

ESTUDIO ANATOMICO DE LA HOJA Y
MADERA DE *ALNUS ACUMINATA* H.B.K.

por

JOSE ARMANDO RONDON

Y

RUBEN HERNANDEZ GIL

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes
Mérída - Venezuela

INTRODUCCION

El estatus del *Alnus acuminata* y las otras especies del género *Alnus forullensis* y *Alnus ferruginea*, descritas por Humboldt, Bonpland y Kunth (1817), ha sido confusa por mucho tiempo. Furlow (1974), basándose en estudios del indumento y márgenes foliares, llega a la conclusión de que la especie de aliso encontrada en Sur América es el *Alnus acuminata*, que se extiende desde la parte Este de Venezuela, Norte de Colombia, a lo largo de la Cordillera Andina, hasta el Norte de Argentina.

En las Betulaceae, Boubier (1896) citado por Furlow (1974), encontró una gran variabilidad en la estructura laminar, venas y pecíolos de las hojas de muchas especies, impartándole a sus características anatómicas una gran significación taxonómica. En el género *Alnus*, exis-

ten muy pocos estudios anatómicos (Metcalf y Chalk, 1950) aunque en la especie *A. jorullensis* de Costa Rica Montiel (1976), encontró que el meristema apical tiene una disposición túnica-carpus.

El presente trabajo tiene como finalidad estudiar la anatomía foliar y del leño de *Alnus acuminata* H.B.K.

MATERIALES Y METODOS

Las hojas y pecíolos de *Alnus acuminata* H.B.K. se co-lectaron en los jardines de la U.L.A., de la Hechicera, Estado Mérida en 1985, situada a 1.850 m.s.n.m. con temperatura promedio anual de 20°C. La madera fue suministrada por la Xiloteca de la Facultad de Ciencias Forestales y tiene el registro X4957.

Las muestras para los estudios anatómicos de hojas y pecíolos, se fijaron en F.A.A., que es una mezcla de 10 ml de formaldehído al 35%: 5 ml de ácido acético glacial al 99,7%: 50 ml de alcohol etílico al 95% y 35 ml de agua destilada, luego se deshidrataron los tejidos en una serie de alcohol etílico-alcohol butílico normal y se infiltraron por 72 horas en parafina con punto de fusión entre 51-53°C; se prepararon bloques de parafina y se hicieron cortes transversales en un micrótopo de Minot entre 10-15 μ m. Las secciones se tiñeron con safranina y fast green (Johansen, 1940; Sass, 1958). Las observaciones y

registros fotográficos se realizaron en un microscopio Leitz con cámara Orthomat (Hernández, 1980).

La madera se ablandó tratándola con una solución de etilen-diamina al 2% por 30 minutos, luego se cortó con un micrótopo de deslizamiento American Optical entre 10-20 μm , en sentido transversal, radial y tangencial. La coloración de las láminas se realizó con Hematoxilina de Heidenhain y Safranina (Corothie, 1976).

Se seleccionaron 50 hojas para el estudio de los estomos, cuyas láminas fueron impregnadas con esmalte transparente para uñas, con el propósito de obtener la réplica de la superficie foliar. Las mediciones y conteo de los estomas se efectuaron sobre una pantalla Leitz Wetzlar incorporada a un microscopio Leitz. Los dibujos esquemáticos se hicieron usando un microproyector Leitz y se aplicó la nomenclatura establecida por Metcalfe y Chalk (1950).

