

## TENDENCIAS ACTUALES EN LOS ESTUDIOS PALEOBOTANICOS

por Sergio Archangelsky

CONICET-Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia", A. Gallardo 470, Buenos Aires.

### INTRODUCCION

Las distintas etapas que marcan el desarrollo de los estudios paleobotánicos están fuertemente influidas por la inclinación de los investigadores hacia aspectos vinculados con el ordenamiento sistemático de los materiales exhumados en los estratos geológicos. Esa misma tendencia se mantiene actualmente, aunque de manera más limitada. Otro aspecto que abarcó la disciplina desde sus albores fue el ordenamiento cronológico de esos mismos materiales vinculados a los diferentes períodos de la escala geológica patrón. Esta orientación mantiene aún su vigor inicial, que muy probablemente seguirá vigente por muchos años. Sistemática y bioestratigrafía son las dos ramas esenciales de la Paleobotánica que fueron evolucionando paralelamente con el aporte de biólogos y geólogos.

Los descubrimientos de vegetales fósiles están relacionados directamente a la intensidad de las exploraciones. Las áreas de nuestro planeta que más fueron prospectadas se hallan en aquellos lugares donde hay una mayor densidad de población. Originalmente fue Europa, y luego los EEUU, India, Japón y China. Cabe aclarar, sin embargo, que a pesar de las numerosas publicaciones que por casi 200 años han ido incrementando el acervo paleobotánico de las áreas

estudiadas con mayor intensidad, restan aún vastas extensiones que no fueron exploradas, o lo han sido de manera muy superficial. Mientras los especialistas de algunos países europeos están actuando ya en una quinta o sexta generación, reciclando a veces información sobre los mismos materiales que fueron descubiertos y dados a conocer a fines del siglo XVIII y comienzos del XIX, nos encontramos con territorios asiáticos, africanos y americanos donde aún no ha pisado ningún explorador paleobotánico. Entre ambas situaciones extremas, por supuesto que hay distintos casos intermedios, como el de nuestro país, donde este tipo de investigaciones se está desarrollando hace ya más de una centuria. Varios geólogos como Luis Brackebusch, A. Stelzner o Guillermo Bodenbender, en sus trabajos geológicos efectuados en el centro y noroeste argentino, descubrieron vegetales fósiles que fueron determinados o parcialmente descriptos por un botánico-paleobotánico de Córdoba, Federico Kurtz.

Distintas obras de síntesis o tratados sobre Paleobotánica fueron publicándose muy espaciadamente desde comienzos del siglo XIX. Primero fueron el Atlas de Plantas Fósiles de Adolfo Brongniart (1828), el *Traité de Schimper* (1869-1874), los *Fossil Plants* de Albert Seward (1898-1919) o los *Éléments de Paléobotanique* de Zeiller (1900). Ya en este siglo, y a partir de la década del '30 comienzan a proliferar los textos y tratados: Hirmer (1927), Darrah (1939), Walton (1940), Emberger (1945), Arnold (1947), Krishtofovich (1957) y Andrews (1961). Cada una de estas obras

Conferencia pronunciada durante la entrega del Premio "Cristóbal M. Hicken" 1983-1985, el día 15 de noviembre de 1991

contiene información con importantes agregados sistemáticos sobre las anteriores, pero también con nuevas orientaciones y enfoques que hicieron más polifacética a la disciplina. El esfuerzo editorial de Édouard Boureau con su *Traité de Paléobotanique*, proyectado para ser publicado en 7 volúmenes, de los cuales sólo tres vieron la luz (1964-1975) es, quizás, el último exponente enciclopedista en nuestra disciplina. En la década del '80 se renuevan las publicaciones de libros que sintetizan los más recientes descubrimientos y, a la vez, reinterpretan anteriores esquemas de clasificación de las plantas fósiles, como los de Thomas Taylor (1981), Wilson Stewart (1983) o Serguei Meyen (1987), entre otros.

En años recientes, han proliferado, por otra parte, reuniones de grupos de trabajo que a veces suelen publicarse como compendios dedicados a temas específicos, en los que cada capítulo es desarrollado por uno o más autores. Los temas así tratados son diversos, como "Factores Geológicos y la Evolución de las Plantas" (B.H. Tiffney Ed., 1985), "Origen y Evolución de las Gimnospermas" (C.B. Beck Ed., 1988) o "Aspectos sistemáticos y taxonómicos en Paleobotánica" (R.A. Spicer y B.A. Thomas, Eds., 1986). Esta tendencia, cada vez más aceptada, evita la asistencia a reuniones multitudinarias, como los congresos internacionales sobre temas generales (geología, botánica o zoología) o bien, dentro de éstos conforman simposios especializados.

