una tonalidad parda.

Presenta anillos de crecimiento regulares, con límites definidos por bandas oscuras que pertenecen al leño tardío.

El grano o distribución de las fibras, es recto, en algunos casos entrecruzado en bandas poco pronunciadas.

La textura de la madera es mediana y homogénea. En las caras radial y tangencial se observan líneas verticales superpuestas producidas por los límites de los anillos de crecimiento. Además las células del parénquima expuestas principalmente en la cara radial, dan a la madera un lustre alto.

El color y el sabor de la madera es muy característico de la especie.

3. Descripción macroscópica

En sección transversal, la porosidad de la madera es difusa, los elementos de los vasos se distribuyen en hileras oblicuas y tangenciales. Son ligeramente visibles, redondos, en ocasiones ovalados y de tamaño mediano. Predominan los poros solitarios, pero también encontramos agrupaciones de poros múltiples, radiales en número de 2 y 3. En ocasiones se hallan agrupaciones tangenciales de poros en números de 2. Se observan algunas tílides

obstruyendo los elementos de los vasos.

El parénquima es visible únicamente con lupa o estereoscopio. Se presentan tres tipos de parénquima de acuerdo a su asociación con los vasos: paratraqueal (asociado a los vasos); a) vasicéntrico, (cuando el parénquima se localiza alrededor de los vasos) y b) apotraqueal del tipo terminal en bandas (esto es, reducido al final de un incremento estacional.

Los radios son visibles, moderadamente anchos y se localizan aproximadamente 17 por cada 5mm. lineales en la sección transversal.

4. Descripción microscópica

Los elementos vasculares son pequeños en diámetro. Según su longitud, se pueden clasificar como medianos a muy largos. Las placas perforadas son simples y poco inclinadas. Las puntuaciones intervasculares son alternas, ovaladas, de aperturas coalescentes en ocasiones extendidas.

El sistema de radios es heterogéneo, sus partes multiseriadas están compuestas por células procumbentes con hileras marginales erectas, hay algunas células tipo baldosa y líneas de células

erectas entre las procumbentes. Los radios multiseriados están compuestos por 3 a 7 células de ancho y de 10 a 40 células de altura (ver figura II.4). En algunas ocasiones se han encontrado radios con más de 100 células de altura. Además se han encontrado rayos longitudinalmente fusionados.

La fibras son fusiformes en su mayoría, en algunas ocasiones pueden encontrarse fibras ventriformes y septadas (con un septo por fibra). Tienen puntuaciones simples en sus paredes radiales. El tamaño es mediano, de 900 a 1600 µm.; su diámetro tangencial promedio es igual o superior a 26 µm.; el diámetro del lumen tiene un promedio de 23 µm. y el espesor promedio de la pared es de 4 µm.

Se localizan cristales prismáticos solitarios en las células de los rayos y del parénquima axial (ver figura II.5).

Se observa que las especies con mayor peso específico y mayor densidad provienen de los sitios donde la humedad en el sustrato es menor y están además influenciadas por otros factores tales como temperatura, evapotranspiración, tipo de suelo, altitud de la zona donde se ubican las especies y por las características ecológicas de cada zona.

A continuación se presentan los resultados de los análisis de las propiedades y características de la madera de ambas especies en las zonas de estudio.

En los cuadros 4a, 4b y 5a, 5b se observan los valores encontrados en las mediciones de los diferentes elementos estructurales de la madera y algunas características anatómicas de cada especie estudiada.

Los cuadros 6a y 6b contienen, la clasificación de las fibras de ambas especies según el Factor Runkel y el Coeficiente de Flexibilidad de Peteri, en la fabricación de pulpa para papel.

Los cuadro 7a y 7b, muestran las propiedades físicas de las dos especies maderables y su clasificación de acuerdo al peso específico básico que presentan.

En el cuadro 8 se presentan los porcentajes encontrados en las especies de B. simaruba y C. alliodora en cada gramo de muestra analizada.

Se observan en el cuadro 9 las características de secado al aire y de trabajabilidad, propias de cada especie, así como el comportamiento presentado por cada una de ellas durante el tiempo de

secado.

Las figuras 3 y 4 muestran la relación establecida entre la densidad de la madera de C. alliodora con la contracción volumétrica y el tiempo de secado, en las muestras extraídas de cada sitio de estudio.

La figura 5 presenta la relación entre el peso específico de B. simaruba y C. alliodora respecto a la ubicación en mts. s.n.m., de las zonas de origen de las especies.

Cuadro No.4a

Características de los elementos de los vasos y radios de Bursera simaruba (jiñocuave) procedente de tres zonas de Costa Rica.

ZONAS DE ESTUDIO	ELEMENTOS DE LOS VASOS				RADIOS			
	Abundancia por cada 100mm^2	Diámetro (µm)		Longitud promedio (µm)	Altura promedio		Ancho promedio	
		Máx.	Mín.		(µm)	No. de Células	(µm)	No, de Células
Salitre (Buenos Aires)	870	176	111	351	123	16	23	3
Bagaces (Guanacaste)	568	167	65	517	470	22	55	3 - 8
Cariari (Limón)	463	240	93	177	463	21	37	3 - 4

NOTA: Los promedios y ámbitos se basan en mediciones individuales de cada elemento estructural de la madera. (100 en cada caso).

Cuadro No.4b

Características de los elementos de los vasos y radios de Cordia alliodora (laurel) procedente de tres zonas de Costa Rica.

ZONAS DE ESTUDIO	ELEMENTOS DE LOS VASOS				RADIOS			
	Abundancia por cada 100mm^2	Diámetro (µm)		Longitud promedio (µm)	Altura promedio		Ancho promedio	
		Máx.	Mín.		(µm)	No. de Células	(µm)	No. de Células
Salitre (Buenos Aires)	393	306	65	130	2324	78	115	3 - 8
Turrialba	450	188	75	300	1335	55	128	7
Bagaces (Guanacaste)	640	93	60	166	769	38	74	3 - 5

NOTA: Los promedios y ámbitos se basan en 100 mediciones individuales de cada elemento estructural de la madera.

Cuadro No. 5a

Tamaño de las fibras de la madera en Bursera simaruba (jiñocuave) provenientes de tres zonas de Costa Rica.

ZONAS DE ESTUDIO	LONGITUD (µm)			DIAMETRO TANGENCIAL (µm)	DIAMETRO DEL LUMEN. (µm)	GROSOR DE LA PARED (µm)
	Máx.	Mín.	Prom.	Promedio	Promedio	Promedio
Cariari (Limón)	1818	614	1139	32	22.6	9.7
Bagaces (Guanacaste)	1295	864	1052	34.5	22	6
Salitre (Buenos Aires)	1545	560	936	38	29	9

NOTA: Los promedios y ámbitos se basan en 100 mediciones individuales de cada característica de las fibras.

CUADRO No.5b

Tamaño de las fibras de la madera en Cordia alliodora (laurel) proveniente de tres zonas de Costa Rica.

ZONAS DE ESTUDIO	LONGITUD (µm)			DIAMETRO TANGENCIAL (µm)	DIAMETRO DEL LUMEN. (µm)	GROSOR DE LA PARED (µm)
	Máx.	Mín.	Prom.	Promedio	Promedio	Promedio
Salitre (Buenos Aires)	2045	977	1499	20.4	14	6.4
Turrialba	1600	927	1236	28	22	3
Bagaces (Guanacaste)	1591	841	1318	38.6	25	4.8

NOTA: Los promedios y ámbitos se basan en 100 mediciones de cada característica de las fibras.

CUADRO No. 6a

Clasificación de las fibras, según el Factor Runkel y Coeficiente de Flexibilidad de Peteri en Bursera simaruba (jiñocuave) proveniente de tres zonas de Costa Rica.

Zonas de Estudio	Factor Runkel	Clasificación para pulpa	Coeficiente de flexibilidad de Peteri
Cariari (Limón)	0.86	Buena, Grupo III	36
Bagaces (Guanacaste)	0.52	Buena, Grupo III	30.5
Salitre (Buenos Aires)	0.61	Buena, Grupo III	25

CUADRO No.6b

Clasificación de las fibras según el Factor Runkel y Coeficiente de Flexibilidad de Peteri en Cordia alliodora (laurel) procedente de tres zonas de Costa Rica.

Zonas de Estudio	Factor Runkel	Clasificación para pulpa	Coeficiente de flexibilidad de Peteri
Salitre (Buenos Aires)	0.91	Buena, Grupo III	73.5
Bagaces (Guanacaste)	0.38	Muy Buena Grupo II	34
Turrialba	0.27	Muy Buena Grupo II	44

Cuadro No.7a

Propiedades físicas de Bursera simaruba (jiñocuave) en tres zonas de Costa Rica

Bursera simaruba (jiñocuave)	Contenido de humedad verde. %	Densidad	Peso específico		Contracción Volumétrica	Clasificación
		Peso y volumen verde. gr/cm^3.	Peso seco al horno y volumen verde.	Peso y volumen seco al horno.	De verde a seco al horno.	Según su peso específico básico.
Salitre (Buenos Aires)	179	0.86	0.31	0.34	8.3	Liviana
Bagaces (Guanacaste)	140	0.79	0.33	0.36	9.6	Liviana
Cariari (Limón)	107	0.66	0.32	0.37	8.00	Liviana

Cuadro No.7b

Propiedades físicas de Cordia alliodora (laurel) estudiada en tres regiones de Costa Rica.

Cordia alliodora (laurel)	Contenido de humedad verde. %	Densidad	Peso específico		Contracción Volumétrica	Clasificación
		Peso y volumen verde. gr/cm^3.	Peso seco al horno y volumen verde.	Peso y volumen seco al horno.	De verde a seco al horno.	Según su peso específico básico.
Bagaces (Guanacaste)	58.9	0.91	0.57	0.66	12.9	Pesada
Salitre (Buenos Aires)	72.0	0.65	0.38	0.42	8.9	Moderadamente liviana
Turrialba	115	0.62	0.29	0.32	8.3	Muy liviana

CUADRO No.8

Porcentaje de sílice encontrado en Cordia alliodora (laurel) y Bursera simaruba (jiñocuave) estudiadas en tres zonas de Costa Rica.

Zona de Estudio % Sílice	Salitre		Turrialba		Bagaces	
	C. alliodora	B. simaruba	C. alliodora	B. simaruba	C. alliodora	B. simaruba
Prueba I	2.85	0.78	1.85	0.99	2.15	1.05
Prueba II	2.75	0.85	1.50	1.10	2.13	1.03
$\bar{X}$	2.8	0.82	1.7	1.00	2.1	1.00

CUADRO No.9

Características del secado al aire y trabajabilidad de Cordia alliodora (laurel) y Bursera simaruba (jiñocuave) estudiadas en tres zonas de Costa Rica.

Zonas de origen del material	SALITRE		TURRIALBA	CARIARI	BAGACES	
Características de la madera	C.alliodora	B.simaruba	C.alliodora	B.simaruba	C.alliodora	B.simaruba
Tiempo de secado (semanas) **	27	26	25.5	17	29	29
Clasificación	Moderado	Moderado	Moderado	Rápido	Lento	Lento
Comportamiento de la madera	Sin defectos	Ataque de barreno	Sin defectos apreciables	Sin defectos	Severas rajaduras laterales y torceduras	Ataque por barreno
Trabajabilidad	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil

** Velocidad de Secado

- Rápido: 120 días (17 semanas)
- Moderado: 120 - 200 días (18 - 29 semanas)
- Lento: 200 días (29 semanas) o más.

DE

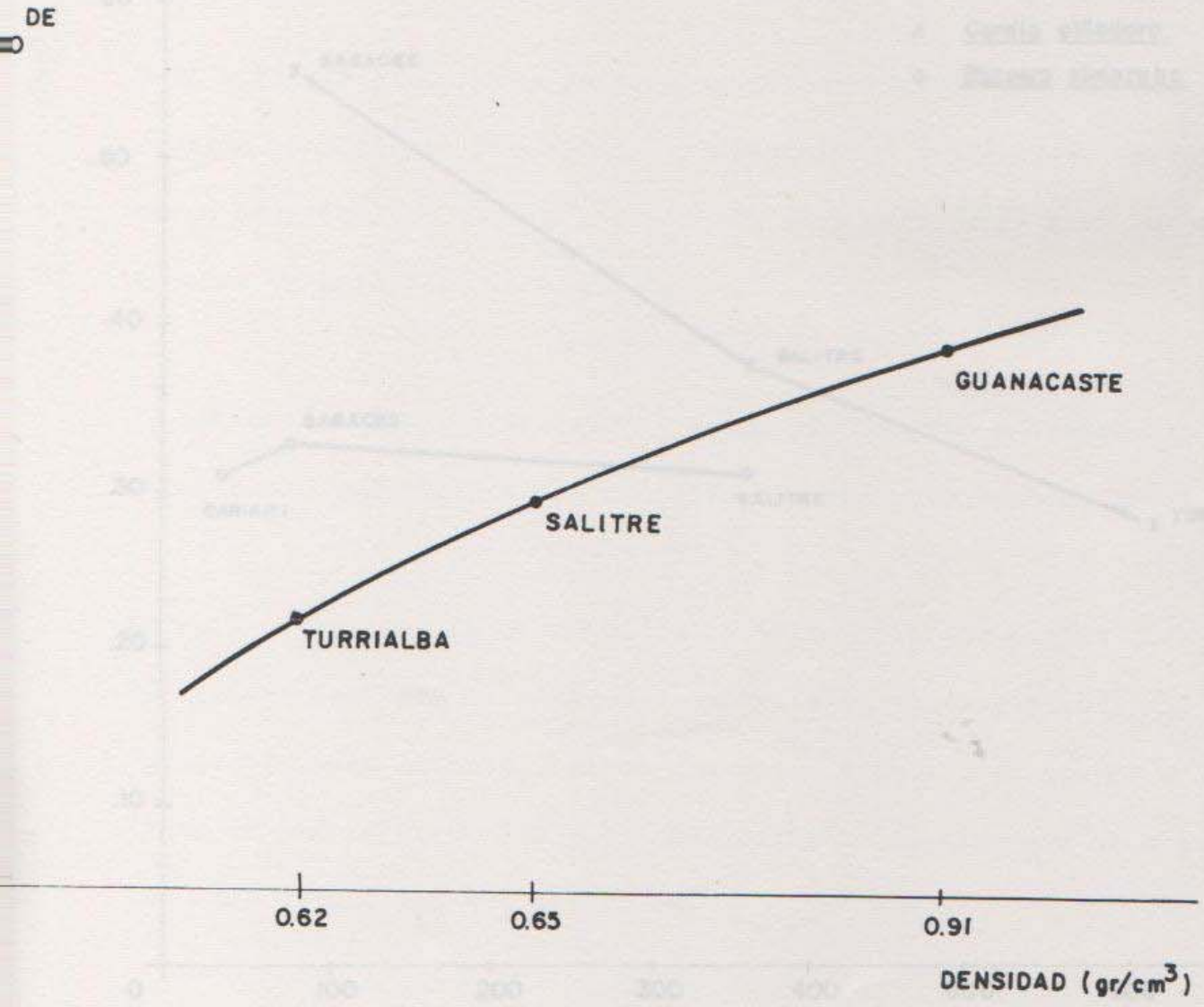


FIGURA N.4 RELACION ENTRE EL TIEMPO DE SECADO Y LA DENSIDAD DE LA MADERA DE *CORDIA ALLIODORA* (laurel), PROVENIENTE DE TRES ZONAS DE COSTA RICA.