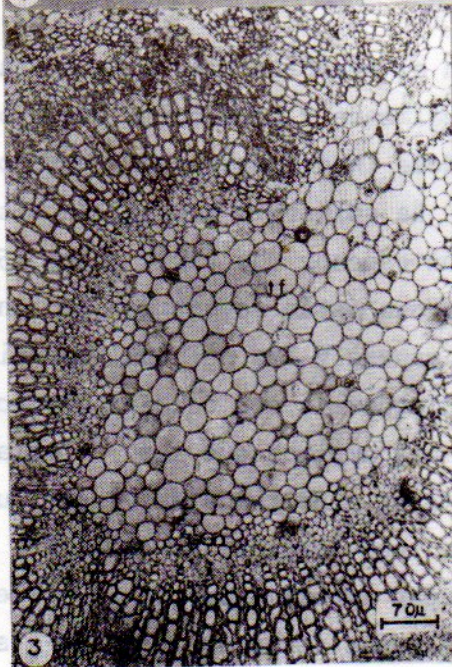
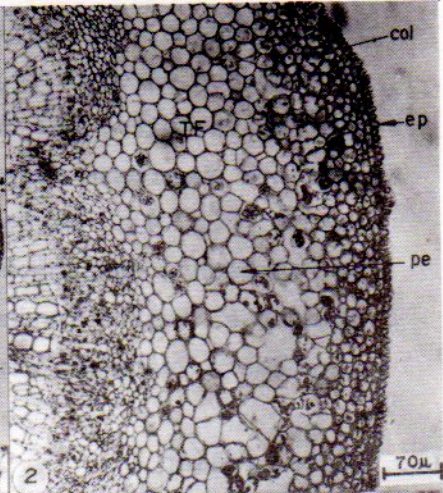
RESULTADOS

I. Pecíolo

El pecíolo muestra una disposición dorsiventral, como se puede observar en la Fig. 1, provisto de un canalículo central en forma de "v". El sistema vascular es doblemente sinuoso con el xilema y el floema rodeados de un anillo continuo de fibras perivascula

Fig. 1-4. Fig. 1: Corte transversal del pecíolo de *Alnus ucuminata* H.B.K., en la que se observa el sistema vascular doblemente sinuoso y el anillo continuo de fibras que rodea al xilema y floema. Fig. 2: Corte transversal del pecíolo con mayor aumento en el que se aprecia el tejido fundamental compuesto de colénquima (col) y parénquima esponjoso (pe). Fig. 3: Corte transversal del pecíolo donde se puede ver el tejido fundamental (tf), parte del sistema vascular (x) y numerosas drusas cristalinas. Fig. 4: Sección transversal con mayor aumento del pecíolo en donde se observa el tejido fundamental con abundantes drusas (ox).

res. La epidermis es uniseriada papilosa (Fig. 2),
 ligeramente ciliada, con mucosos depósitos como
 eos. El tejido fundamental está compuesto de colén-
 quias y parénquimas esponjosos con espacios intracelu-
 lares.



uvales cristalíferas. El parénquima esponjoso es de

res. La epidermis es uniseriada papilosa (Fig.2), ligeramente cutinizada, con numerosos depósitos gomosos. El tejido fundamental está compuesto de colénquima y parénquima esponjoso con espacios intercelulares grandes. El tejido central (Fig. 3), está constituido por parénquima pseudomedular y parte del sistema vascular. El tejido fundamental del pecíolo presenta numerosas drusas cristalinas de oxalato de calcio (Fig. 4). La sección transversal del pecíolo se representa esquemáticamente en la Fig. 5, observándose el tejido fundamental con numerosas drusas y el sistema vascular compuesto de xilema y floema.

II. Lámina foliar

La hoja es bifacial con el mesófilo bien diferenciado en parénquima en empalizada y parénquima esponjoso (Fig. 6), encontrándose interrumpido por numerosas venas secundarias. La epidermis adaxial es biseriada (Fig. 7-8); con un espesor que varía entre 15-37 μm , las células externas están revestidas por una cutícula moderadamente gruesa y las células subepidérmicas formando una hipodermis con células más voluminosas y de lúmenes más amplios que las células externas. El parénquima en empalizada de 74 a 93 μm de espesor, formado por tres corridas de células (a veces sólo dos) que ocupan aproximadamente 2/3 del espesor de la lámina, algunas veces sus células se vuelven cristalíferas. El parénquima esponjoso es de