Cada etapa refleja un estado de conocimiento adquirido con las técnicas de observación y recuperación de los materiales fósiles. El estudio de las formas vegetales, reconocidas como impresiones sobre las rocas, con el tiempo adquirió nuevas dimensiones, a medida de que fueron esbozándose secuencias evolutivas. El estudio de las estructuras avanzó junto con el desarrollo de la microscopía óptica, primero y electrónica después. Los modernos conceptos geodinámicos condujeron a representaciones paleogeográficas que obligan a una nueva dimensión interpretativa sobre la distribución de provincias botánicas en las distintas etapas geológicas. Las variaciones climáticas registradas en el pasado también contribuyeron a comprender mejor fenómenos migratorios

y ciertas distribuciones paleo-fitogeográficas que hasta ahora parecían anómalas. El desarrollo de la moderna sedimentología ambiental indujo a considerar los restos de vegetales fósiles como clastos integrantes de la roca, permitiendo reconstruir las condiciones físicas de soterramiento y avanzar en los estudios paleoecológicos. La transformación de los distintos tejidos vegetales durante su fosilización permitió encarar trabajos de naturaleza paleofitoquímica (Niklas, 1981). Actualmente tienen vigencia en la exploración de hidrocarburos. Se está avanzando en el campo experimental de la formación de las compresiones de vegetales fósiles (Rex y Chaloner, 1983), demostrando cómo el efecto físico "presión" (aplicado a los sedimentos en los que los restos vegetales fueron sepultados) puede modificar su forma original: el mismo órgano puede presentarse fosilizado con diferentes formas, según su diagénesis.

La diversidad en la aplicación de los conocimientos sobre los vegetales fósiles crece continuamente, a tal punto que -y creo no pecar de exagerado- la Paleobotánica de mis tiempos de estudiante tiene poco que ver con los enfoques y tendencias modernas. Esta disciplina está en una etapa de evolución y revolución intensa modificando conceptos que parecían inamovibles y definitivos: *non plus ultra*. Quienes hemos vivido esta transformación, a veces tememos mirar hacia atrás. Preferimos, en cambio, establecer hitos que permitan seguir adelante sobre bases que pueden ser perfectibles con el avance científico general. Nos hallamos en la etapa de construir, precisamente, bases de datos para usarlos en los trabajos futuros. Hemos tomado conciencia de que los trabajos interdisciplinarios son imprescindibles para lograr una mayor confiabilidad en el resultado de las investigaciones proyectadas. Analizaremos seguidamente la situación de algunas orientaciones en la Paleobotánica moderna, según las pautas señaladas en los párrafos introductorios.

### *Taxonomía*

Originalmente, las plantas fósiles fueron consideradas como meras curiosidades de la naturaleza. Con los años, el conocimiento de

los vegetales vivientes permitió reconocer formas fósiles afines a las actuales, mientras que otras, no tenían símiles entre los componentes de las floras que habitan hoy nuestro planeta. Los fósiles, casi siempre se presentan fragmentados, preservándose ya sea los troncos, tallos o ramas, las hojas o las fructificaciones y semillas. Cada una de estas partes puede conservarse de varias maneras, según haya sido el proceso de fosilización: una impresión o impronta, una petrificación o permineralización, una momificación o compresión, o bien un molde. Esta variedad siempre ha incidido en las comparaciones que se efectúan de un mismo órgano preservado con diferentes tipos de fosilización. Se ha precisado una mínima dosis de confiabilidad en las determinaciones para poder efectuar reconstrucciones que reflejasen lo más fielmente posible el aspecto que realmente tenían las plantas en vida. Actualmente poseemos caracterizaciones relativamente completas de diversos órganos vegetales fósiles, algunos hallados en conexión orgánica, lo cual permite presentar reconstrucciones de formas y tamaños de individuos casi completos, y a veces también de sus estructuras. Se ha llegado así al concepto de 'planta total' o 'whole plant', posiblemente el exponente máximo al que se pueda aspirar en trabajos taxonómicos de esta disciplina.

