

CAPÍTULO 9

Paleobotánica: Plantas del Pasado Geológico

Erika González-Akre

La paleobotánica, o el estudio de plantas fósiles es una herramienta indispensable para el análisis del clima y de los ecosistemas del pasado geológico. El estudio de plantas fósiles tanto a nivel microscópico (polen y esporas) como macroscópico (hojas, tallos, flores y frutos) es necesario para el entendimiento de los factores que modelaron el origen de las plantas actuales, patrones de distribución geográfica y diversidad vegetal. Macrorestos fosilizados de plantas proporcionan un inventario principalmente de especies arbóreas y arbustivas que permiten una reconstrucción detallada de la vegetación en la proximidad de la cuenca deposicional (1 km²) a diferencia de asociaciones polínicas de la cual se extrae información de las especies presentes en un área mayor (10 o más km²); de allí la importancia en el estudio de macrofósiles foliares cuya preservación refleja indudablemente la vegetación que creció *in situ*. Las diferentes hipótesis planteadas para explicar la diversidad florística moderna han impulsado un mayor interés en la investigación de la vegetación fósil del Neotrópico. No obstante existe una gran carencia en estudios paleobotánicos en el norte de América del Sur, siendo bien escasos en Venezuela. En este capítulo se discute el estado actual del conocimiento de macrofósiles de plantas, haciendo énfasis en la ocurrencia de angiospermas o plantas con flores y su utilización como indicadores paleoclimáticos y paleoambientales.

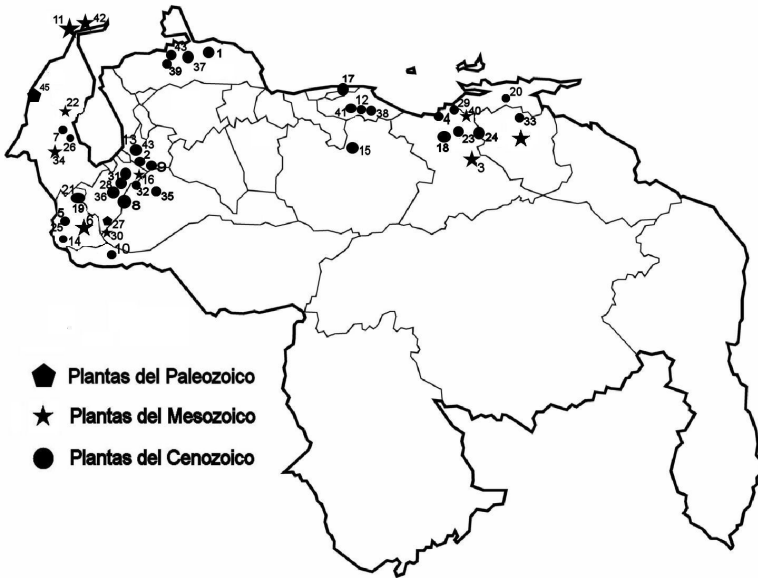
Macrofósiles vegetales en Venezuela

El estudio de macrofósiles vegetales en Venezuela se remonta a la segunda década del siglo XX. Las primeras publicaciones donde se diagnostican y nombran fósiles vegetales aparecieron en 1850 y 1919, en las cuales se describen parcialmente plantas del Cretácico en el oriente del país. Pese a estas tempranas publicaciones apenas unos 40 trabajos paleobotánicos fueron publicados en 155 años (1850-2005) basados en solo diez formaciones sedimentarias. Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela se infiere que existen al menos 45 unidades sedimentarias donde ocurren fósiles de plantas, reflejando el alto potencial de estudios paleobotánicos que se tiene en el país, sin incluir los depósitos de asfalto (por ejemplo Mene de Inciarte, El Breal de Orocuál) los cuales son igualmente prolíficos.

Figura 9.1. Formaciones geológicas con contenido macroflorístico en Venezuela. A) Unidades sedimentarias en las que se han descrito fósiles vegetales para Venezuela. B) Unidades donde se mencionan restos de plantas, potencialmente explorables desde un punto de vista paleobotánico.