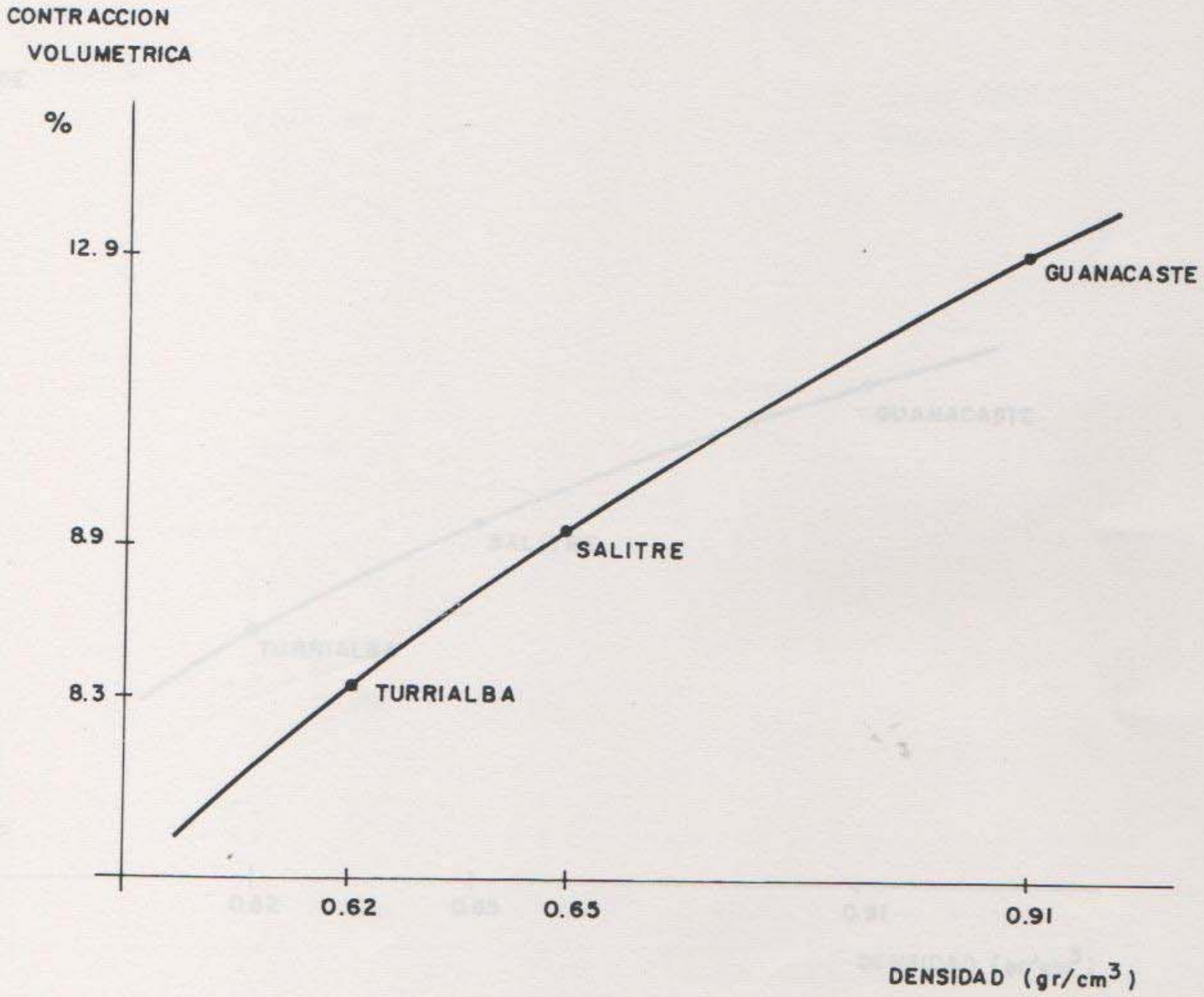


FIGURA N.3 RELACION ENTRE LA CONTRACCION VOLUMETRICA Y LA DENSIDAD OBSERVADA EN *CORDIA ALLIODORA* (laurel), PROVENIENTE DE TRES ZONAS DE COSTA RICA.

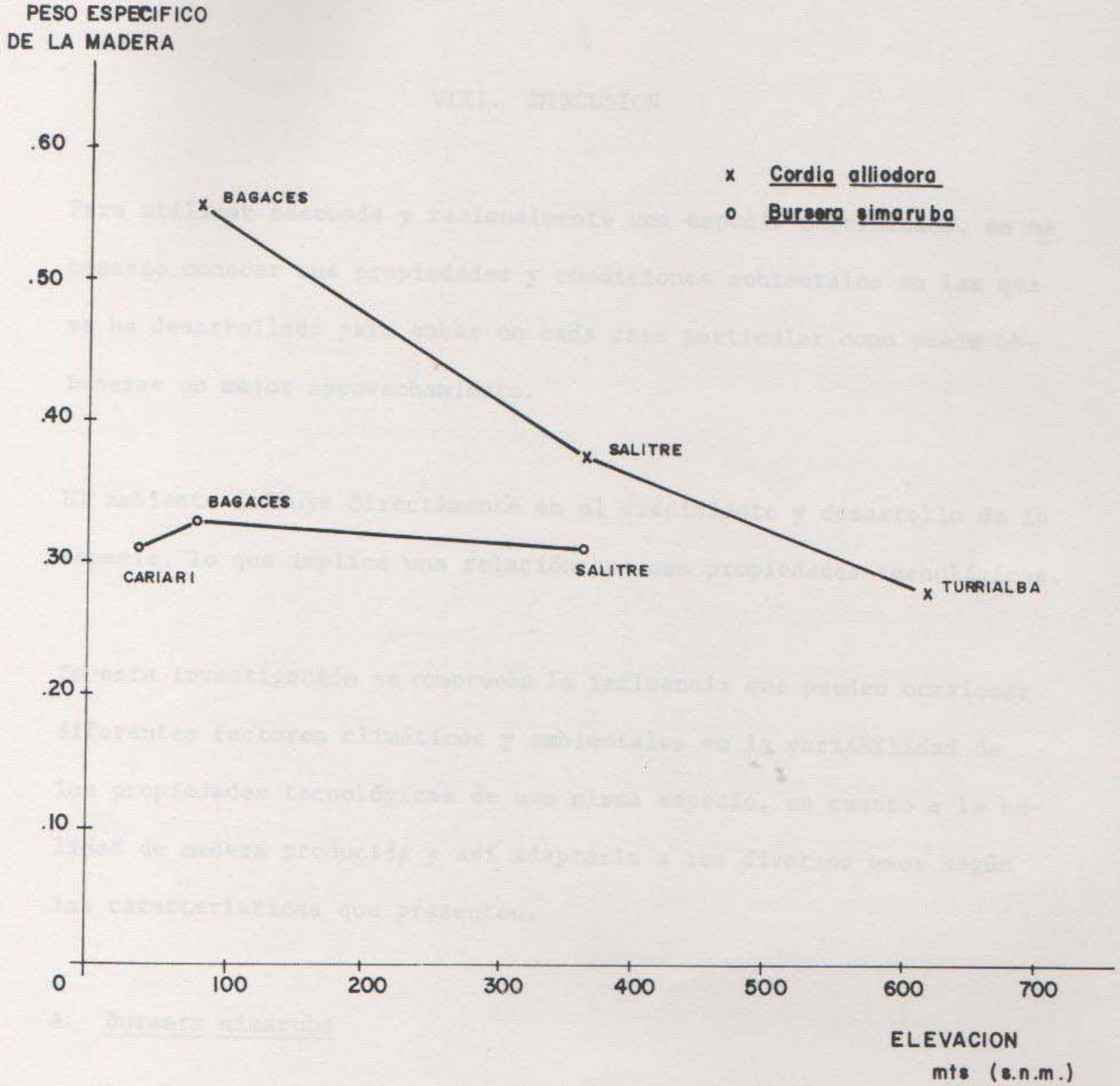


FIGURA N.5 RELACION DEL PESO ESPECIFICO DE *B. simaruba* Y *C. alliodora* RESPECTO A LA UBICACION DE LAS ZONAS DE ORIGEN DE LAS ESPECIES. (mts s.n.m.)

VIII. DISCUSION

Para utilizar adecuada y racionalmente una especie determinada, es necesario conocer sus propiedades y condiciones ambientales en las que se ha desarrollado para saber en cada caso particular como puede obtenerse un mejor aprovechamiento.

El ambiente influye directamente en el crecimiento y desarrollo de la especie, lo que implica una relación con sus propiedades tecnológicas.

En esta investigación se comprueba la influencia que pueden ocasionar diferentes factores climáticos y ambientales en la variabilidad de las propiedades tecnológicas de una misma especie, en cuanto a la calidad de madera producida y así adaptarla a los diversos usos según las características que presenten.

A. Bursera simaruba

1. Propiedades físicas: (Anexo, cuadro 7a)

La madera de B. simaruba se clasifica como liviana. Su peso específico casi no varía respecto a la zona en que se extrajo la muestra, esta propiedad oscila entre 0.31 (en Salitre); 0.32 (en Cariari) y 0.33 (en Bagaces de Guanacaste).

El peso específico es una excelente medida que permite ponderar las propiedades de trabajabilidad de cada especie así como de su resistencia mecánica.

El relativo bajo peso específico observado en la madera de B. simaruba, se debe a que las muestras estudiadas se obtuvieron de árboles jóvenes, con edades entre los 8 y 12 años de edad. (Ver Fig. 5)

Al disminuir el régimen de lluvias, la densidad aumenta, esta característica se observó en las muestras aquí estudiadas donde encontramos la mayor densidad en las piezas provenientes de Salitre de Buenos Aires, el valor de la densidad aquí observado es de 0.86gr/cm^3. Al encontrar el mayor valor en la densidad de la madera en la región de mayor precipitación, es conveniente antes de llegar a una conclusión, tomar en cuenta otros factores ambientales que han influido en dicha propiedad, factores como:el tipo de suelo, temperatura y evapotranspiración promedio anual de la región.

La contracción volumétrica de la madera de condición verde a seca al horno es normal para el peso específico encontrado en las muestras, sin embargo, se debe mencionar el hecho de que

los mayores valores de contracción de las piezas, se presentaron en aquellas provenientes de la región más seca, condición ambiental que contribuye a que los árboles que ahí crecen, posean mayor cantidad de materia sólida.

2. Características anatómicas (Anexo, cuadros 4a, 5a y 6a)

Al comparar la variabilidad en los datos de la madera de B. simaruba con respecto a la cantidad de elementos de los vasos (poros) por cada $100mm^2$, es interesante observar como varía su número en las muestras estudiadas según el sitio de origen de las especies. La abundancia es de 870 poros en las muestras de Salitre; 568 poros en Bagaces y 463 poros en la madera proveniente de Cariari de Limón.

De igual manera el promedio de las longitudes de los elementos de los vasos, sufrió variaciones, se encontró que en las muestras de Cariari, la longitud promedio es de 177 µm., en Salitre, 351 um. y en Bagaces de Guanacaste los elementos de los vasos mostraron una longitud de 517 µm. Así mismo la variación de las medidas de los rayos con respecto a la altura y número de células es evidente en las muestras provenientes de las tres regiones estudiadas.

Las fibras son medianamente largas con un promedio de longitud que oscila entre 936 y 1139 µm. Las mediciones realizadas en las fibras, que incluyen el diámetro tangencial promedio, el diámetro del lumen y el grosor de la pared, guardan una relación estrecha en cuanto a los valores encontrados en cada caso.

El Factor Runkel, clasifica a las fibras de la madera de esta especie como buena para la fabricación de pulpa para papel y ubica los valores obtenidos dentro del grupo III de esta clasificación. El valor más bajo para este factor se obtuvo de las muestras provenientes de Bagaces (0.52), lo que la denomina como la zona más adecuada para la producción de la especie en dicho propósito.

3. Contenido de SiO_2 (impura). (Anexo, cuadro 8)

Los procentajes de SiO_2 presentes en la madera, son un indicador que está generalmente asociado a la composición química de la madera en cada especie y al suelo donde creció. Se relaciona con la trabajabilidad del material. La presencia de este compuesto; no es el único factor que determina si una especie es fácil o difícil de trabajar, ya que es una característica que se relaciona con la resistencia que oponga al filo de las herramientas usadas para este fin.