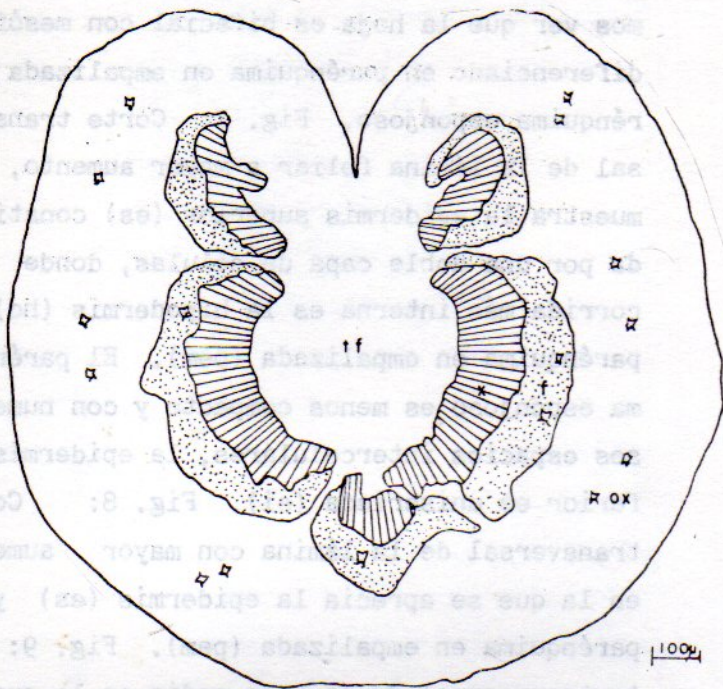
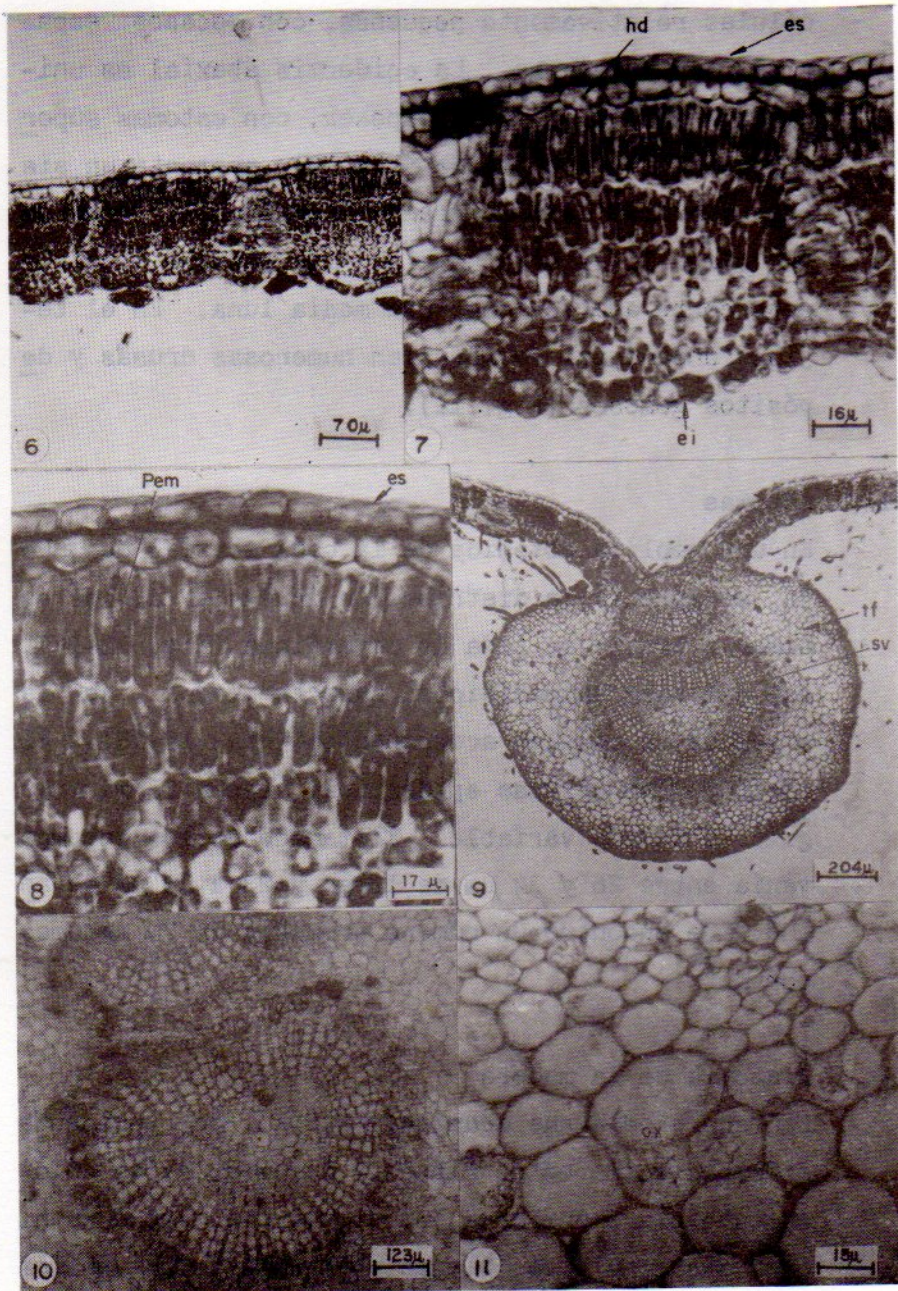