Cada parte, cada órgano de la planta cumple con una función, y variando ésta por motivos o requerimientos ambientales, varía su desarrollo sin que necesariamente tenga que cambiar también el desarrollo de los otros órganos de manera paralela. Estas alteraciones, en una perspectiva de tiempo geológico, permitieron establecer algunos principios o 'procesos elementales' que podían ser aplicados a los distintos órganos para explicar el sentido, la orientación de las transformaciones que se producían en éstos. Se fue construyendo paulatinamente una hipótesis con un concepto fundamental, basado en las formas más primitivas de vegetales vasculares terrestres. Esta teoría muestra cómo los tipos de ramificación y la disposición de los órganos han evolucionado en los vegetales vasculares sobre la base de unidades morfológicas denominadas 'teloma' (Zimmermann, 1959). Esta etapa ha

sido fundamental, signando los estudios taxonómicos modernos pues -entre otros aspectos- desarrolló la capacidad especulativa de los investigadores dentro de marcos reales, dado que se fundamentaba o ejemplificaba con evidencias fósiles concretas, extendidas en el tiempo. La dimensión 'tiempo' es quizás uno de los aportes básicos que ofrece la Paleobotánica para comprender el origen y desarrollo de los taxones vegetales, relacionándolos filogenéticamente. El conjunto de caracteres hallados en los órganos fósiles ha permitido desarrollar, en años recientes, sistemas de clasificación basados en las ideas de los telomistas (Meyen, 1987). También el análisis estratofenético permite aproximarse a la determinación de ancestros y descendientes o relaciones genealógicas de organismos y grupos de organismos preservados como fósiles (Gingerich, 1990). Otra forma de clasificación desarrollada en años recientes es la cladística (Henning, 1966, Wiley, 1981), que busca agrupar a los taxones en grupos y subgrupos sobre la base de la distribución más parsimoniosa de caracteres. Este método es usado actualmente por algunos paleobotánicos para presentar nuevos sistemas de clasificación (Crane, 1985).

En rigor, actualmente los taxónomos paleobotánicos, más que diagnosticar especies o géneros nuevos buscan 'caracterizarlos' mediante elementos que realmente se ven, usando todas las técnicas de observación accesibles; esos elementos deben tener un peso o valor relativo que el investigador otorga según pautas o criterios determinados. En esta trama ha tenido fundamental importancia el avance en las técnicas de preparación y observación de los tejidos fósiles, las que han posibilitado obtener un número cada vez mayor de caracteres y, por lo tanto, se ha logrado una comparación más precisa con los vegetales vivientes. Actualmente podemos realizar observaciones de tejidos vegetales momificados con microscopios electrónicos de barrido y de transmisión, descifrando sus ultraestructuras con aumentos de hasta 300.000 x (Hideux y Abadie, 1986). Acotemos entonces que estamos en los umbrales de reconocer visualmente las formas y la arquitectura de ciertas moléculas orgánicas preservadas como

fósiles, es decir, entramos en el campo de la Paleobotánica molecular (Curry, 1990).

El desequilibrio en la distribución de áreas prospectadas para recuperar plantas fósiles, unido a la intensidad de las búsquedas, son factores preponderantes para afirmar que estamos aún lejos de lograr un conocimiento cabal de la masa vegetal extinta y, consecuentemente, tenemos aún un largo camino para recorrer con el fin de conseguir una representación pareja de la paleofitomasa a nivel planetario.

El factor 'nuevos descubrimientos' es pues decisivo en estudios taxonómicos y debe aplicarse en áreas poco o nada conocidas, como por ejemplo Siberia, el Artico, Antártida, que en años recientes están brindando nuevos y excelentes yacimientos fósiles con vegetales y animales cuyo estudio, en sus etapas iniciales, ha brindado novedades mayores que obligan a una constante revisión de conceptos y esquemas, algunos de reciente formulación. Amplias regiones africanas y sudamericanas también se hallan pobremente exploradas. Podríamos aventurar que una exploración satisfactoria se ha realizado hasta ahora en un 10% de la superficie terrestre. Si tomamos a nuestro país como ejemplo, que tiene una tradición centenaria, los trabajos de exploración paleobotánica cubren quizás un 50% de las diferentes cuencas sedimentarias. El flujo de información sobre nuevos hallazgos -nuevas localidades fosilíferas- es continuo. Ello, no obstante, sólo refleja "hallazgos", faltando aún las investigaciones detalladas de los fósiles con las técnicas y métodos modernos. Me atrevo a decir que de los centenares de yacimientos fosilíferos que conocemos actualmente, ninguno ha sido estudiado totalmente de manera satisfactoria. La masa de información que todavía está oculta es inmensa y ello se refleja en la sistemática de los grupos mayores -siempre considerando a los vegetales vasculares- la cual varía de texto en texto, y aún, en ediciones sucesivas del mismo texto! Actualmente, las publicaciones especializadas en vegetales fósiles continúan registrando nuevos taxones a nivel de familia (ocasionalmente órdenes), mientras que es normal el flujo de nuevos géneros (con todos los atributos registrados mediante las técnicas más actualizadas).