Los procentajes de sílice encontrados en las muestras analizadas son altos, el ámbito oscila entre 0.82 y 1% del peso total de la muestra, sin embargo, se observa que los valores promedio son similares en las maderas de las especies en todas las zonas estudiadas, lo que podría indicar una característica de la especie.

4. Características de secado y trabajabilidad de la madera. (Anexo, cuadro 9)

La madera de Bursera simaruba, tuvo un tiempo de secado variable, entre 17 y 29 semanas. El secado de las muestras provenientes de Guanacaste (Bagaces) fue el más lento.

Las piezas provenientes de Salitre mostraron un secado moderado; siendo las más rápidas en este proceso las extraídas de Cariari de Limón.

Al comparar esta característica mostrada por la madera en las tres regiones, observamos que existe una relación directa entre el aumento en la densidad y el tiempo de secado de las piezas, por este motivo se asume que la mayor cantidad de materia sólida en la madera, se produce en especies que han crecido en sitios donde la cantidad de humedad presente en el

sustrato, es más baja.

La madera no muestra defectos durante el secado.

Esta especie tiene la particularidad de que su madera es fácilmente atacada por hongos (ver figura II.13) y por insectos barrenadores, lo que le resta calidad y vida útil. Para controlar esta desventaja, es conveniente la utilización de tratamientos preservadores como la inmersión de las muestras en sales de cobre, cromo y arsénico (compuesto conocido como C.C.A.) o bien tratar la madera con Pentaclorofenol al 5% disuelto en diesel o aplicar un tratamiento a base de creosota; de cromo o de boro, entre otros.

Esta especie se cataloga como fácil de trabajar y las superficies adquieren buen acabado.

5. Usos adecuados de la madera

Bursera simaruba (jiñocuave)

a) Según la clasificación por el Factor Runkel, esta especie se considera como buena en la fabricación de pulpa para papel.

b) Puede utilizarse en la construcción de cajas y en la fabricación de palillos para fósforos.

c) Debidamente preservada, se recomienda en carpintería en general, construcción de interiores, formaleta, chapa y contraenchapado.

d) Se utiliza como poste vivo para cercas.

B. Cordia alliodora

1. Propiedades físicas (Anexo, cuadro 7 b)

La madera de Cordia alliodora, presenta una variabilidad significativa en el valor del peso específico con respecto a cada región de donde se extrajeron las muestras sometidas a estudio. (Ver Fig. 5)

Se clasifica como una madera liviana según los datos obtenidos en las muestras provenientes de Turrialba. En las piezas colectadas en Salitre se encontró que la madera es moderadamente liviana y en las muestras originadas en Bagaces de Guanacaste, la madera se clasifica como pesada.

La relación establecida entre la densidad de la madera y el porcentaje de contracción volumétrica de las muestras durante el secado al horno (figura 3, Apéndice I), es clara en lo que se refiere al comportamiento de material denso durante el proceso de secado, en el cual las fibras pierden agua, es así como esta relación será directa, es decir entre más denso sea el material, mayor será la contracción de la muestra, lo que trae como consecuencia problemas de rajaduras y deformaciones durante este proceso.

La densidad de la madera, está relacionada con la resistencia mecánica que presente este material, lo que lleva a que entre mayor sea la densidad de las piezas, mejores propiedades presentará para la utilización en el campo estructural principalmente.

La figura 4, Apéndice I, establece la relación entre la densidad de la madera y el tiempo de secado de la especie Cordia alliodora, observemos que al contener mayor cantidad de elementos estructurales (como lo son las fibras), más difícil es para las piezas el eliminar agua, lo que conlleva a un mayor tiempo de secado.

2. Características anatómicas (Anexo, cuadros 4b, 5b y 6b)

La abundancia de los elementos de los vasos en sección transversal, se midió en las muestras provenientes de cada región de estudio. Se observó la cantidad de elementos de los vasos (poros) presentes por cada $100mm^2$ y se encontraron grandes diferencias en su número. En las muestras provenientes de Salitre, se encontraron 393 poros; las muestras originadas en Salitre, contaron con 450 poros por cada $100mm^2$ y el conteo en las muestras de madera de Bagaces revela la cifra de 640 poros por cada $100mm^2$.

Los radios son muy largos. La altura de estos elementos varía entre las 769 y 2324 µm., poseen una anchura que varía entre los 74 y 128 µm. Las células encontradas a lo alto del rayo son aproximadamente entre 38 y 78, a lo ancho se localizan células cuyo número varía en número de 3 y 8.

Las fibras son largas y en algunos casos como en las muestras extraídas de la plantación de Salitre, se catalogan como muy largas. Los valores del diámetro tangencial promedio de la fibra y el lumen, así como el del grosor de la pared, son variables en las muestras de cada región.

Contrario a lo esperado, los valores más altos en el grosor de la pared, no se encontraron en las muestras analizadas provenientes de la región más seca (Guanacaste), sino en las fibras de la madera de las muestras provenientes de Salitre.

En relación con la clasificación del Factor Runkel, esta madera se considera como buena para la fabricación de pulpa para papel (0.91) en las especies provenientes de Salitre y como muy buena en las especies extraídas de Guanacaste y Turrialba, en este caso el Factor Runkel es de 0.38 y 0.27 respectivamente.

El Coeficiente de Flexibilidad de Peteri es el resultado de la relación entre las longitudes de las fibras y su diámetro tangencial promedio. La flexibilidad de la fibra aumenta cuanto más largas sean éstas, lo que se comprueba al observar los resultados de las fibras de C. alliodora provenientes de Salitre.

3. Contenido de SiO_2 (impura) (Anexo, cuadro 8)

Los valores para este compuesto son similares en todas las muestras estudiadas. En las muestras provenientes de Salitre se reporta un porcentaje de 2.8; las provenientes de Guanacas

te contienen un 2.1% de sílice y aquellas extraídas de Turrialba, mostraron un 1.7% en cada gramo de muestra analizada.

4. Características de secado y trabajabilidad (Anexo, cuadro 9)

La madera de C. alliodora tiene un proceso de secado moderado en las piezas provenientes de Salitre y Turrialba, el tiempo de secado oscila entre 27 y 25.5 semanas, respectivamente.

Durante el proceso de secado al aire, las piezas provenientes de estas dos regiones se comportaron de una manera uniforme, mostrando defectos ligeramente débiles o leves.

Los valores de la contracción volumétrica son similares en las especies de ambas regiones.

Las piezas provenientes de los árboles desarrollados en la región de Guanacaste, se comportaron diferente en el proceso de secado al aire. El tiempo de secado de la madera fue de 29 semanas, lo que la cataloga como lenta en este proceso, además se produjeron severas rajaduras laterales y torceduras en todas las piezas probadas.

La contracción volumétrica es muy alta en estas piezas, siendo

las que presentaron el mayor porcentaje de contracción durante el proceso de secado al horno.

La trabajabilidad de la madera de C. alliodora se considera fácil, ya sea con herramientas manuales o con cualquier otro equipo de carpintería.

5. Usos de la madera de C. alliodora (laurel)

a) Según la clasificación del Factor Runkel, esta especie se cataloga como de buena a muy buena para la fabricación de pulpa para papel.

b) Puede utilizarse: en construcción en general, en muebles, durmientes de ferrocarril, puentes, ebanistería, chapa y fabricación de plywood.

c) Con tratamiento preservador, se utiliza en la fabricación en cubiertas interiores y exteriores en embarcaciones marinas principalmente. Además puede ser empleada en postes para cercas.

IX. CONCLUSIONES

Son pocos los estudios que se han realizado para relacionar las propiedades tecnológicas de las especies con su habitat y distribución (Acosta, 1967).

Algunos autores aportan estudios regionales del país cuyas descripciones no son suficientes para deducir características de la madera que permitan relacionarlas con la zona forestal de la cual provienen. La importancia de este aporte radica en que es factible por asociación de valores, propiedades y características, asignar usos y predecir el comportamiento del material en cada función asignada.

El comportamiento de la madera de Bursera simaruba y Cordia alliodora en cuanto a sus propiedades tecnológicas, es diferente y depende de factores climáticos y ambientales así como de características propias de la región de donde se extrajo la muestra estudiada.

La especie Bursera simaruba responde a los diferentes medios, de una manera muy uniforme, característica propia de la especie. Sin embargo, se aprecia cierta diversidad en los datos para peso específico, así como en algunas características anatómicas tales como la variación en el número y en el tamaño de los elementos estructurales que componen

la madera. Este comportamiento indica cierta plasticidad de la especie en su desarrollo. Al compararla con la especie de Cordia alliodora, notamos que la variabilidad mostrada por esta especie en las propiedades tecnológicas y características estructurales, es muy significativa y es de suponer entonces, mayor plasticidad al adaptarse a los diferentes ambientes y factores climáticos.

La mejor zona para la producción de madera de C. alliodora, es aquella en la que las temperaturas reportadas son altas y los regímenes de lluvia son bajos, contrario a lo reportado por (Trendelenburg, 1939) en estudios realizados en pino silvestre y abeto rojo, donde se denomina como zonas de mejor producción maderera, aquellas en las que el calor y la humedad media del ambiente son altos.

Los promedios más altos encontrados en las longitudes de las fibras pertenecen a las muestras provenientes de aquellas zonas en las que la humedad ambiental es mayor. Estos valores están correlacionados con el Coeficiente de Flexibilidad de Peteri, factor que determina la relación directa entre la flexibilidad de la fibra y su valor numérico.

El sílice es un componente común en las cenizas de la madera. Este compuesto puede ser absorbido del suelo por las raíces del árbol cuan

do se encuentra formando parte del sustrato en forma de sales principalmente, aunque también puede ser degradado por la planta y acumulado en el cuerpo en forma de desechos. En la mayoría de las especies, se localizan sólo vestigios de este mineral (0.01% o menos). Sin embargo, en algunas especies tropicales, se han detectado valores altos, incluso superiores al 2 por ciento.

Los niveles de sílice encontrados en B. simaruba y C. alliodora son relativamente altos, oscilando entre 0.82 y 1.00% para la primera especie y 1.7 a 2.8% para C. alliodora.

Aunque estos valores son altos, no son necesariamente índices que afecten la trabajabilidad de la especie como tal, sino que esa dificultad se manifestará más que todo en el desgaste del filo de las herramientas. Además existen otros factores que contribuyen a que la especie sea fácil o difícil de trabajar.

El sílice se localiza en la planta principalmente en dos formas: con una distribución uniforme, como en los casos de Guarea exelsa y Pouteria mammosa, o en manchas, como en Brosimum alicastrum y Trophis chorizantha. Por consiguiente, la concentración local de sílice en una especie, puede ser muy alto.

X BIBLIOGRAFIA

Literatura Citada

1. Acosta, I. 1967. Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica. I.I.C.A. Turrialba, Costa Rica. 192p.

2. Alcantara, D.L. 1975. Estudio tecnológico de dos especies maderables exóticas, Eucalyptus deglupta (Blume) y E. saligna Smith, en Costa Rica. Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 98p.

3. American Society for Testing and Materials. 1973. Standard methods of testing small clear specimens of timber. A.S.T.M. D143-52. 978p.

4. American Wood Preservers Association. 1972. Manual de estándares. Washington, D.C.

5. Anónimo. 1960. Identification of hardwoods a lens Key. Dept. of Science and Ind. Res. London. Bulletin No.25. 126p.

6. Bonilla, Lastenia. 1981. La madera y sus usos especialmente como material de construcción. Laboratorio de Productos Forestales. Universidad de Costa Rica. Mimeografiado. 11p.

7. Brown; H.P. et al. 1949. Texbook of wood technology. Vol. I (Structure, Identification, defects, and use of the commercial woods of the United States). 652p.

8. Esau, Katherine. 1977. Anatomy of seed plants. 2da. edición. John Wiley and Sons. New York. 550p.

9. Forsaith, C.C. 1926. The technology of New York state timbers. New York State Col. of Forestry, Syracuse University. Tech. Pub. 18. Vol. 26.

10. González, Martha; L. Llach y González, G. 1971. Maderas latinoamericanas VII. Características fisicomecánicas, de secado y tratabilidad de la madera de Cordia alliodora (Ruiz y Pav). OKen. Turrialba 21(3): 350 - 356.

11. Hess, R.; Wangaard, F. and Dickinson F. 1950. Properties and uses of tropical wood III. Trop. woods 97: 1 - 132, illus.

12. Holdridge, L.R. 1947. Determination of world formations from simple climatic data. Science 105 (2727): 367 - 368.

13. _____. 1962. Ecología basada en zonas de vida. Traducción del inglés por H. Jiménez S. I edición; 2a. reimpresión. San José, Costa Rica. I.I.C.A. 216p.

14. Holdridge, L.R. y L.P. Poveda. 1975. Arboles de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 546p.

15. Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. Mc Graw - Hill Book Company. 523p.

16. Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Tomo I. Madrid, España. 675p.

17. Kummerly, W. 1975. El gran libro del bosque. Editorial Blume Tuset. 17 Barcelona 6, España. 373p.

18. Pérez, S; V. van Ginneken, F. Protti y E. Ramírez. 1979. Manual descriptivo de criterios, clases y sub-clases del mapa de uso de suelos de Costa Rica. Escala 1:200.000.

19. Pittier, H. 1978. Plantas usuales de Costa Rica. 3a. edición. Editorial Costa Rica. San José, Costa Rica. 118p.

20. Record, S.J. 1934. Identification of the timbers of temperate North America. New York. John Wiley and Sons. 320p.

21. Record, S.J. and Hess, W.R. 1943. Timbers of the New World. Yale University Press, New Haven. U.S.A. 640p.

22. Runkel, R.O.H. 1952. Pulp. From. Tropical Woods Tappi 35(4): 174 - 178.

23. Sao Paulo. Instituto Tecnológico de Sao Paulo (I.T.S.P.). 1961. Característicos fisicomecánicos da madeira de ecucalipto. Conferencia mundial del eucalipto. Informe y documentos. Sao Paulo. Brazil.