Fig. 5: Representación esquemática de la sección transversal del pecíolo del *Alnus acuminata* H.B.K. El área rayada representa el xilema (x), la punteada el floema (f) y las drusas son los puntos en forma de estrellas (ox).

Fig. 6-11. Fig. 6: Corte transversal de la lámina foliar de *Alnus acuminata* H.B.K., donde podemos ver que la hoja es bifacial con mesófilo diferenciado en parénquima en empalizada y parénquima esponjoso. Fig. 7: Corte transversal de la lámina foliar a mayor aumento, que muestra la epidermis superior (es) constituida por una doble capa de células, donde la corrida más interna es la hipodermis (hd), el parénquima en empalizada (pem). El parénquima esponjoso es menos compacto y con numerosos espacios intercelulares, la epidermis inferior es uniseriada (ei). Fig. 8: Corte transversal de la lámina con mayor aumento en la que se aprecia la epidermis (es) y el parénquima en empalizada (pem). Fig. 9: Corte transversal de la vena media en la que se aprecia una estructura formada por la epidermis uniestratificada, tejido fundamental (tf), así como el sistema vascular (sv). Fig. 10: Corte transversal de la vena media a mayor aumento, donde podemos apreciar las células del xilema, floema, parénquima, tejido central. En la parte superior observamos parte del bloque en forma de media luna. Fig. 11: Corte transversal de la vena media en el que se aprecian numerosas drusas (ox) en el tejido fundamental.



37 a 67 μm de espesor, poco compacto, compuesto de células relativamente pequeñas, con escasos espacios intercelulares. La epidermis abaxial es uniseriada de 8 a 15 μm de espesor, con estomas superficiales. La vena media (Fig. 9), presenta un sistema vascular central grande, cerrado, en forma de "D" (Fig. 10) y otro adaxial, más pequeño, que en este corte aparece como una media luna. En el tejido fundamental se aprecian numerosas drusas y depósitos gomosos (Fig. 11).

III. Estomas

En una réplica obtenida de la cara abaxial de la hoja, se aprecia la distribución irregular de los estomas a través de toda la superficie (Fig. 13-14), son del tipo anomocíticos, caracterizados por la ausencia de células acompañantes (Fig. 15-18). El resto de las células epidérmicas tienen forma irregular y tamaño variable. El tamaño de los estomas varía entre 26 y 34 μm de largo y 23 a 30 μm de ancho. Se encontró un número promedio de 70 estomas por mm^2 .

IV. Anatomía de la madera

La madera de *Alnus acuminata* H.B.K., no presenta diferenciación entre albura y duramen, es de color castaño claro uniforme, poco lustrosa, sin sabor ni olor distinguibles, blanda y liviana. Con granos