A) Formaciones: 1. Agua Clara (?). 2. Barranquín. 3. Betijoque (?). 4. Campo Chico. 5. Carache. 6. Castillo. 7. La Quinta. 8. Misoa (?). 9. Palmarito. 10. Tinacoa.

B) Formaciones: 1. Agua Clara. 2. Betijoque. 3. Canoa. 4. Capiricual. 5. Carbonera. 6. Catatumbo. 7. Ceibote. 8. Cobre. 9. Esnujaque. 10. Guafita. 11. Guasasapa. 12. Guatire. 13. Isnotú. 14. La Cope. 15. La Pascua. 16. La Quinta. 17. Las Pailas. 18. Las Piedras. 19. León. 20. Los Arroyos. 21. Los Cuervos. 22. Macoita. 23. Merecure. 24. Mesa. 25. Mirador. 26. Misoa. 27. Mucuchachi. 28. Mucujun. 29. Naricual. 30. Navay. 31. Palmar. 32. Parángula. 33. Quiriquire. 34. Río Negro. 35. Río Yuca. 36. San Javier. 37. San Luis. 38. Siquire. 39. Socorro. 40. Taguarumo. 41. Tuy. 42. Uipana. 43. Urumaco. 44. Valle Hondo. 45. Caño del Noroeste.



Evidencias de la evolución paleoflorística en los Andes del Norte

El mayor número de trabajos paleobotánicos de Venezuela se concentran en la descripción de plantas más primitivas que las angiospermas. Grupos como *Lycophyta* y *Cladoxilopsida* (análogos modernos corresponden a los licopodios), cuyo surgimiento y desarrollo ocurrió en la era Paleozoica, han sido descritos en la Cordillera Andina y en la Sierra de Perijá. Las plantas más antiguas conocidas en Venezuela corresponden a aquellas descritas para el Devónico de la Sierra de Perijá (Formación Campo Chico). Estos fósiles de plantas con una fisionomía muy primitiva pertenecen a los grupos *Lycophyta*, *Cladoxilopsida*, *Zosterophyllopsida* e *Iridopteridales* y han sido asociados con fósiles reportados en Norteamérica y Europa. Específicamente en la Cordillera de Mérida existen evidencias de plantas fósiles del Neopaleozoico - Carbonífero y Pérmico (formaciones Carache, Palmarito y Mucuchachí). Estas floras paleozoicas se relacionan con la provincia florística euroamericana, respondiendo principalmente a la configuración paleogeográfica durante el Neopaleozoico, donde la porción septentrional de América del Sur y la porción sur de Laurasia se encontraban en la misma faja latitudinal comprendida entre 0° y 10° Sur. Dicha configuración permitió un mayor intercambio con elementos florísticos del hemisferio norte, siendo su relación muy pobre con elementos desarrollados en la denominada Gondwana Tropical. No obstante, existen ciertas discrepancias en la composición de la paleoflora de dos importantes formaciones andinas, la Formación Carache (Carbonífero tardío) conformada por taxa de origen euroamericano y la paleoflora de la Formación Palmarito (Pérmico temprano) compuesta por especies representantes de regímenes áridos a semiáridos. Este tipo de plantas fueron comunes en el área central de la Pangea, por lo cual ambas paleofloras formarían parte del mismo dominio denominado Gondwana tropical.

En relación a las plantas del Mesozoico, la separación de Pangea durante el Cretácico tardío, el aislamiento del continente Sudamericano y el surgimiento del arco de las Antillas provocaron especiación (por evolución independiente del continente Africano) y un intercambio florístico importante para toda la región neotropical. El surgimiento de la flora neotropical moderna podría remontarse a finales del Cretácico y comienzos del Paleógeno, con el predominio de grupos como palmas (*Mauritiaceae*), bellacos (*Bombacaceae*) y mangles (*Rhizophoraceae*). Lamentablemente en Venezuela no se han reportado fósiles vegetales de angiospermas de edad cretácica, solo plantas pertenecientes a los grupos de helechos (Pteridophyta), cicas y palma sagu (*Cycadaceae*) y coníferas (Coniferales) en las formaciones Barranquín (Estado Anzoátegui) y La Quinta y Tinacoa, en la Sierra de Perijá, estas dos últimas de edad jurásica.