24. Slooten, H.J. Vander. 1969. Maderas latinoamericanas, I. Objetivos y especificaciones generales de los estudios. Turrialba 19(3): 403 - 411.

25. Standley, P.C. 1937. Flora of Costa Rica. Field Museum of Natural History Botany. 8:750 and 980. Part II and III. Dpt. of Botany.

26. Tortorelli, L.A. 1956. Maderas y Bosques argentinos. Editorial Acme, S.A.C.I. Maipú 92. Buenos Aires.

27. Trendelenburg, R. 1939. Dar holz als Rohstoff. 450p.

28. U.S. Forest. Products Laboratory. 1955. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook. No.72. 528p.

29. Vásquez, A. 1979. Mapa generalizado de suelos. M.A.G. Dirección de Investigaciones Agrícolas. Unidad de Suelos. San José, Costa Rica.

30. Westoby, J.C. 1966. Science and technology; III. Possibilities for developing countries. Unasylva 20(4): 19 - 22.

Literatura Consultada

1. Alfaro, A. 1888. Lista de plantas encontradas hasta ahora en Costa Rica y en los territorios limítrofes. Extractada de la Biología Centrali-Americana. Anales del Museo Nacional de Costa Rica. I: 1 - 101.

2. Amos, G.L.; Dadwell, H.E. 1948. Siliceous inclusiona in wood in relation to marine borer resistance, Jour. Austral Coun cil S.C. Res. 21: 190.

3. Brazier, J.D. and Franklin, G.L. 1961. Identification of Hard-woods a microscope Key Gt. Britain Dept. of Sci. and Ind. Res. Bulletin No.46. 96p.

4. Font Quer, P. 1977. Diccionario de Botánica. Editorial Labor, S.A. Barcelona, España. 1244p.

5. Freire, L. 1973. Descripción macroscópica y microscópica de 15 maderas del Ecuador y clave de identificación con tarjetas perforadas. I.I.C.A. - O.E.A. Turrialba, Costa Rica. 125p.

6. García, Vilma. 1974. Caracterización de seis especies de maderas latifoliadas de El Petén, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Fac. de Ciencias Químicas y Farmacia. Gua temala. 70p.

7. Great Britain. Dpto of Scientificic and Industrial Research. 1960. Identification of hardwoods alens. Key Forest. Products. Research Bulletin No.25. 126p.

8. Internacional Association of Wood Anatomists. 1964. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy Zurich. Committee on nomenclature. 100p.

9. Jensen, A.W. 1962. Botanical histochemistry. Beberly, W.H. Freeman and Co. 345p.

10. Laboratorio de Productos Forestales. CATIE, U.C.R., MAG. 1981. Propiedades y usos de 48 especies maderables de Llanos del Cortés, Guanacaste. 296p.

11. Laboratorio de Tecnología de la Madera, I.I.C.A. 1968. Investigación y desarrollo de zonas forestales selectas de Costa Rica. Turrialba. 131p.

12. Nuñez, S.J. 1981. Fundamentos de Edafología. Editorial UNED. San José, Costa Rica. 216p.

13. Perelygin, L.M. 1965. Science of Wood. Higher School Publishing, Moscow. 199p.

14. Priitz, G. 1941. Kolonialforstl Mitt 4, Holz als Roh - und Werkstoff. 350p.

15. Standard Soil Color Chart. 1965. Tokyo Fujihira Industry. 14p.

16. Tosi, J. A. Jr. 1969. Mapa ecológico de Costa Rica. Basado en la clasificación de las zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical.

17. Wangaard, F.F.; Koehler; A. and Muschler; A.F. 1952. Properties and uses of tropical woods III. Tropical Woods No.98. pp. 167 - 169.

18. _____. 1954. Properties and uses of tropical woods IV. Tropical Woods. No.99. pp.1 - 187.

19. Wilde, S.A. 1958. Forest. soils. Their properties and relation to silviculture. The Ronald Press Company. New York. 537p.

20. Wood, L.W. 1960. Factor of safety in design of timber structures. American Society of Civil Engineers. Reprint from Transactions. Vol. 125. Part I. pp. 1033 - 1052.

APENDICE No. I

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO EN LA METODOLOGIA

CUADRO No.1

Clasificación de las fibras según el Factor de Runkel en la fabricación de pulpa para papel.

Valor Numérico del Factor	Calidad de la fibra	Grupo
Hasta 0.25	Excelente para papel	I
0.25 a 0.50	Muy buena para papel	II
0.50 a 1.00	Buena para papel	III
1.00 a 2.00	Regular para papel	IV
Por encima de 2.00	Mala para papel	V

FACTOR RUNKEL

$$R = \frac{2.e}{d}$$

R = Factor Runkel

e = Promedio de la pared

d = Promedio del lumen

CUADRO No.2

Fórmulas para la determinación de las propiedades físicas de la madera.

Peso específico básica	$= \frac{\text{Peso seco al horno}}{\text{Volumen verde}} \Big/$	densidad del agua
Peso específico seco al horno	$= \frac{\text{Peso seco al horno}}{\text{Volumen seco al horno}} \Big/$	densidad del agua
Densidad	$= \frac{\text{Peso verde}}{\text{Volumen verde}} =$	gr/cm^3
Contracción volumétrica	$= \frac{(\text{Vol. verde} - \text{Vol. seco al horno}) \times 100}{\text{Vol. verde}}$	

CUADRO No. 3

Clasificación de la madera de acuerdo a su densidad específica.

Peso específico básico Peso seco y vol. verde	Terminología
Menor de 0.20	Extremadamente liviana
0.20 a 0.25	Excesivamente liviana
0.25 a 0.30	Muy liviana
0.30 a 0.36	Liviana
0.36 a 0.42	Moderadamente liviana
0.42 a 0.50	Moderadamente pesada
0.50 a 0.60	Pesada
0.60 a 0.72	Muy pesada
0.72 a 0.86	Excesivamente pesada
Mayor 0.86	Extremadamente pesada

FIGURA N. I.1 DISCOS DE LA MADERA DE B. simaruba Y C. alliodora UTILIZADOS EN LA DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS GENERALES Y MACROSCOPICAS.

FIGURA N. I.2 MICROSCOPIO CON PANTALLA INCORPORADA Y EQUIPO DE MEDICION DE LOS ELEMENTOS DE LA MADERA.

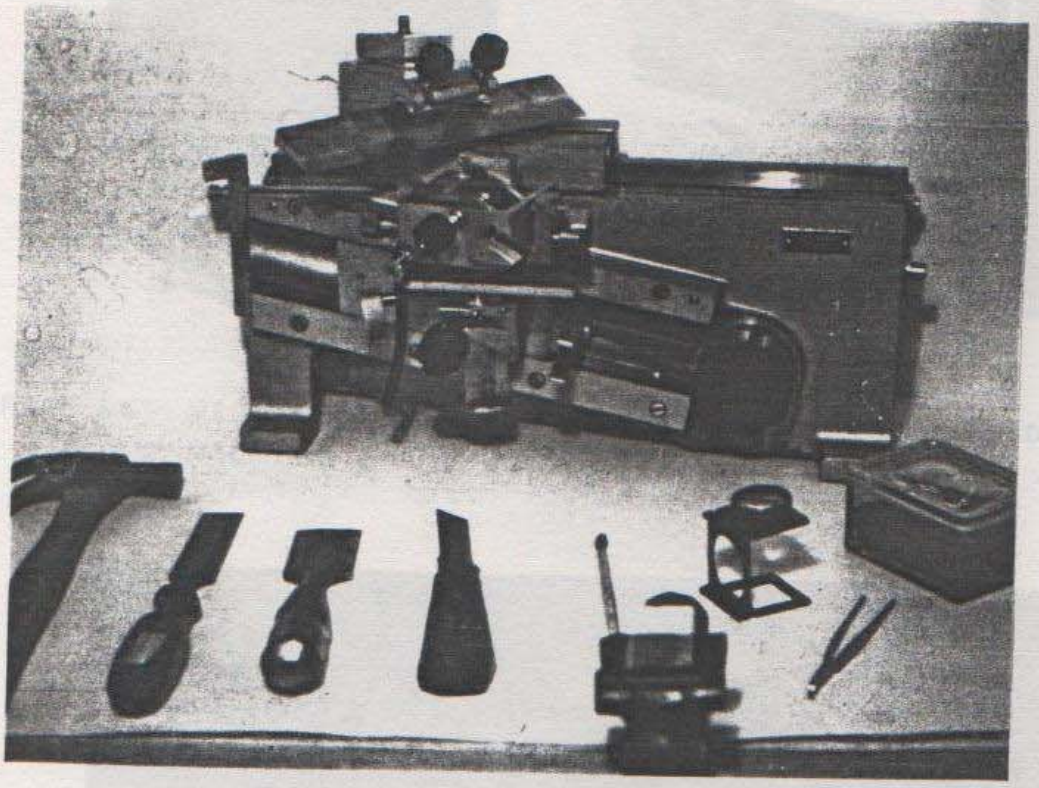


FIGURA N.13 MICROTOMO DE DESLIZAMIENTO USADO EN LA PREPARACION DE CORTES MICROTOMICOS DE LA MADERA.

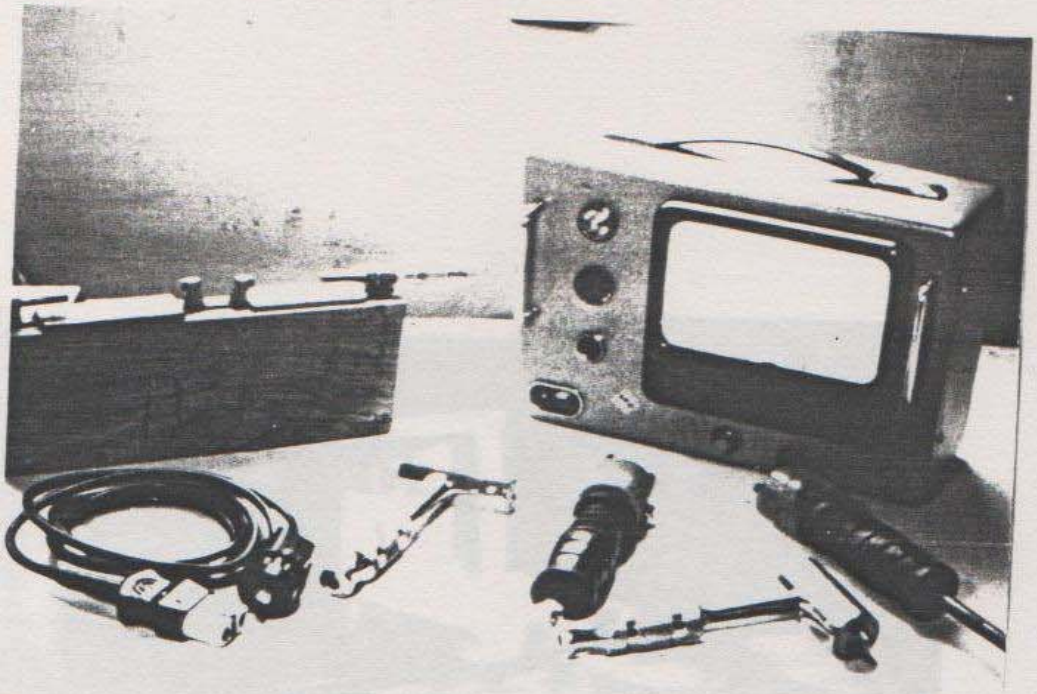


FIGURA N. I.4 MEDIDOR DE CONTRACCION VOLUMETRICA Y DE HUMEDAD DE LA MADERA.

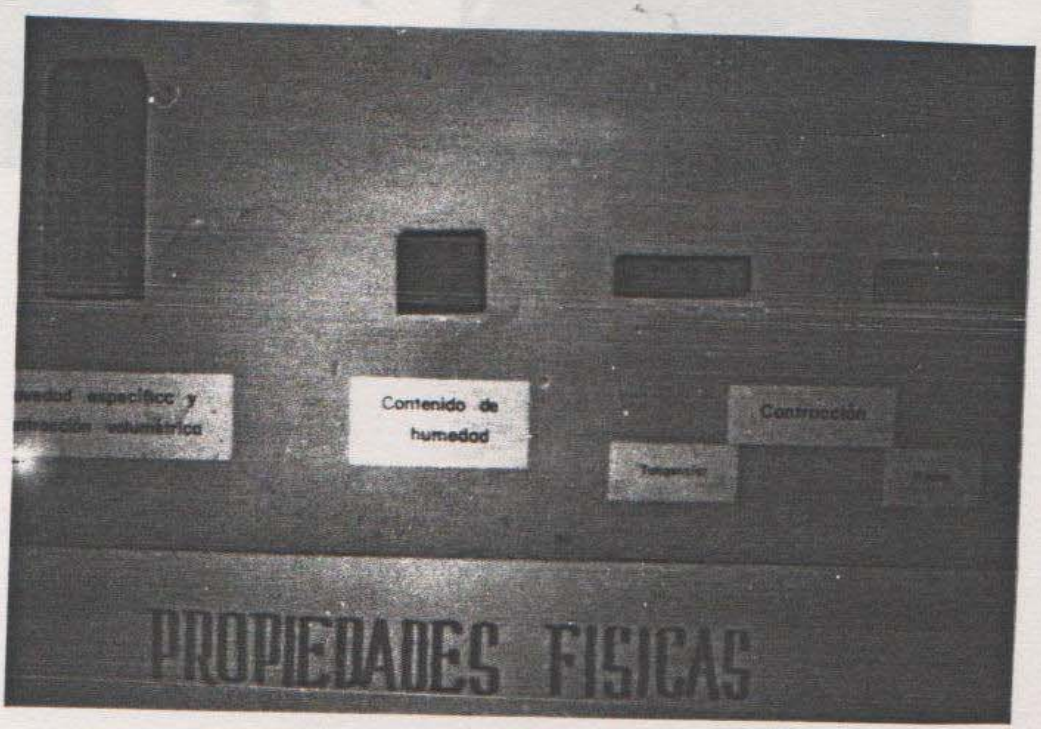


FIGURA N.I.5 MOSTRARIO DE LAS DIVERSAS PRUEBAS DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LA MADERA.