Es posible afirmar con este panorama que los estudios taxonómicos habrán de continuar necesariamente por mucho tiempo, hasta que se complete la exploración de todas las áreas terrestres y se establezca una buena base de datos que contenga la mayor cantidad posible de caracteres reconocibles en el material fósil.

### *Paleoecología*

El trabajo de campo, actualmente se desarrolla de una manera más detallada. Los paleontólogos suelen compartirlo con sedimentólogos para determinar los ambientes físicos en los cuales los fragmentos vegetales fueron depositados. Se hacen perfiles estratigráficos con la ubicación precisa de los sectores fosilíferos agregándoles un contexto paleoambiental que es de suma utilidad para determinar las condiciones tafonómicas, es decir, determinando la manera en que los fósiles fueron sepultados, la mayor o menor aloctonía de esos restos, su diagénesis, etc. Por otra parte, en los sectores fosilíferos adecuados se realizan perfiles aún más detallados y se ubican los horizontes más aptos para hacer evaluaciones paleoecológicas.

El conjunto de fósiles -tafocenosis- varía según el tipo de material. Este puede presentarse de dos maneras: con o sin materia orgánica original preservada. Según las diferentes formas de fosilización -diagénesis- el fragmento vegetal que cae al suelo y es sepultado, pongamos por ejemplo una avalancha de tierra o ceniza volcánica, podrá preservar -o no- una parte de su composición química original. Si se borran todos los vestigios de materia orgánica podemos rescatar únicamente las marcas que esos restos pueden haber dejado en los sedimentos (ya sea como impresiones o moldes). Si esa materia es sustituida por sales minerales el fósil resultante es una permneralización. Si quedan algunos residuos orgánicos, éstos pueden quedar alterados (carbonizados en distinto grado) o no (momificados). Frecuentemente, el tipo de fósil sugiere condiciones ambientales sin- o postdepositacionales. Por ejemplo, un caso interesante es el de los paleoincendios. El fuego carboniza ciertos tejidos vegetales que

se caracterizan por su composición y estructura, visibles tanto en restos megascópicos como microscópicos. En años recientes se han comenzado a detectar tales restos, que abundan en los sedimentos orgánicos, atestiguando que en el pasado han habido incendios de magnitud, hecho que puede haber influido parcialmente en cambios climáticos (Cope y Chaloner, 1985).

Las tafocenosis se recuperan de superficies amplias, previos relevamientos estadísticos de varios horizontes sucesivos. La información obtenida con este detalle permite efectuar reconstrucciones de los tipos de vegetación que pudieron existir en el área circundante, su vinculación con los paleoambientes físicos y las probables sucesiones en el tiempo, tanto entre horizontes cercanos como entre sectores plantíferos más alejados en el mismo perfil estratigráfico. Por otra parte, el estudio de los fósiles en sí aporta datos útiles para evaluar condiciones paleoclimáticas de temperatura y humedad. En cierta medida, estos estudios paleosinecológicos y paleoautoecológicos se complementan con los taxonómicos y tienen una difusión cada vez mayor en la paleobotánica moderna (Scott, 1990). Para poder evaluar el comportamiento de fragmentos vegetales que se desprenden de sus plantas madres en diferentes ambientes, los paleobotánicos han recurrido al estudio de diferentes posibilidades que se presentan en la actualidad. Así han estudiado deltas, planicies de inundación, lagos, pantanos, etc., en diferentes climas, tratando de reconocer cómo se desplazan dichos fragmentos hasta el lugar de su definitiva depositación. Ello ha ayudado a reconocer paleocomunidades con un alto grado de confiabilidad (Scott, *op.cit.*).