El evento geológico de mayor importancia para la evolución vegetal en el Neotrópico ocurrió durante el Cenozoico y corresponde al levantamiento de los Andes. Las conexiones geográficas de América del Sur con la Antártica, Australia, África, Mesoamérica y Norteamérica, el paleoclima y los diferentes episodios orogénicos fueron factores determinantes en la evolución de la vegetación y biogeografía de las angiospermas, en particular la aparición de las plantas y bosques tropicales modernos. No obstante, existen evidencias palinológicas sobre la existencia de paleofloras de tierras bajas tropicales durante el Eoceno, Oligoceno y Mioceno, previo al levantamiento de la cordillera andina. Durante el Oligo-Mioceno en la región andina venezolana, las temperaturas debieron ser más cálidas que las actuales como se ha evidenciado en otras partes del mundo, por lo cual para ese intervalo ya se habría desarrollado una vegetación de tierras bajas tropicales similar a la que se encuentra en la actualidad en las zonas pantanosas en el norte de los Andes y en la cuenca del Amazonas. Los eventos ocurridos durante el Mioceno, relacionados principalmente con

los primeros pulsos del levantamiento de los Andes del norte, habrían estimulado la explosión de los taxa centrados en los Andes siendo este un importante foco andino de evolución de la flora neotropical. Igualmente cambios climáticos hacia finales del intervalo Mioceno, con una disminución de las temperaturas a nivel global, ocasionarían una migración de elementos tanto australes como holárticos a estas elevaciones las cuales para el momento ya habrían alcanzado unos 1000 msnm. El surgimiento del istmo de Panamá durante el Plioceno y el consecuente intercambio de ele-

Familia	Taxón	Nombre común	Edad	Estado
Anacardiaceae	<i>Tapirira lanceolata</i>	Caoba , jobo, cedrillo	M	Zu, Fa
Anacardiaceae	<i>Tapirira trinitiana</i>	Caoba, jobo	M	Zu
Annonaceae	<i>Annona sphaer.</i>	Guanábana	M	Zu, Fa
Annonaceae	<i>Annona guppyi</i>	Guanábana	M	Tr
Apocynaceae	<i>Apocyno. salvadorensis</i>	Cáñamo amer.	M	Zu, Tr, Fa
Apocynaceae	<i>Apocyno. cf. texensis</i>	Cáñamo amer.	E	Zu
Apocynaceae	<i>Apocyno. salvador.</i>	Cáñamo amer.	M	Tr
Arecaceae	<i>Sabalites</i> sp.	Palma	M	Tr
Bignoniaceae	<i>Bignonia zuliana</i>	Apamate	M	Zu
Bignoniaceae	<i>Pleonotoma miocenica</i>	Cuatro filos	M	Tr
Burseraceae	<i>Burserites venezuelana</i>	Indio desnudo	M	Tr
Burseraceae	<i>Simaruba miocenica</i>	Indio desnudo	M	Tr
Burseraceae	<i>Burserites fayetensis</i>	Indio desnudo	E	Zu
Caesalpiniaceae	<i>Cassia longifolia</i>	Cañafístola	M	Tr
Caesalpiniaceae	<i>Cassia zuliana</i>	Cañafístola	M	Zu
Cecropiaceae	<i>Coussapoa villosoides</i>	Curamito	M	Tr
Combretaceae	<i>Combretum stephensoni</i>	Desprecio, ojo de mono	M	Zu
Cycadaceae	<i>Zamia</i> sp.	Zamia, Zimciba	M	Tr
Fabaceae	<i>Legumin. entadaformis</i>	Legumbres	M	Tr
Fabaceae	<i>Legumin. venezuelensis</i>	Legumbres	M	Tr
Fabaceae	<i>Sophora marana</i>		M	Zu
Fabaceae	<i>Sophora salvadorana</i>		M	Tr
Heliconiaceae	<i>Heliconia elegans</i>	Ave del paraiso	M	Tr
Hernandiaceae	<i>Hernandia tongi</i>	Burio	M	Zu
Lauraceae	<i>Persea</i> sp.	Aguacate	M	Zu
Lauraceae	<i>Nectandra areolata</i>	Laurel	M	Zu
Lauraceae	<i>Persea coriaceae</i>	Laurel	M	Fa