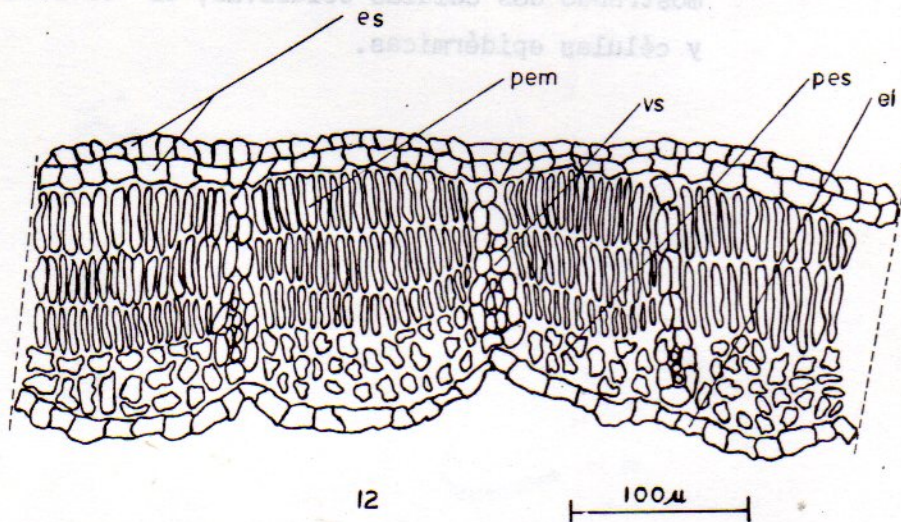
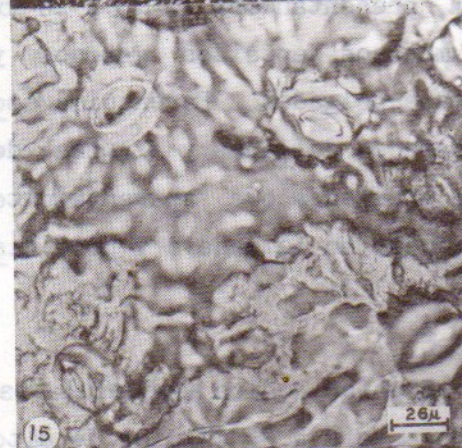
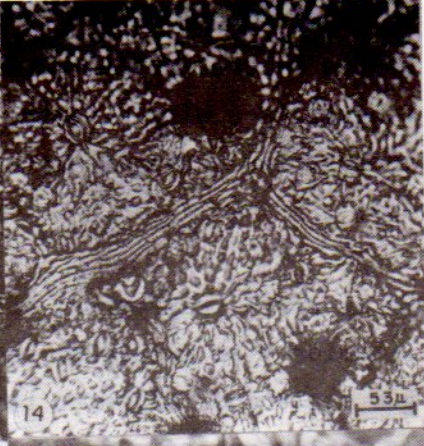
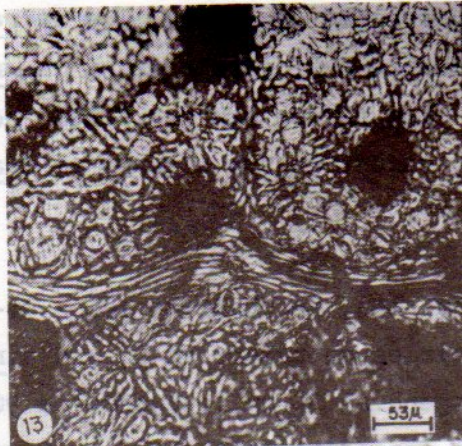


Fig. 12: Representación esquemática del corte transversal de la hoja de *Alnus acuminata* H.B.K. Se observa la epidermis superior (es), parénquima en empalizada (pem), venas secundarias (vs), parénquima esponjoso (pes) y la epidermis inferior (ei).

Fig. 13-18. Fig. 13 y 14, son microfotografías de réplicas de los estomas de la cara abaxial de la lámina foliar, puntos glandulosos y venas. Fig. 15 y 16: Observamos estomas del tipo anomocítico y células epidérmicas. Fig. 17 y 18: Se observan estomas a mayor aumento, mostrando dos células oclusivas, el ostiolo y células epidérmicas.



Fig. 13: Representación esquemática del corte transver-
sal de la hoja de *Azadirachta indica* H.B.K. Se ob-
serva la epidermis superior (es), parénquima en
espiral (pe), venas secundarias (vs), parén-
quima esponjosa (pe) y la epidermis inferior
(ei).