Al explorar superficies grandes, abiertas para conteos estadísticos en los distintos horizontes plantíferos de un perfil estratigráfico, aumentan las posibilidades de hallar ejemplares fósiles más completos. También mejoran las posibilidades de recuperar con poco daño físico esos ejemplares por el mayor margen de maniobra que se tiene. Estas técnicas de campo, que requieren instrumentales y pegamentos especiales, han posibilitado, en poco tiempo, realizar hallazgos muy importantes desde el punto

de vista taxonómico, principalmente en el caso de las conexiones orgánicas entre diferentes órganos del mismo individuo. Por ejemplo, troncos con sus ramas y hojas, frondes pluripinnadas de helechos o pteridospermas, fructificaciones masculinas y/o femeninas con el aparato vegetativo, etc. Estos hallazgos, realizados metódicamente, incrementaron el número de taxones 'naturales' -o 'más naturales' si se prefiere- que han aumentado sustancialmente el valor del registro fósil. El impacto de tales descubrimientos se hace sentir actualmente en la sistemática de los niveles jerárquicos mayores (órdenes, clases o familias).

#### *Paleofitogeografía (y paleoclimatología)*

La cambiante disposición de los continentes a través de los distintos períodos geológicos permite ubicar los sitios fosilíferos en mapas paleofitogeográficos que no tienen semejanza con la distribución de los terrenos en la actualidad. Esta nueva situación ha permitido acercar áreas o terrenos con tafofloras similares que existieron en determinados períodos geológicos. Esta línea de investigación, está confirmando -a veces no- hipótesis paleogeográficas que fueron basadas, en su momento, por estudios paleontológicos. El caso más dramático es el de la postulación de un gran continente en el hemisferio austral, denominado Gondwana, que existió durante el Paleozoico tardío y que estaba integrado por Sudamérica, Antártida, Africa, India, Australia, Nueva Zelanda y Nueva Guinea, hoy separadas. Una planta, que lleva el nombre de *Glossopteris*, impulsó a paleogeógrafos y paleobotánicos de fines del siglo pasado y comienzos del presente a sugerir que existía similitud de asociaciones paleoflorísticas entre continentes que hoy se hallan muy distantes. Por un tiempo, esta hipótesis fue combatida con argumentos geofísicos y biogeográficos, pero en la década del '60, nuevas técnicas permitieron remodelar los aspectos teóricos conflictivos. De esta manera, se ha confirmado lo que originalmente fue denominado "deriva continental", que es el desplazamiento horizontal de continentes (o placas) producido por fuerzas tangenciales en la corteza terrestre.

La confiabilidad de los datos paleogeográficos es fundamental para desarrollar estudios de distribución de floras fósiles. Por ejemplo, en un aspecto que nos interesa directamente, la aloctonía -o no- de la Patagonia durante el Neopaleozoico. En estos casos, los estudios paleobotánicos han resultado valiosos para controlar cronocorrelaciones o condiciones paleoclimáticas generales, a veces vinculadas a las posiciones paleolatitudinales. Fenómenos globales de enfriamiento o recalentamiento de la superficie terrestre encuentran su correlato en las asociaciones paleoflorísticas. Paleofloras con elementos arborescentes, que sugieren climas templados, fueron halladas en paleolatitudes cercanas a los polos durante el Cretácico tardío (Spicer, 1989; Crever, 1989). El último decenio ha sido testigo de un significativo incremento en estos estudios, especialmente con el hallazgo de numerosas tafofloras en latitudes muy altas. El efecto "invernadero" que hoy nos preocupa a escala global se ha manifestado antiguamente en dos etapas geológicas, más precisamente en las postrimerías del Paleozoico y Mesozoico. Actualmente se han incrementado los estudios de morfología y anatomía comparada y funcional de las plantas fósiles de esas épocas, tomando en consideración los cambios globales que parecen afectar nuestros ecosistemas. Los vegetales extinguidos pueden darnos pautas sobre los cambios que se producían en los tejidos para adaptarse a nuevas, a veces inéditas, situaciones climáticas. En este caso, el pasado puede ser la clave del presente.