mentos florísticos de origen holártico y austral-antártico, el cese de la orogénesis de la cordillera andina hasta alcanzar su altura actual y las diferentes glaciaciones ocurridas en el Plio-Pleistoceno y Cuaternario darían lugar a la vegetación de los Andes del norte y de la región neotropical en general. En el caso específico de paleofloras en la región andina para Venezuela, previos autores han reportado la ocurrencia de fósiles representantes de familias de plantas de origen netamente tropical en los estados Zulia, Falcón y Trujillo durante el Eoceno y Mioceno. Muchos de estos

Familia	Taxón	Nombre común	Edad	Estado
Meliaceae	<i>Cedrela jacksonia</i>	Cedro	E	Zu
Mimosaceae	<i>Entada boweni</i>	Pachaco	E?	Tr
Mimosaceae	<i>Inga</i> sp.	Guamo	M	Zu, Tr, Fa
Mimosaceae	<i>Inga eolaurina</i>	Guamo	M	Zu?
Mimosaceae	<i>Inga reissi</i>	Guamo	M	Zu
Moraceae	<i>Ficus betijoquensis</i>	Matapalo	M	Tr
Moraceae	<i>Ficus americanifolia</i>	Matapalo	E	Zu
Piperaceae	<i>Piperites cordatus</i>	Anisillo, anis	M	Tr
Poaceae	<i>Poacites</i> sp.	Gramas, paja común	M	Zu
Polypodiaceae	<i>Blechnum betijoquensis</i>	Helechos	M	Tr
Polypodiaceae	<i>Meniscium wolfei</i>	Helechos	M	Tr
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora boweni</i>	Mangle	M	Tr
Rubiaceae	<i>Condaminea ? grandifolia</i>	Caratu	M	Zu
Rubiaceae	<i>Sabicea asperifolia</i>	Mullaca	M	Tr
Sapotaceae	<i>Achras calcicolafolia</i>	Nispero	M	Tr, Fa
Sapotaceae	<i>Chrysobalanus venezuel.</i>	Icaco, caco	M	Zu
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum preoliv.</i>	Icaco, caco	E	Zu
Styracaceae	<i>Styrax lanceolata</i>	Estoraque	M	Fa
Symplocaceae	<i>Antholithus venezuel.</i>	Azulejo	M	Tr
Trigoniaceae	<i>Trigonia varians</i>		M	Zu, Tr, Fa

Tabla 9.1. Macrofósiles vegetales del Cenozoico descritos para la región andina y oriental de Venezuela. Abreviaciones: amer., americano; Apocyno., Apocynophyllum; Legumin., Leguminosites, preoliv. preoliviforme; salvador, salvadorensis; sphaer., sphaerocarpaceae; venezuel., venezuelensis.

taxa, especialmente del Eoceno, han sido asignados como registros tempranos de angiospermas que potencialmente indicarían la ocurrencia de bosques lluviosos tropicales. Muchos de los taxa fósiles reportados para los Andes del norte tienen mayor afinidad biogeográfica con familias centradas en los propios Andes, Norteamérica y Amazonas, en contraste con los bosques tropicales de tierras bajas constituidos principalmente por elementos florísticos presentes en la actualidad en la cuenca amazónica.

Macrofósiles vegetales como indicadores del paleoclima y paleoambiente

A partir de los años 90 la implementación de métodos de análisis paleoecológicos y paleoclimáticos basados en la fisionomía de la vegetación, especialmente aquellos enfocados en la morfología de improntas foliares (impresión de hojas en el sedimento) han constituido una herramienta fundamental para la interpretación del clima y ecología del pasado. Conociendo la relación actual entre el clima y la vegetación se han propuesto varios modelos numéricos para estimar la temperatura y precipitación en paleofloras con base en las características morfológicas de improntas fósiles. Dicho análisis se basa en la correlación actual establecida entre los caracteres morfológicos de las hojas y algunas variables climáticas, considerando la temperatura y la precipitación media anual como los elementos que mejor definen la climatología de un área. Algunos de los caracteres correlacionados directamente con el clima corresponden con el tamaño de la hoja, configuración del margen, ápices acuminados, patrón de venación, textura, y forma del ápice y base de la hoja.