FIGURA N.I.6 MUFLA UTILIZADA PARA QUEMAR LA MADERA PARA ANALIZAR EL CONTENIDO QUIMICO DE LAS CENIZAS.

APENDICE No. II

ESTRUCTURA ANATOMICA DE LA MADERA DE *B. simaruba* Y *C. alliodora* ESTUDIADO EN TRES ZONAS DE COSTA RICA.

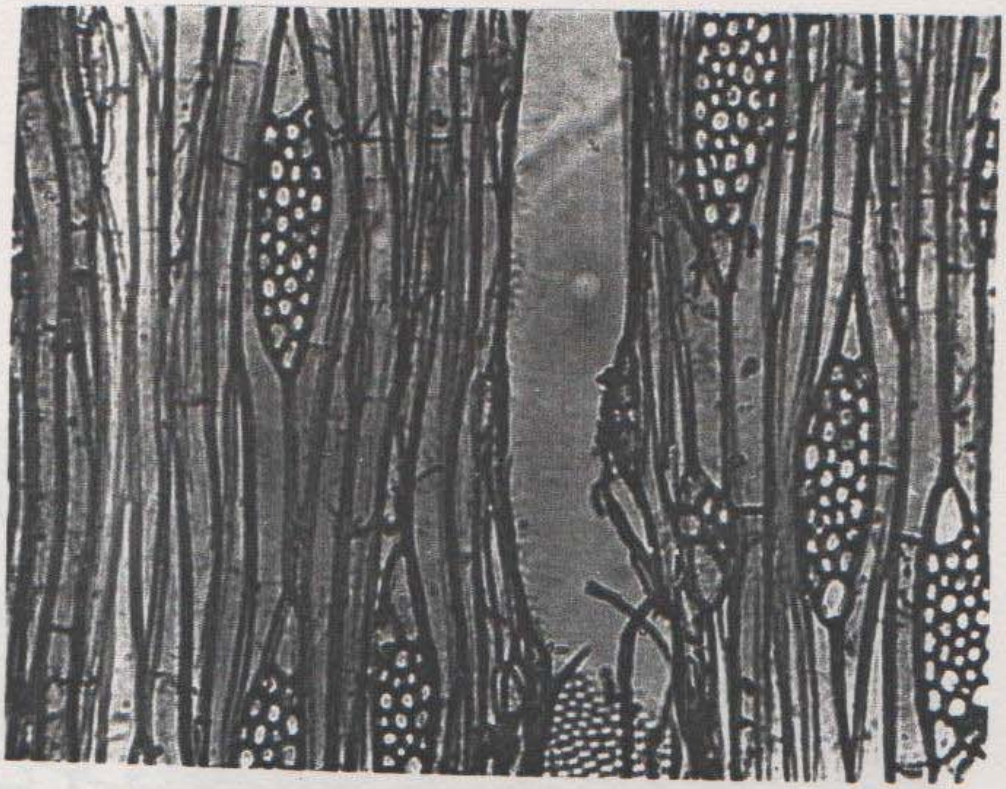


FIGURA N.II.1 CORTE TANGENCIAL DE B. simaruba (SALITRE) . 10x .

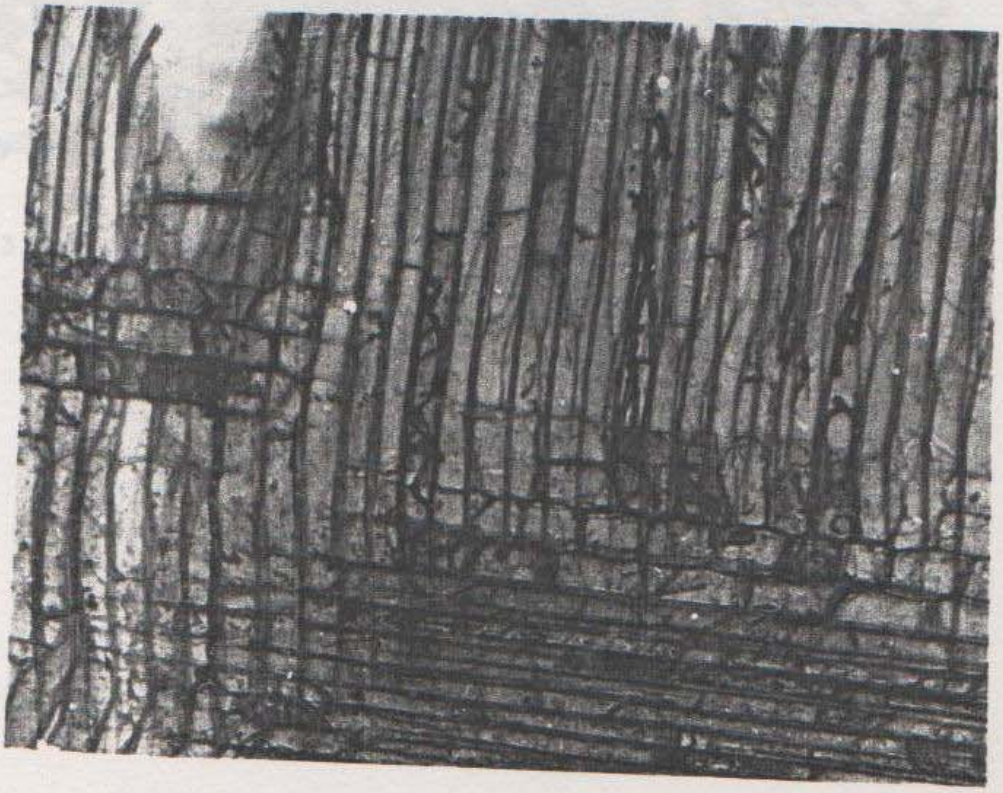


FIGURA N.II.2 CORTE RADIAL DE B. simaruba (SALITRE) . 10 x .

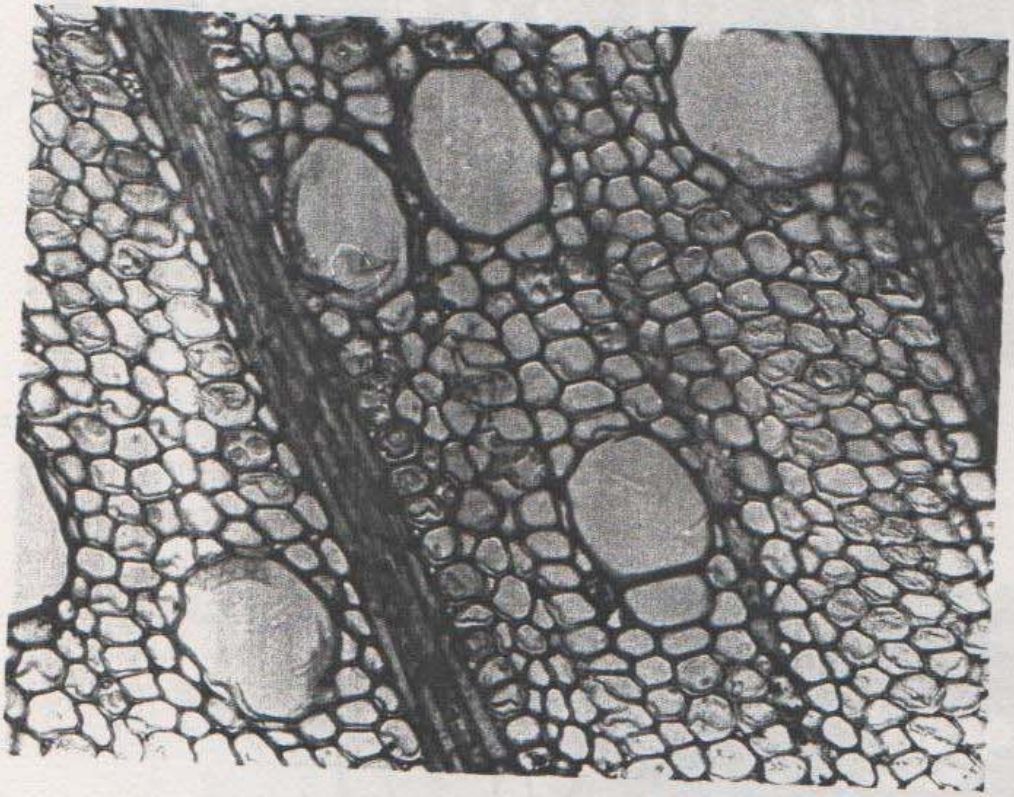


FIGURA N.II.3 CORTE TRANSVERSAL DE B. simaruba (SALITRE) 10x .

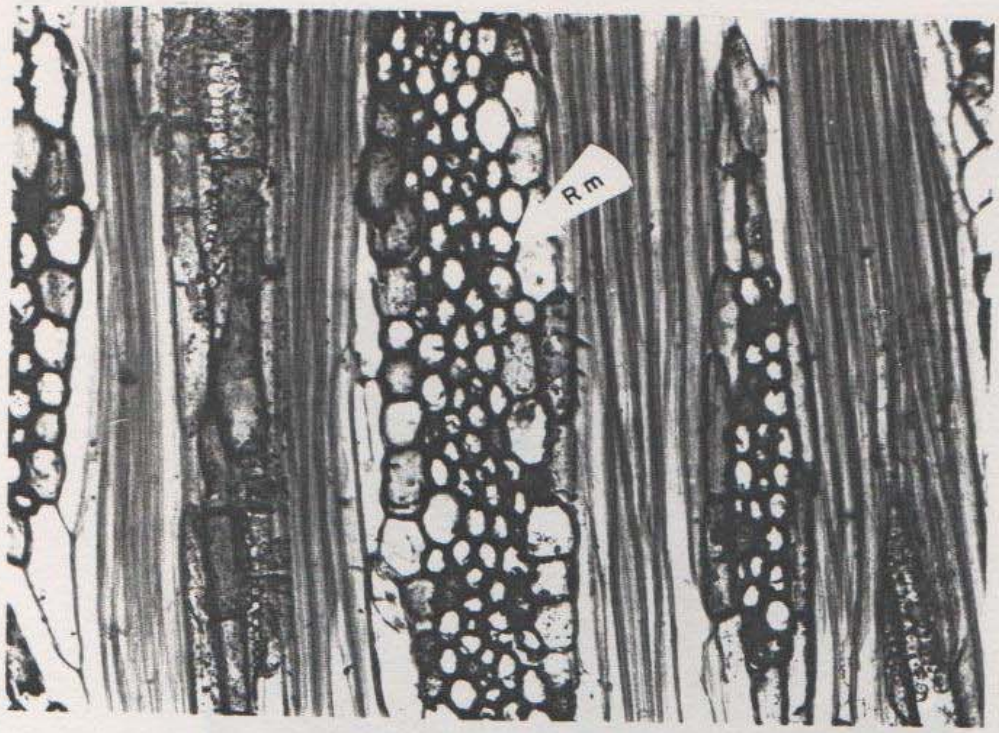


FIGURA N.II.4 CORTE TANGENCIAL DE C. alliodora (SALITRE) 4x.
(Rm) Radios multiseriados.

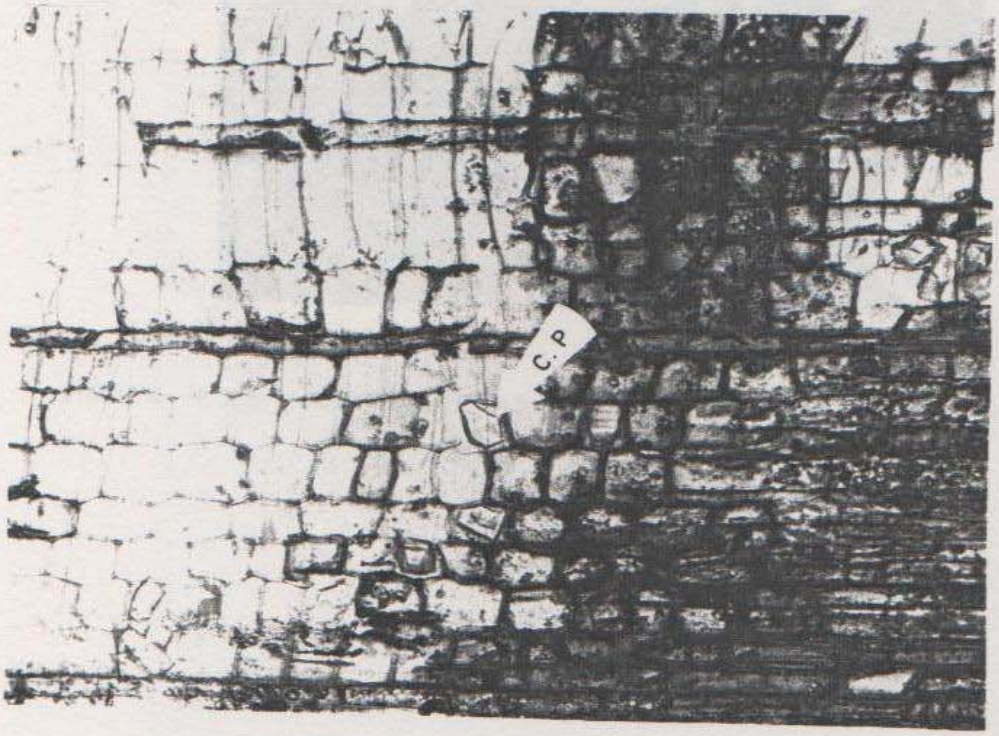


FIGURA N.II.5 CORTE RADIAL DE C.alliodora (SALITRE) 4x.
(C.P) Cristales prismáticos presentes en las células de parénquima.