#### *Interacción entre organismos*

La interacción entre animales y vegetales, el parasitismo y el mutualismo, son otros campos que están suscitando interés en los últimos años. Las plantas son los principales productores primarios de todos los ecosistemas terrestres y proveen la base energética de la cual dependen los animales. Ellas registraron en el pasado señales o signos de actividad debida a la acción de diferentes animales, principalmente de insectos, proporcionándoles el alimento y habitación (Scott y Taylor, 1983). Por otra parte, los estudios sobre las relaciones hongo-

planta también se han incrementado sustancialmente, en especial con el reconocimiento de hongos que parasitaban o habitaban en tejidos vegetales desde el Paleozoico (Taylor, 1990).

#### *Bioestratigrafía*

La exploración geológica de superficie y subsuelo se desarrolla activamente en todo el mundo. Aparte del interés científico que los descubrimientos aportan en este campo está la aplicación directa de los mismos en la prospección de minerales útiles al hombre. Entre ellos, están principalmente los hidrocarburos. En esa dirección, los estudios paleobotánicos de los últimos decenios se han intensificado de una manera espectacular. Por una parte, contribuyen a establecer esquemas bioestratigráficos de formaciones continentales mediante la datación de los estratos y su correlación con otros de características similares. Se están estableciendo zonaciones en secuencias sedimentarias de cuencas específicas que permiten resolver problemas estratigráficos en áreas de interés económico. Particularmente, estos trabajos son muy útiles en estudios geológicos de subsuelo, donde se puede obtener información cronológica, bioestratigráfica o paleoecológica a partir de muestras pequeñas y puntuales. Esta orientación se basa principalmente en el estudio de los restos vegetales microscópicos que componen una parte de las rocas sedimentarias que se recuperan en las perforaciones. Los microfósiles que se obtienen comprenden órganos fragmentados (traquéidas, fibras, cutículas epidérmicas, membranas) o bien enteros (polen, micro y megasporas, quistes). Estos restos, al ser sepultados originalmente tenían un color determinado que, luego del soterramiento podía variar con un aumento de la temperatura (gradiente geotérmico, actividad ígnea, tectónica). En el caso del polen, se comprobó que la esporopolenina, (compuesto orgánico que compone la pared externa o exina, que protege el contenido interno), varía su color a medida de que la temperatura circundante aumenta. Esta variación entre los colores extremos refleja aproximadamente valores de 60° C a 200° C. El cambio va desde el amarillo que, con su-

cesivos incrementos térmicos adquiere tonalidades más oscuras, pasando a marrón claro, marrón oscuro y, finalmente, negro. También se ha determinado que entre estas temperaturas, la esporopolenina (y otros componentes orgánicos carbohidratados) se transforman parcialmente a partir de un estado sólido a otro líquido (petróleo) y, finalmente, gaseoso. Así se determinó un 'índice de alteración térmica' (IAT) que permite comprobar, de acuerdo al color de la materia polínica, si los sedimentos que la contienen han generado hidrocarburos líquidos y/o gaseosos (Villar y Archangelsky, 1980).

Los microfósiles vegetales pueden ser de origen continental (polen, esporas) o marino (quistes de algas). Es posible determinar paleoambientes reconociendo estos organismos. Para ello son suficientes pocos gramos (5 a 10) de muestra. Estos estudios de índole aplicada, son casi rutinarios en los trabajos modernos de exploración, y forman parte junto con investigaciones de otra índole (paleobioquímica, sedimentología), de un conjunto que permite efectuar diagnósticos precisos sobre el interés económico de las áreas prospectadas. En síntesis, 'la biología de los estratos' es una de las ramas que más se están desarrollando en la Paleobotánica por su valor ecuménico y por su aplicación práctica. Baste señalar que en nuestro país tales estudios son los más frecuentes, de acuerdo a las publicaciones de las revistas especializadas y al número de profesionales que, sin publicar, trabajan en relación con algunas industrias.