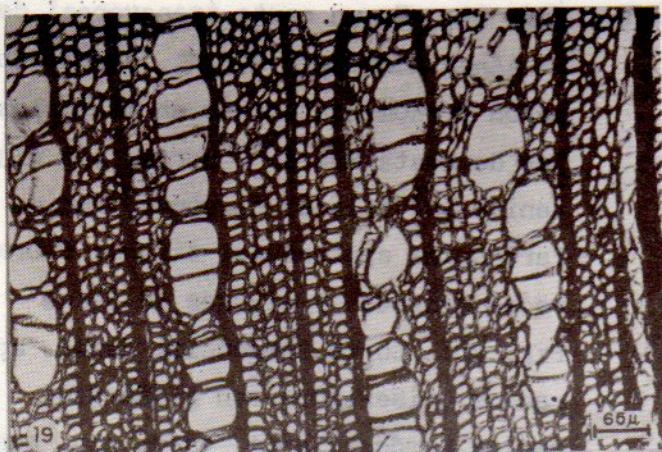


irregulares ondulados o entrecruzados, de textura media a moderadamente fina. La porosidad es difusa, los incrementos de crecimiento pobremente definidos y poros indistinguibles a simple vista. Los radios son muy finos no observables a simple vista, encontrándose algunos agregados.

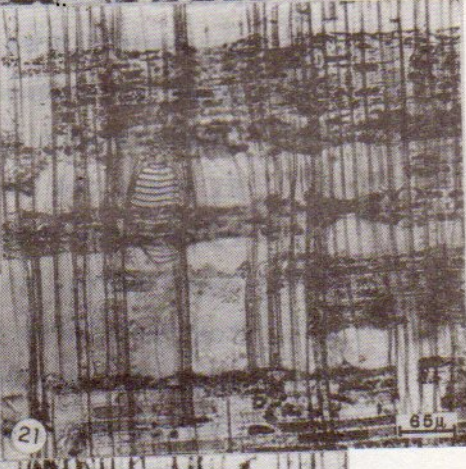
En el corte transversal (Fig. 19), se observan poros solitarios y en múltiples radiales en número de 8, sin ningún contenido, diámetro tangencial $30\ \mu\text{m}$ (pequeños) a $90\ \mu\text{m}$ con un promedio de $60\ \mu\text{m}$, presentándose de 15 a 20 por mm^2 . También observamos numerosos depósitos gomosos y punteaduras simples de paredes delgadas. Parénquima apotraquel difuso, fibras de paredes delgadas y algunas de paredes medianas, radios en agregados que aparentemente se muestran como un radio grueso en la madera y poco distanciados entre sí.

En el corte tangencial, se aprecian radios homocelulares, predominantemente uniseriados, de 3 a 36 células de alto (Fig. 20). Los elementos vasculares (vasos) de 450 a $810\ \mu\text{m}$, con un promedio de $630\ \mu\text{m}$ y punteaduras intervasculares alternas. Parénquima apotraqueal difuso mezclado entre fibras. Fibras liberiformes no tabicadas de paredes delgadas. En la figura 22, se pueden observar radios uniseriados y radios agregados distinguibles fácilmente en el corte transversal y tangencial. Los radios agregados tienen 2 a 4 células de ancho, no estratifica-

Fig. 19
Micrograph showing a cross-section of plant tissue with a network of cells and large, oval-shaped structures. A scale bar of 65 μ is visible in the bottom right corner.



Micrograph showing a longitudinal section of plant tissue with elongated, vertical structures. A scale bar of 65 μ is visible in the bottom right corner.



Micrograph showing a longitudinal section of plant tissue with elongated, vertical structures. A scale bar of 204 μ is visible in the bottom right corner.

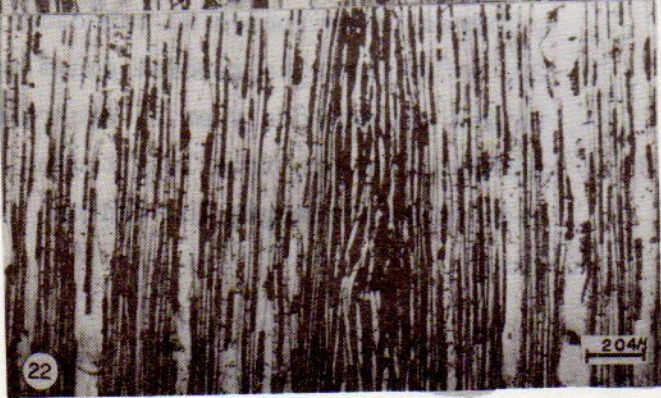


Fig. 19-22. Fig. 19: Es un corte transversal de la madera *Alnus acuminata* H.B.K., donde observamos poros predominantemente en múltiples radiales de hasta más de 8 poros, sin ningún contenido (ni tílides ni goma), radios finos. Parénquima apotraqueal difuso; fibras de paredes delgadas y algunas de pared mediana.