Reconstrucción del paleoclima basado en impresiones foliares

En numerosos trabajos se ha establecido y demostrado la relación entre la fisionomía foliar y las condiciones climáticas y ambientales en bosques modernos y su extrapolación hacia floras del pasado, quedando demostrado que la fisionomía de la vegetación tiende a caracterizar el clima de una región independientemente de su composición florística. En el análisis de las relaciones entre el clima y la vegetación se ha observado que la precipitación guarda una relación directamente proporcional con el área foliar y que el porcentaje de hojas con borde entero se relaciona positivamente con las temperaturas medias anuales. De esta manera se han establecido relaciones matemáticas entre los caracteres morfológicos foliares y algunos parámetros climáticos. Incluso se maneja la hipótesis de que esta relación entre la morfología foliar y el clima no ha cambiado significativamente desde el Cretácico tardío, por lo cual floras fósiles desde entonces pueden compararse con floras modernas.

El establecimiento de modelos matemáticos para el uso de la morfología foliar como indicador y predictor paleoclimático se ha realizado básicamente en zonas templadas de Norte América, sur de América del Sur y Asia, en latitudes mayores a los 25° Norte y Sur. Esto ha generado una subestimación o sobreestimación en el cálculo de los valores térmicos anuales en las zonas tropicales, debido a que estas ecuaciones, construidas con datos de regiones extratropicales, incluyen localidades donde se experimentan muy bajas temperaturas en comparación con las temperaturas medias registradas en el trópico. Sin embargo, algunas investigaciones realizadas en zonas tropicales han demostrado que la relación entre los rasgos foliares y el clima en el trópico no difiere de la relación encontrada en áreas extratropicales. Esta analogía responde a la fisionomía foliar la cual refleja una respuesta convergente a condiciones climáticas en diferentes familias de plantas donde la

relación entre el clima y las formas de las hojas muestran convergencia hacia algunas de sus características a través de una morfología funcional común. Por ejemplo el predominio de ápices acuminados en diferentes linajes indicaría la existencia de altas precipitaciones en un área. Así, esta relación entre las características morfológicas foliares y el clima es tanto cuantificable como consistente dentro de un amplio rango ecológico y geográfico, existiendo ciertos patrones en la distribución de los atributos foliares en la vegetación moderna. Tradicionalmente se han empleado dos enfoques para la inferencia del paleoclima de un área sustentados en el conjunto de improntas foliares de una asociación fósil:

1) *Enfoque fisionómico (no taxonómico)*: Diversos estudios en bosques modernos sugieren que el porcentaje de hojas con borde entero guarda una relación lineal con temperaturas medias anuales mientras que el tamaño de la hoja guarda una relación positiva con los valores de precipitación. Conociendo esta relación entre el clima y la vegetación algunos autores han planteado modelos numéricos a partir de la aplicación de análisis univariado o multivariado para estimar el paleoclima con base en las características foliares, entre estos análisis se destacan:

a) *Análisis del margen*: técnica univariada fundamentada en la proporción de taxa con margen entero para la determinación de los valores de temperatura de una comunidad vegetal.

b) *Análisis del área foliar*: Al ser el tamaño y forma de las hojas enormemente sensibles a las condiciones de humedad se definió el cálculo de la precipitación como una ecuación producto de la relación lineal entre el área foliar y la precipitación. Se infiere que la proporción de los diferentes tamaños de hojas encontrados en una asociación fósil arroja un estimado de la precipitación.

c) *Programa multivariado para análisis de clima basado en hojas, CLAMP (Climate Leaf Analysis Multivariate Program)*: técnica multivariada sustentada en la cuantificación de 31 caracteres de la ar-

quitectura foliar en hojas de dicotiledóneas leñosas de una comunidad vegetal actual para la obtención de parámetros climáticos. Algunos autores han hecho mención sobre la inaplicabilidad de esta técnica en áreas tropicales ya que el set de datos morfológicos que maneja esta herramienta está construido principalmente por elementos florísticos de zonas templadas sin alcanzar los requerimientos necesarios para una comparación con localidades exclusivamente tropicales.