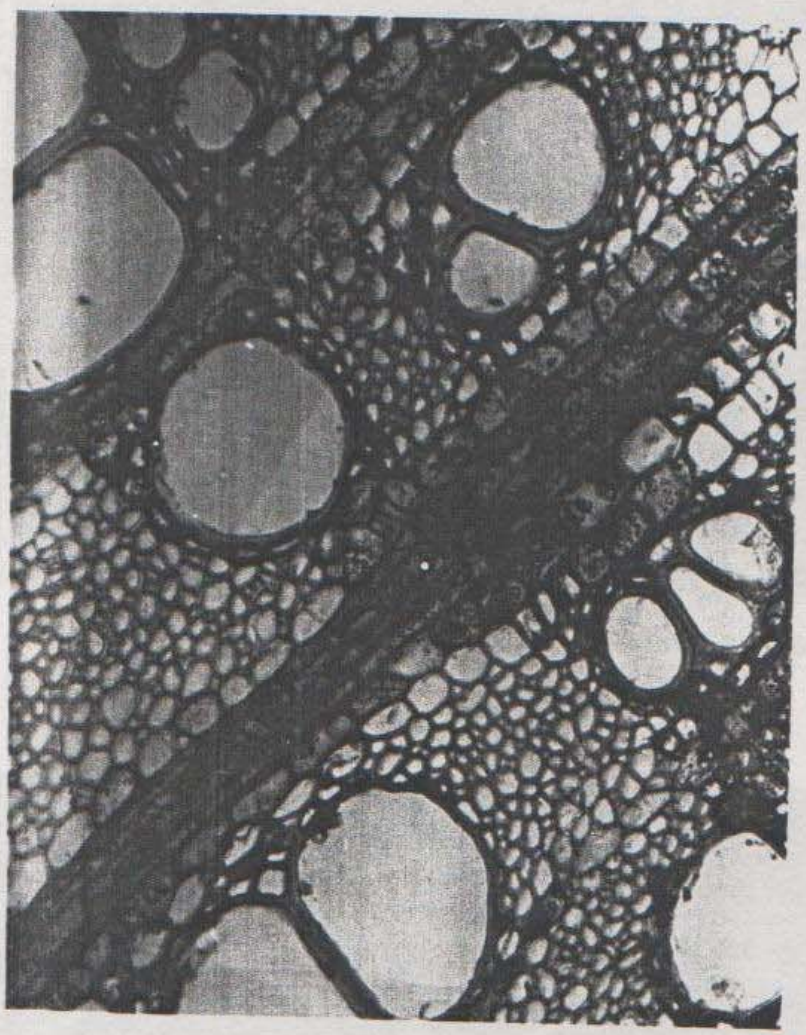


FIGURA N. II.6 CORTE TRANSVERSAL DE C. alliodora (SALITRE) 4x.

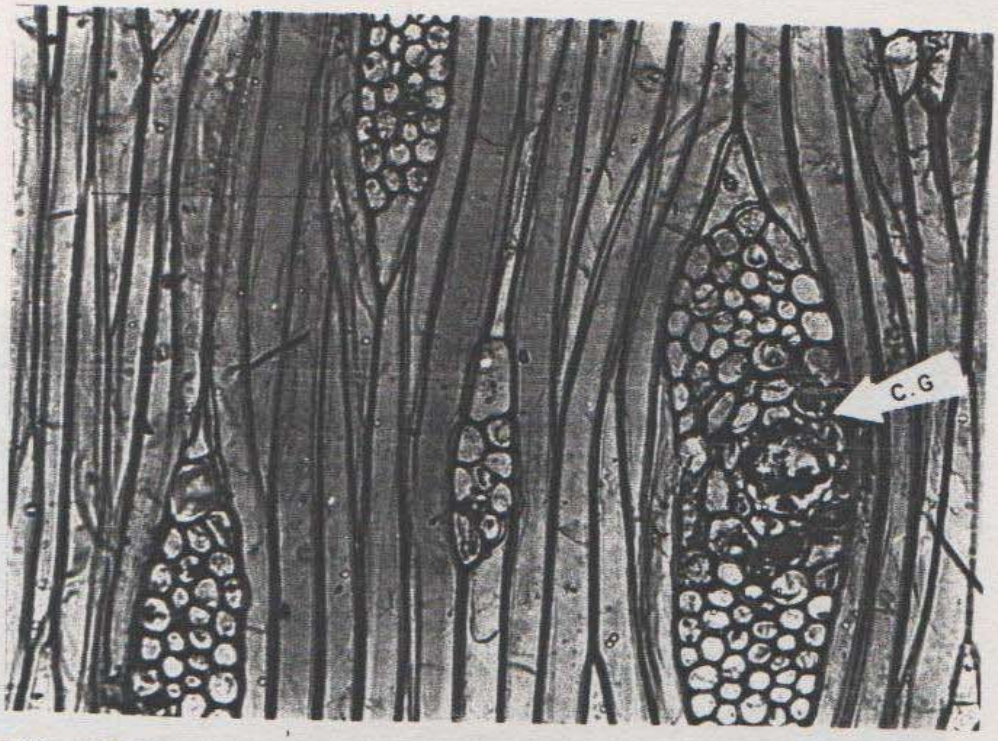


FIGURA N.II.7 CORTE TANGENCIAL DE B. simaruba (BAGACES) 20x .
(C.G) Canales gomíferos en el radio multiseriado .

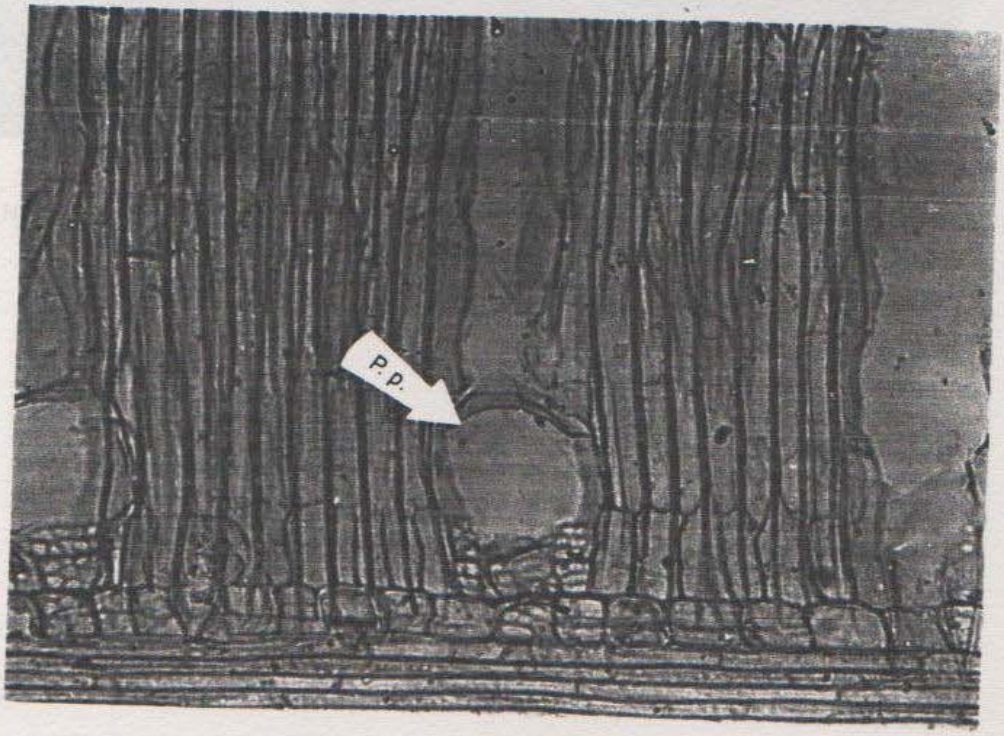


FIGURA N.II.8 CORTE RADIAL DE B. simaruba (BAGACES) 20x
(P.p.) Placa perforada

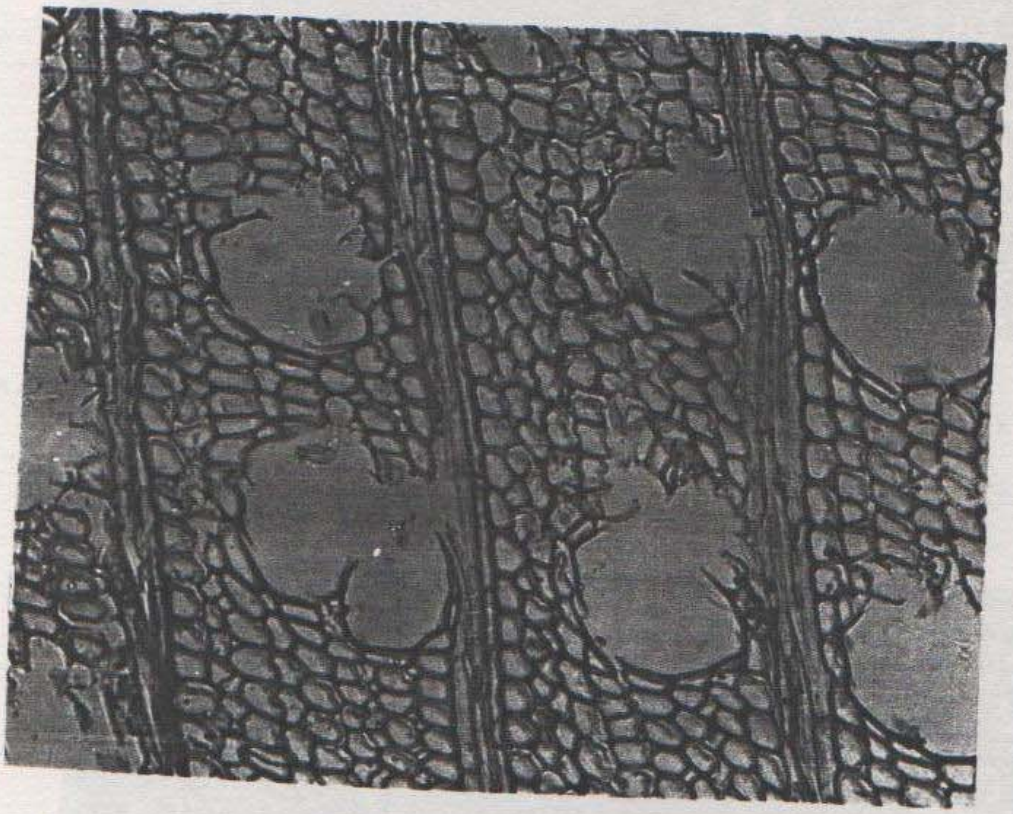


FIGURA N.II.9 CORTE TRANSVERSAL DE B. simaruba (BAGACES) 20x .

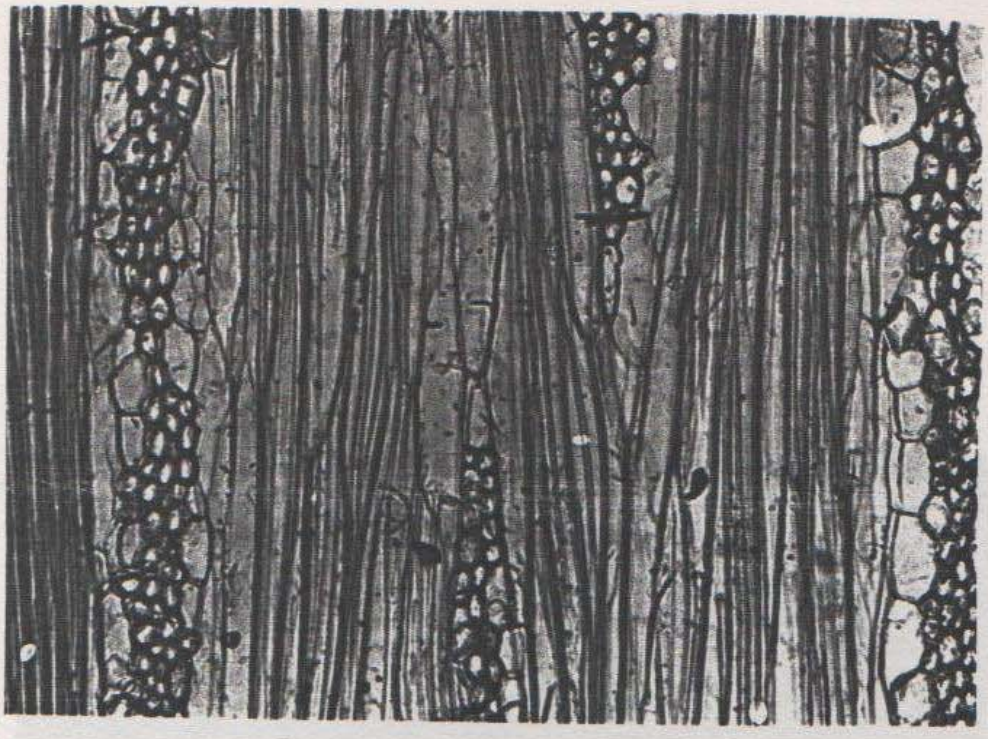


FIGURA N.II.10 CORTE TANGENCIAL DE C. alliodora . (BAGACES) 20x.