Fig. 20: Corte tangencial donde apreciamos radios uniseriados con glomérulos gomosos, radios homocelulares, vasos con punteaduras intervasculares alternas, células del parénquima apotraqueal mezclados entre las fibras, identificados como unos ladrillos verticales. El resto del tejido blanco son fibras liberiformes no tabicadas. La fig. 21, es un corte radial en el que podemos ver elementos vasculares (vasos) con platinas de perforación escaleriformes; radios homocelulares con goma, punteaduras radiovasculares y fibras liberiformes no tabicadas. Fig. 22, es un corte tangencial donde apreciamos radios uniseriados y en el centro un radio agregado con una zona longitudinal muy reducido donde convergen los radios uniseriados.

dos y presentando células con glomérulos gomosos. La figura 20 muestra radios uniseriados y células de parénquima apotraqueal difuso y un elemento vascular. La figura 22 es un corte radial donde podemos ver elementos vasculares con platinas de perforación escaleriformes de hasta 16 barras, radios homocelulares con goma, punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares y fibras liberiformes no tabicadas.

DISCUSION

En el presente estudio se encontró que las hojas del *Alnus acuminata* H.B.K., son de estructura bifacial, hipostomáticas y con el mesófilo claramente diferenciado en empalizada y esponjoso. Según Metcalfe y Chalk (1950), en la familia Betulaceae predominan las hojas dorsiventrales, ocasionalmente son isobilaterales o compuestas en su totalidad por células en empalizada. La presencia de una estructura foliar constituida por una epidermis superior ligeramente cutinizada, células hipodérmicas y el parénquima en empalizada más desarrollado que el esponjoso, evidencian la especialización de esta planta a condiciones ambientales xerofíticas, aunque Eames y MacDaniel (1953), indican que la presencia de estas características en muchas plantas, es típico de ambientes intermedios entre los xerofíticos y mesofíticos.

La estructura de la hoja puede ser modificada por el ambiente en el cual se desarrolla la planta (Stalfelt,

1956 citado por Kramer, 1976). El aumento en la proporción del tejido en empalizada en relación con la xeromorfa, se dá tanto en las dicotiledóneas como en las monocotiledóneas; así mismo se ha concluido que las hojas expuestas a la luz durante su diferenciación presentan un parénquima en empalizada más desarrollado que en las hojas expuestas a la sombra (Esau, 1972). En la especie estudiada se encontró un parénquima en empalizada estratificado, lo cual se podría explicar debido al crecimiento del individuo objeto del estudio en un área bien iluminada. Esta especie generalmente crece cerca de la ribera de ríos, aunque pierde parcialmente las hojas en la época de sequía, como respuesta a cambios ambientales o a un ritmo endógeno (Hernández, 1987), lo cual evidencia un carácter xeromorfo en esta especie.

El peciolo de *Alnus acuminata* muestra una depresión y un haz vascular abierto en forma de "v" rodeado por un anillo continuo de fibras perivasculares, parecido al descrito por Metcalfe y Chalk (1972) en las especies *Alnus glutinosa* y *Alnus incana*. Los estomas se encuentran ubicados en la cara abaxial de la lámina foliar y son del tipo anomocítico o ranunculáceo, como ha sido reportado por Metcalfe y Chalk (1972).

En la madera de *Alnus acuminata* H.B.K., se encontraron elementos estructurales importantes que permiten establecer diferencias con otras especies del género *Alnus*.

La presencia de platinas de perforación escaleriformes, punteaduras intervasculares opuestas, radios en agregados y parénquima apotraqueal difuso son considerados como rasgos primitivos, mientras que los radios uniseriados homogéneos y elementos vasculares numerosos son de carácter avanzado (Bailey, 1911, citado por Furlow, 1974).