2) *Enfoque taxonómico*: Este método se basa en el establecimiento del “relativo más cercano” el cual consiste en la extrapolación de tolerancias climáticas de especies modernas con sus análogos fósiles. Esta técnica ha sido criticada ya que exige una correspondencia taxonómica exacta de las especies fósiles con especies modernas, la cual muchas veces podría ser errónea. Otro de los problemas en la aplicación de esta metodología, radica en la determinación de los requerimientos y tolerancias climáticas de las especies modernas, que en el trópico tiende a ser sumamente grande.

Reconstrucción paleoecológica basado en la impresión de hojas

La información preservada en una asociación fosilífera puede llegar a ser interpretable en términos ecológicos manejados en la actualidad. El término tafonomía en una comunidad vegetal incluye procesos asociados a la abscisión inicial de una parte de la planta, su transporte al lugar de depositación, su incorporación al sedimento y su eventual litificación. Las interpretaciones de los aspectos tafonómicos asociados a una paleoflora se sustentan en estudios sobre la dinámica foliar en bosques modernos, una vez que la hoja es separada de la planta e incorporada al sedimento. Por ejemplo, algunos autores han demostrado a través de observaciones realizadas en la hojarasca de bosques húmedos mo-

ternos del trópico, que la fuente de restos foliares corresponde principalmente a dicotiledóneas arbóreas localizadas sobre dichos depósitos de hojas.

No obstante, diversos factores pueden alterar la preservación de la diversidad en la comunidad vegetal, siendo los procesos tafonómicos (procesos previos a la fosilización) prácticamente imponderables en el análisis del registro fósil, afectando incluso la composición taxonómica de una flora fósil. Entre estos factores se encuentra que: 1) no todas las plantas son fosilizadas; 2) existe una preservación diferencial controlada por la selección hidrodinámica entre los tamaños de hojas: hojas pequeñas predominan en comparación con hojas grandes; 3) los procesos de transporte generan destrucción de los órganos de la planta por ruptura mecánica; 4) existe una sobre-representación de hojas más resistentes o de especies dominantes de la comunidad vegetal en el lugar de depósito; 5) las hojas grandes (macrofilas y megafilas) son más propensas a ser removidas y fracturadas antes de formar parte del sedimento; y 6) el muestro de fósiles ha sido insuficiente o podría estar sesgado por la selección de impresiones mejor preservadas. Atendiendo a todas estas observaciones es posible que a partir del estudio de la morfología y estado de preservación de los fósiles se llegue a una aproximación de los procesos tafonómicos responsables del conjunto fosilífero.

Un ejemplo de la reconstrucción del clima y vegetación a través de plantas fósiles: La Formación Palmar en Los Andes de Venezuela

Con base en una serie de macrofósiles vegetales de la Formación Palmar (Mioceno temprano-medio) se planteó su estudio sistemático y morfológico para conocer la composición florística y paleoclima de este sector de los Andes venezolanos durante el Mioceno temprano (~23-16 Ma). La Formación Palmar constituye