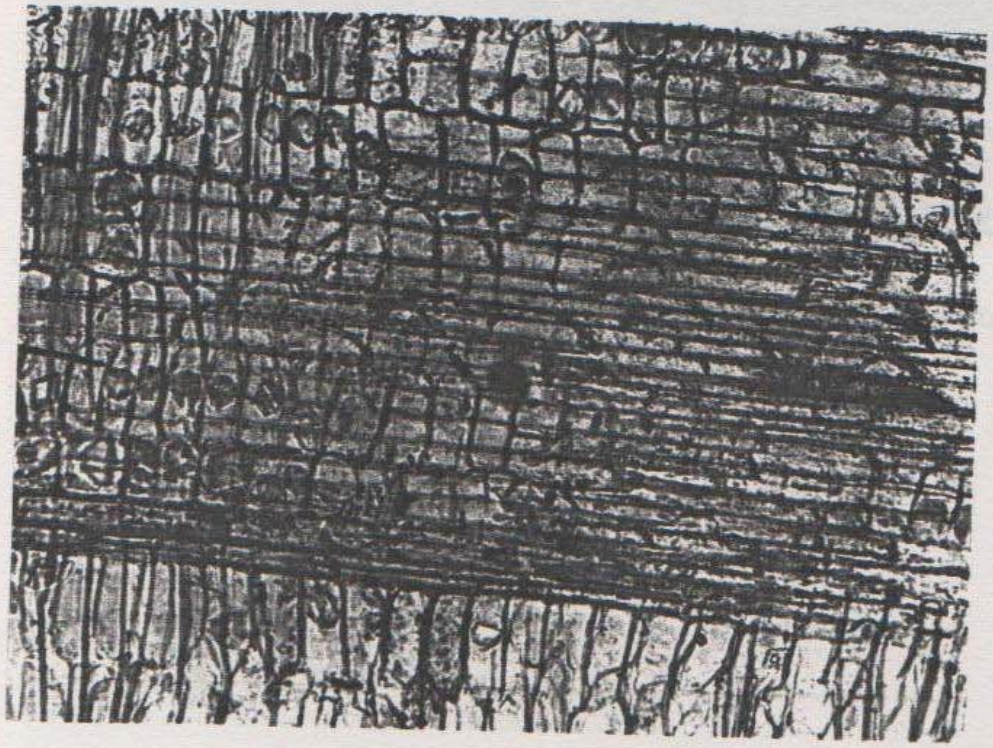


FIGURA N.II.11 CORTE RADIAL DE C. alliodora (BAGACES). 20x

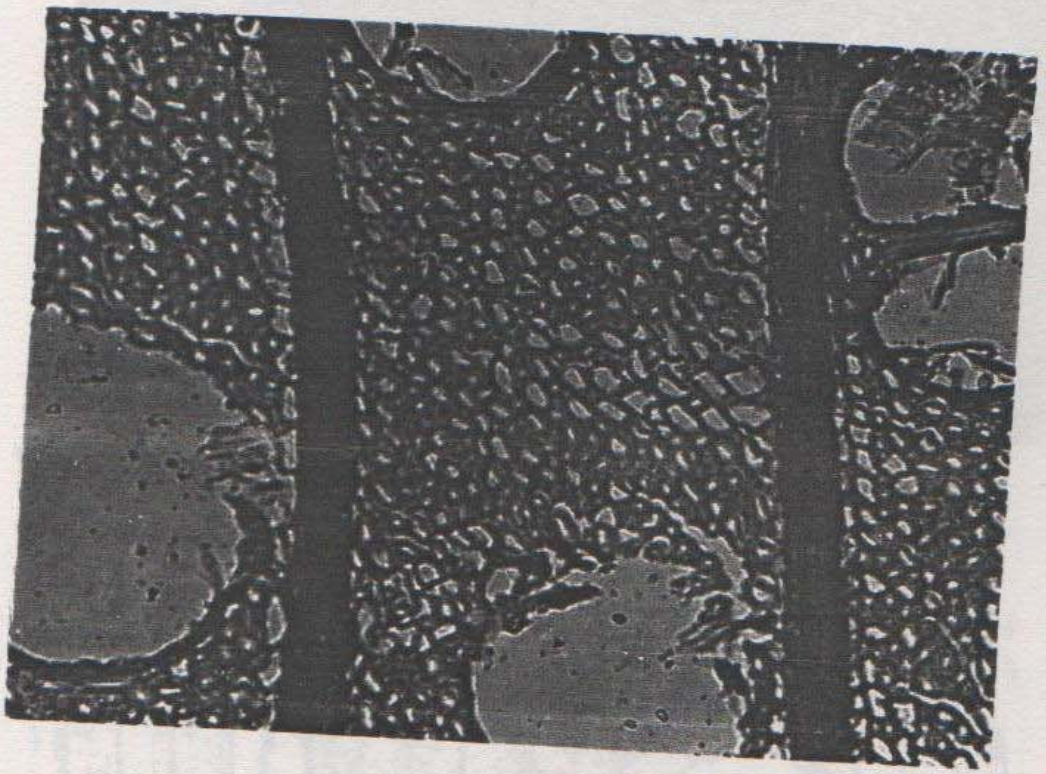


FIGURA N. II.12 CORTE TRANSVERSAL DE *C. alliodora* (BAGACES) 40 x

FIGURA N. II.13 CORTE TANGENCIAL DE B. simaruba (CARIARI) 10 x.

FIGURA N. II.14 CORTE RADIAL DE B. simaruba (CARIARI) 20 x.

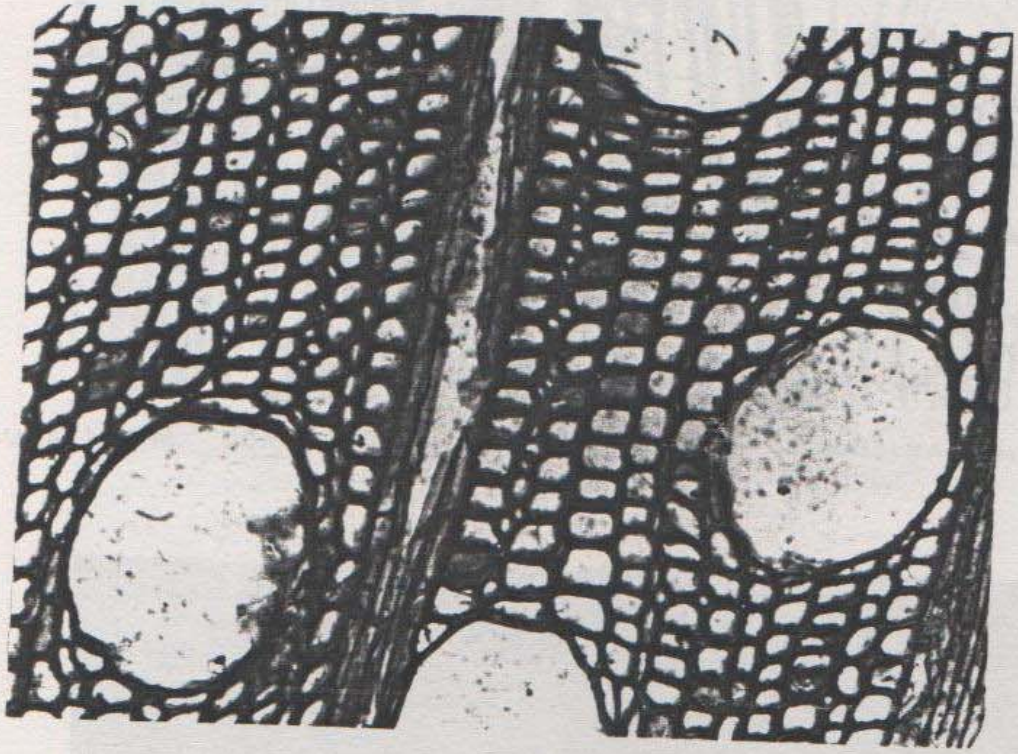


FIGURA N.II.15 CORTE TRANSVERSAL DE B. simaruba (CARIARI) 10 x.

FIGURA N.II.16 CORTE TANGENCIAL DE C. alliodora (TURRIALBA) 4x.

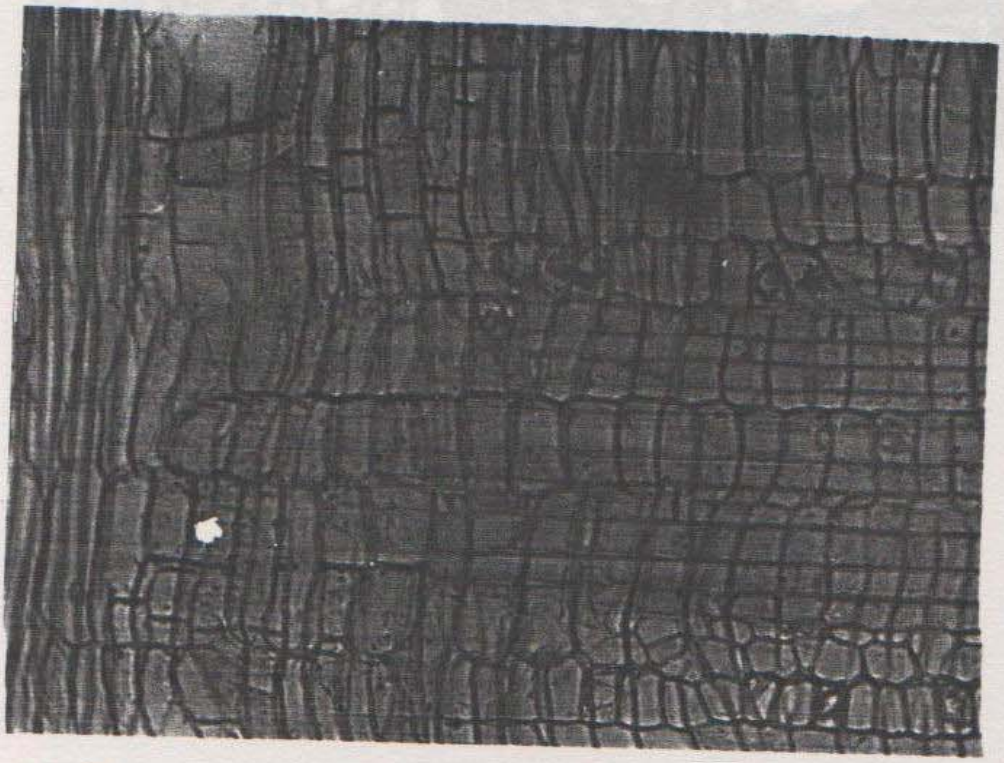


FIGURA N.II.17 CORTE RADIAL DE C. alliodora (TURRIALBA) 10 x.

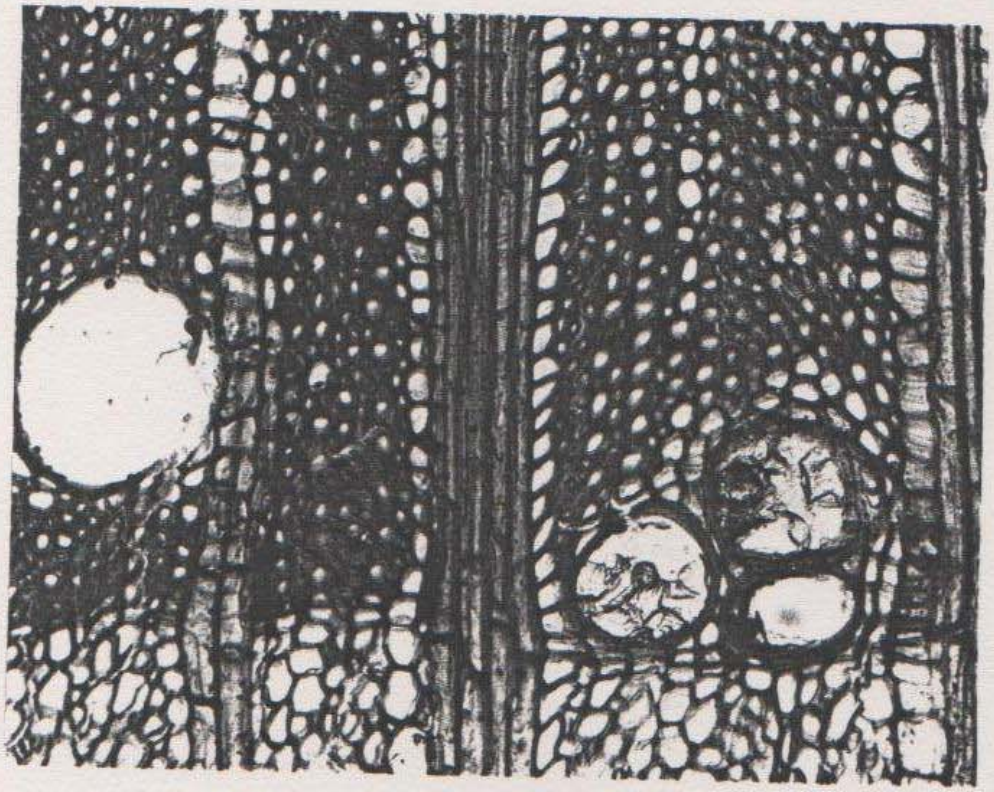


FIGURA N. II.18 CORTE TRANSVERSAL DE C. alliodora (TURRIALBA) 20x.

FIGURA N.II.16 CORTE TANGENCIAL DE C. alliodora (TURRIALBA) 4x.