Estos aspectos, que son considerados como una respuesta a las condiciones ambientales, han sido estudiados en varias especies del género *Alnus*. Furlow (1974), indica que la madera de *A. viridis* es especializada por poseer radios uniseriados que aparentemente se han derivado de los radios multiseriados por reducción y un número grande de elementos vasculares por unidad de área, sin embargo, se considera primitiva por poseer vasos pequeños y punteaduras intervasculares opuestas. La madera de *A. incana* y *A. serrulata* es especializada por tener vasos de tamaño moderado y punteaduras intervasculares alternas; pero es primitiva porque tienen radios multiseriados moderadamente desarrollados. La madera de *A. forullensis* es primitiva por la gran cantidad de vasos angulares de mediano tamaño, radios multiseriados, punteaduras escaleriformes, platinas de perforación con muchas barras y parénquima apotraqueal difuso. Por su parte, los caracteres evolucionados de esta especie son la presencia de radios homogéneos que predominan sobre los heterogéneos y la abundancia de fibrotraqueidas (Furlow, 1974; Montiel 1976).

RESUMEN

En este estudio se describe la estructura anatómica de la hoja y madera del *Alnus acuminata* H.B.K.. Las hojas muestran una estructura anatómica que evidencian una especialización a las condiciones ambientales xerofíticas. Son bifaciales, hipostomáticas, mesófilo diferenciado en empalizada y esponjoso, así como numerosas venas secundarias que interrumpen el mesófilo. Lámina foliar con epidermis biseriada, cutinizada, hipodermis con lúmenes grandes, parénquima en empalizada de 2 a 3 corridas, parénquima esponjoso de células pequeñas y epidermis abaxial uniseriada. Los estomas son del tipo anomocítico dispuestos irregularmente en un número promedio de 70 por mm^2 .

El pecíolo muestra una depresión en sección transversal, epidermis uniseriada, tejido fundamental compuesto de colénquima y parénquima esponjoso y un haz vascular abierto en forma de "V". La madera presenta una estructura primitiva en cuanto a la presencia de platinas de perforación escaleriformes, punteaduras intervasculares opuestas, radios en agregados y parénquima apotraqueal difuso. Las características más evolucionadas son la presencia de radios homogéneos y elementos vasculares numerosos.

BIBLIOGRAFIA

- BONPLAND, A; HUMBOLDT A. de y KUNTH C.S. 1817. *Nova Genera et Species Plantarum*. Lutetiae Parisiorum, Sumtibus Librarie Greco-Latino-Germanicae, Paris. Vol 2:20.
- COROTHIE, H. 1967. Estructura anatómica de 47 maderas de la Guayana Venezolana y clave para su identificación. Universidad de Los Andes, Ministerio de Agricultura y Cría. Mérida, Venezuela. 125 p.
- EAMES, A. y MACDANIELS, J. 1953. An introduction to Plant Anatomy. McGraw-Hill Book Company, INC. New York. 427 p.
- ESAU, K. 1959. Anatomía Vegetal. Omega, S.A., España. 729 p.
- FURLOW, J. 1974. The Systematics of the American Species of *Alnus* (Betulaceae) *Rhodora*, 81 (825): 1-121.
- HERNANDEZ GIL, R. y F. GARCIA. 1980. Cambios anatómicos y en el contenido de sustancias de reserva durante la hidratación de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* Griseb. *Acta Científica Venezolana*. 31(2): 167-173.
- HERNANDEZ GIL, R. 1987. Estudio fenológico de dos pobla

ciones de Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) del Valle del Río Chama, Mérida - Venezuela. Pittieria. (En prensa).

JOHANSEN, D. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company INC, New York. 523 p.

KRAMER, P.J. y KOSLOWSKI, T. 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press, New York, 811 p.

METCALFE, C.R. y CHALK, L. 1950. Anatomy of the Dicotyledons. Clarendon Press, London. Vol. 2:1302-1305.

MONTIEL, M. 1976. Desarrollo Anatómico de los Meristemas y Tallos de *Alnus jorullensis* H.B.K. Rev. Biol. Trop., 24(1):85-93.

SASS, Y.E. 1958. Botanical microtechnique. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. XVII + 228 p.