una de las unidades sedimentarias que se depositó previo al levantamiento final de los Andes del norte, de allí que el estudio de sus fósiles vegetales permitió el análisis de una posible relación con floras de la cuenca del Río Orinoco, de acuerdo a la configuración paleogeográfica del área durante el Neógeno. Los datos extraídos a partir de las descripciones morfológicas de los fósiles permitió la evaluación de la comunidad vegetal bajo dos perspectivas: por una parte el análisis de las condiciones paleoclimáticas del área y por otra el análisis del índice de diversidad paleoecológica. De acuerdo a los requerimientos ecológicos de las familias de plantas modernas con las cuales se encontró afinidades morfológicas en la paleoflora de la Formación Palmar se planteó que el conjunto paleoflorístico representa un tipo de vegetación de bosques de tierras bajas. Tomando en cuenta el componente taxonómico, tafonómico y fisionómico extraído del análisis de la paleoflora se concluyó que esta representa una mezcla de elementos provenientes de las zonas de vida *bosque húmedo tropical* y *bosque seco tropical*, donde hubo una gran influencia de elementos florísticos de amplia distribución tropical y neotropical. En cuanto a los parámetros climáticos calculados en la paleoflora se infirió una precipitación alrededor de los 1.000 mm anuales y una temperatura media anual de 28° C +/-2, valores que evidentemente afectaron la morfología foliar y su adaptación a condiciones cálidas. Las estimaciones paleoclimáticas en la paleoflora, donde se infieren temperaturas más elevadas que las actuales, además del desarrollo de una paleoflora de dominio tropical, soportan el modelo de calentamiento durante el Mioceno. Tanto el enfoque fisionómico como el florístico permiten inferir condiciones climáticas de tipo cálido. Las características tanto fisionómicas como paleoflorística de la paleoflora mostraron diferencias con la flora actual que crece en el área donde se exponen estas rocas, descrita como vegetación de bosque sub-montano. Asimismo no cabe duda que los diferentes fragmentos foliares descritos podrían corresponder a una

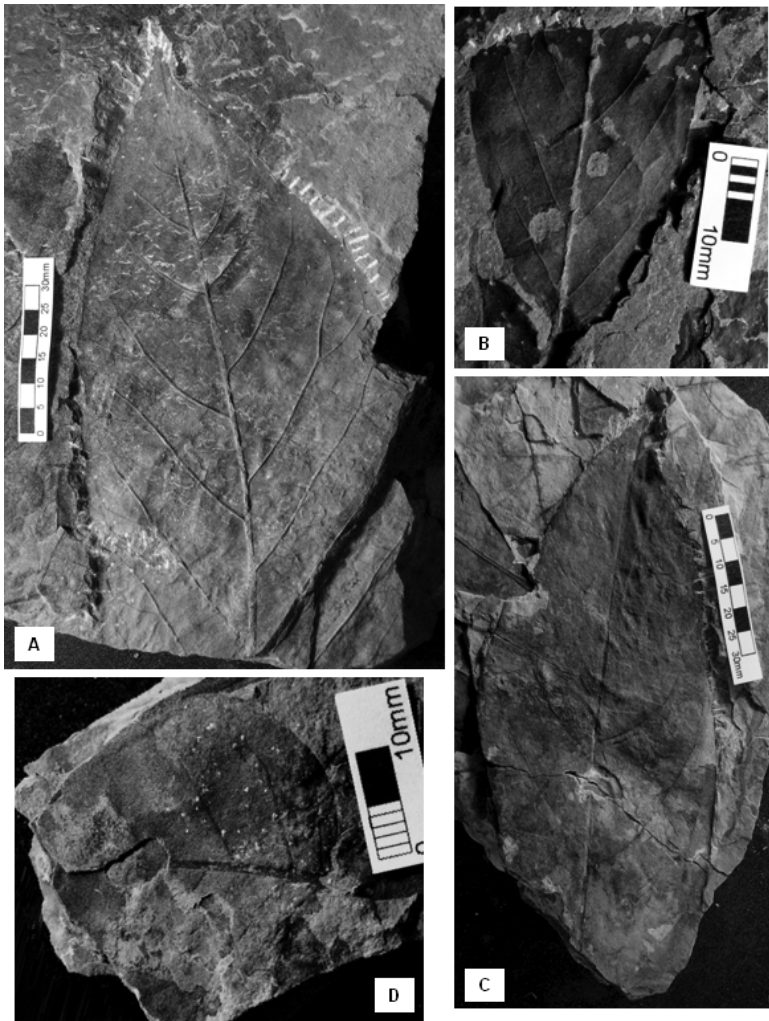


Figura 9.2. Algunos ejemplos de las hojas fósilizadas encontradas en la Formación Palmar (Mérida, Venezuela), edad Mioceno temprano-medio (~23-16 Ma). Material depositado en el Herbarium MERC (Universidad de Los Andes, Venezuela). **A.** Afinidad con la familia Lauraceae, **B.** Afinidad con el género *Nectandra* sp. (Lauraceae). **C.** Afinidad con el género *Persea* sp. (Lauraceae). **D.** Afinidad con el género *Coccoloba* sp. (Polygonaceae).

formación vegetal más compleja durante el Mioceno, teniéndose apenas representado una muestra de lo que fue un bosque más diversificado. Probablemente, durante los últimos 20 millones de años los grupos de especies reconocidos en la paleoflora han conservado su presencia en los mismos nichos ecológicos, teniendo requerimientos climáticos similares a los del presente.