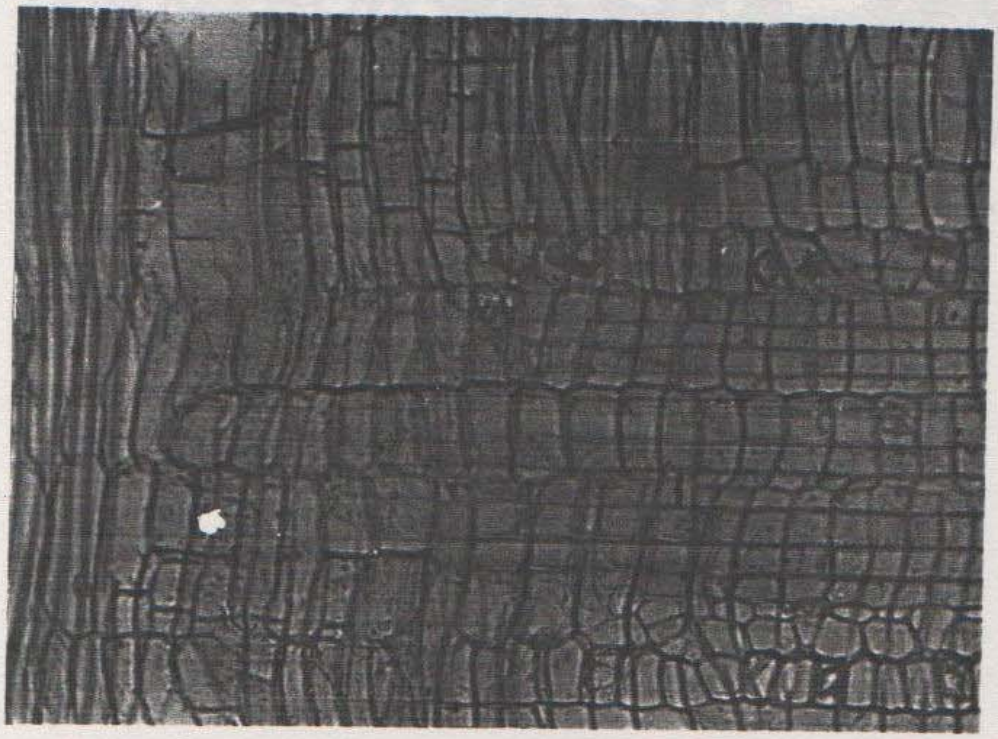
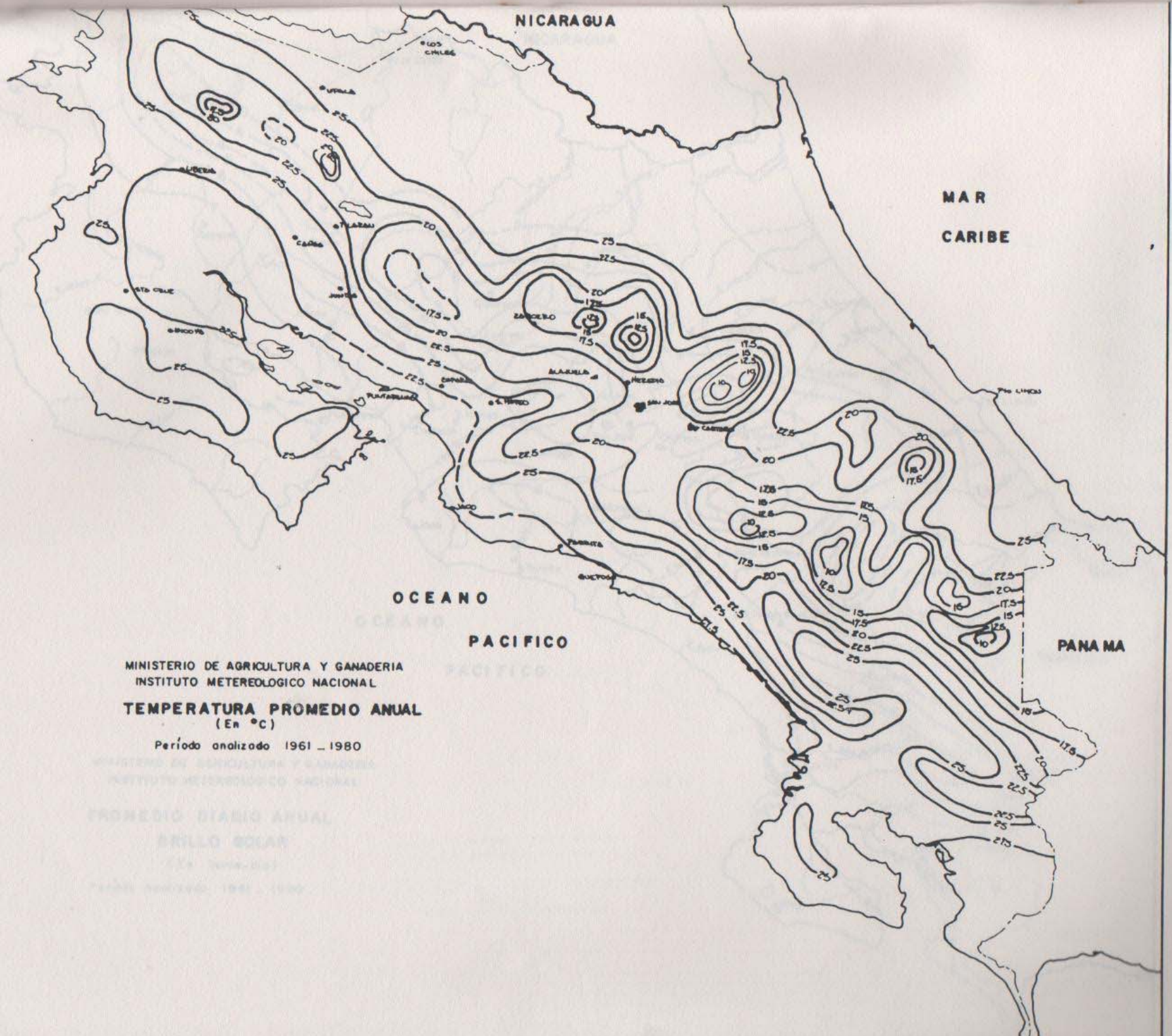


FIGURA N.II.17 CORTE RADIAL DE C. alliodora (TURRIALBA) 10 x.

APENDICE N. III

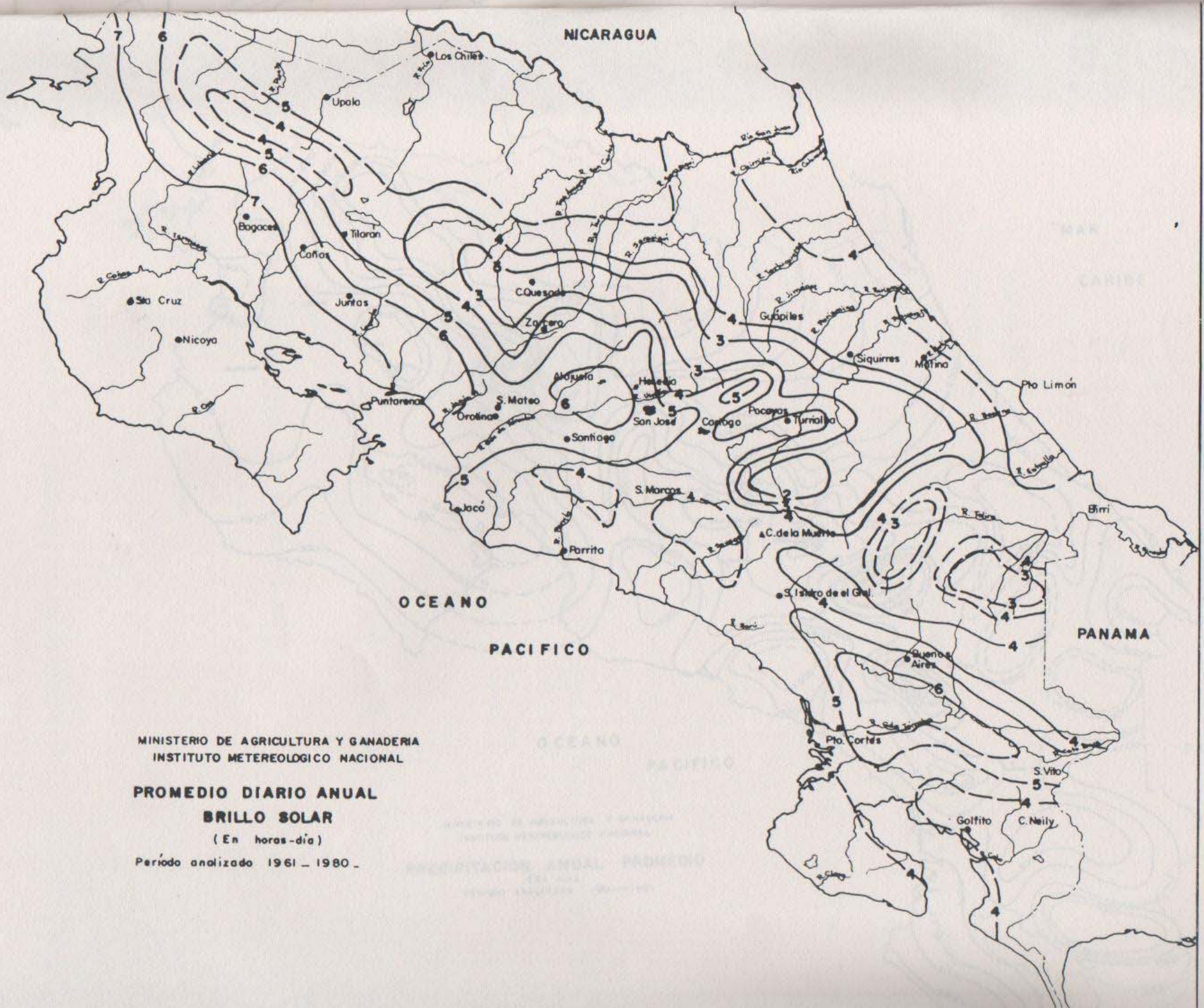
MAPAS DE PRECIPITACION, TEMPERATURA Y BRILLO SOLAR DETERMINADOS PARA EL PERIODO 1961 - 1980 EN COSTA RICA.



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
INSTITUTO METEREOLOGICO NACIONAL

TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL
(En °C)

Período analizado 1961 _ 1980



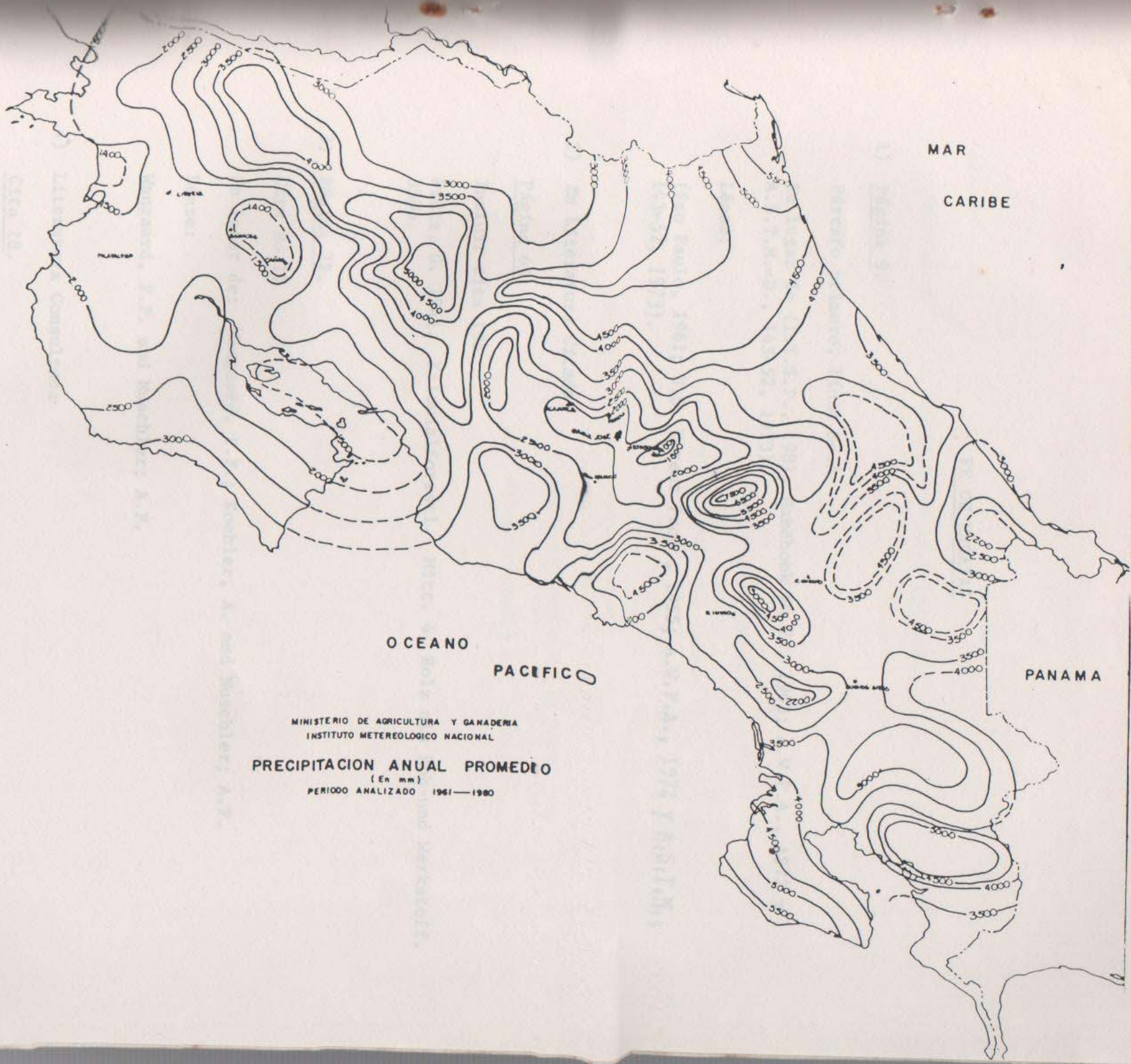
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
INSTITUTO METEREOLOGICO NACIONAL

PROMEDIO DIARIO ANUAL

BRILLO SOLAR

(En horas-día)

Período analizado 1961 _ 1980 _



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
INSTITUTO METEREOLOGICO NACIONAL

PRECIPITACION ANUAL PROMEDIO

(En mm)

PERIODO ANALIZADO 1961—1980