Observaciones finales

Estudios de macrofósiles vegetales son escasísimos en Venezuela. El desconocimiento de la composición paleoflorística en el caso específico de las angiospermas, impide hacer un seguimiento de la evolución de la vegetación en respuesta a cambios ambientales o climáticos. En el caso particular del norte de América del Sur, el le-



Figura 9.3. Vista general del afloramiento de la Formación Palmar en el tramo Estanques-El Vigía (Mérida, Venezuela). Hacia el sector más noroeste de la fotografía fueron colectados fósiles de plantas en el año 1990, utilizados en la predicción del clima del Mioceno. Esta sección en la actualidad está cubierta por una pantalla de concreto.

vantamiento de los Andes constituyó un factor crucial en los cambios de distribución y adaptación de las comunidades vegetales a las nuevas condiciones paleogeográficas y topográficas. Varias hipótesis acerca del origen de los bosques tropicales y las causas de los altos niveles de diversidad florística en el Neotrópico sugieren que el establecimiento de la vegetación moderna ocurrió durante el intervalo Paleógeno y Neógeno, por lo que el conocimiento de paleofloras de los últimos 65 millones de años en los trópicos es imprescindible en el estudio de la distribución y evolución de las comunidades vegetales tropicales modernas como centros de diversidad biológica. Al considerarse el trópico de América del Sur como el centro de mayor diversidad de plantas del mundo, y en particular los Andes tropicales definidos como un centro de biodiversidad ó "hotspot", el conocimiento de la dinámica de la vegetación fósil en el área es un tema fundamental para su conservación. Evidentemente el hallazgo y descripción de macrofósiles vegetales pertenecientes al Cenozoico y Mesozoico brindaría importantes datos para la reconstrucción paleoflorística de los ambientes sedimentarios y de la reconstrucción de la historia fitogeográfica del norte de América del Sur. Se considera relevante el desarrollo de estudios paleoclimáticos basados en criterios morfológicos foliares - sobre todo ese componente paleobotánico que permanece inexplorado en muchas localidades fosilíferas de Venezuela.

Familias asignadas	Distribución fitogeográfica	Hábito	Ecología
Annonaceae	Pantropical	Árboles, arbustos, lianas	Sabanas, bosques semicaducifolios, siempreverdes, de galería, morichales y matorrales
Anacardiaceae	Pantropical	Árboles grandes, arbustos	Bosques siempreverde, bosques de galería, bosques semidecuidos
Aquifoliaceae	Cosmopolita	Árboles o arbustos	Común en bosques montanos
Clusiaceae	Pantropical	Formas leñosas: árboles, arbustos, lianas, pocas hierbas	Ecosistemas de selvas nubladas y bosques nublados
Lauraceae	Pantropical	Arbustos, árboles	Selvas pluviales y de montaña, bosques siempreverde, bosques de galería
Polygonaceae	Pantropical, Holártico	Árboles, arbustos, hierbas, a veces lianas	Bosques de galerías, siempreverdes, montanos, semidecuidos, límites de sabanas
Sapotaceae	Pantropical, Subtropical	Árboles o arbustos	Bosques de tierras bajas
Orden Fabales	Cosmopolita	Árboles, arbustos, trepadoras, hierbas	Vegetación abierta
Orden Malvales	Pantropical, Subtropical	Formas leñosas dominantes, pocas hierbas	Bosques de galerías, siempreverdes, semidecuidos

Tabla 9.2. Aspectos fitogeográficos y ecológicos de las familias asignadas en la paleoflora de la Formación Palmar.