## CONCLUSIONES

Luego de 200 años, los estudios paleobotánicos se han diversificado y la interrelación con otras disciplinas es cada día más estrecha. La velocidad con la que actualmente podemos obtener información ordenada y analizada posiblemente supere nuestra capacidad momentánea de presentar los datos con una suficiente garantía en cuanto a su confiabilidad. Entramos en una etapa en la cual la construcción de una base de datos, que tenga una mínima dosis de certeza, es un objetivo urgente. La Paleobotánica, como otras disciplinas, necesita un replanteo. Así lo han entendido ya algunos países y núcleos científicos donde se están preparando agendas de investigaciones que deben desarro-

llarse prioritariamente en el siglo XXI, a partir de los fundamentos que se expongan y acepten en los próximos años. En algunos casos ya se han sugerido prioridades, como en los EEUU, por pedido de la National Science Foundation a la Botanical Society of America. En este caso, dichas prioridades son tres, y se resumen en los siguientes enunciados: a) Estudio sistemático de las grandes radiaciones de las plantas y modelos de evolución; b) Paleoecología; c) Estudio de los cambios globales. En ese documento se concluye que: "La Paleobotánica se halla en una posición única pues permite un acceso directo al ambiente terrestre del pasado, tanto a sus organismos como a los ecosistemas, y también a períodos de tiempo durante los cuales ocurrieron episodios mayores de cambios climáticos o perturbaciones físicas globales".

Nuestro país es un reservorio privilegiado de vegetales fósiles que cubren todos los períodos geológicos en los que se desarrolló la vida sobre la tierra. Debemos intensificar los estudios paleobotánicos en distintos campos con la mayor urgencia, habida cuenta de los fenómenos climáticos que pueden producir perturbaciones globales. Somos conscientes de que tales estudios aportan una cuota de información útil que puede ser compatibilizada con la proveniente de otras disciplinas. Este mensaje a la próxima generación de paleobotánicos resume mis conclusiones y señala rumbos a partir de las experiencias vividas durante los últimos 35 años. El suelo es fértil y las semillas fueron plantadas. Esperemos que la cosecha sea buena y abundante!

## BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, H.N. Jr. 1961. *Studies in Paleobotany*. J. Wiley & Sons. New York-London.
- ARNOLD, C.A. 1947. *An Introduction to Paleobotany*. McGraw-Hill, New York-London.
- BECK, C.B. (Ed.). 1988. *Origin and Evolution of Gymnosperms*. Columbia University Press. New York.
- BOUREAU, E. 1964. *Traité de Paléobotanique*. Vol III, Masson et Cie. París.
- , S. JOVET-AST, O.A. HÖEG y W. G. CHALONER, 1967. Id. Vol. II. Masson et Cie. París.
- y J. DOUBINGER. 1975. Id. Vol. IV. Masson et Cie. París.
- BRONGNIART, A. 1828-1838. *Historie des végétaux fossiles*. Paris

- COPE, M. J y CHALONER, W. G. 1985. Wildfire: an interaction of biological and physical processes. En 'Geological factors and the evolution of plants' (B. H. Tiffney, Ed.), pg. 257-277.
- CRANE, P. 1985. Phylogenetic analysis of seed plants and the origin of Angiosperms. *Ann. Miss. Bot. Garden* 72:716-793.
- CREBER, G. T. 1989. The South Polar forest ecosystem. En 'Antarctic Paleobiology' (T. N. Taylor and E. L. Taylor, Eds.), pg. 37-41.
- CURRY, G. B. 1990. Molecular Paleontology. En 'Paleobiology, a Synthesis' (Briggs, D. E. G. y Crowther, P. R., Eds.) pg 95-100.
- DARRAH, W. C. 1939. Textbook of Paleobotany. Appleton Century. New York.
- EMBERGER, L. 1945. Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants. Masson et Cie. Paris.
- GINGERICH, P. D. 1990. Stratophenetics. En 'Paleobiology. A synthesis' (Briggs, D. E. G. y Crowther, P. R., Eds.) pg. 437-442.
- HENNING, W. 1966. Phylogenetic systematics. Univ. Illinois Press. Urbana.
- HIDEUS, M. y ABADIE, M. 1986. Ontogenetic constraints on function in pollen of some *Saxifraga* L. species. En 'Pollen and spores: Form and Function' (Blackmore, S. y Ferguson, I. K., Eds. ) pg. 351- 355.
- HIRMER, M. 1927. Handbuch der Paläobotanik. Akademie Verlag. Berlin.
- KRISHTOFOVICH, A. N. 1957. Paleobotanica. Gostoptechisdat. Moscú.
- MEYEN, S. V. 1987. Osnovy paleobotniki. Nedra. Moscú.
- NIKLAS, K. J. 1981. The chemistry of fossil plants. *Bioscience* 31: 820-825.
- REX, G. M. y CHALONER, W. G. 1983. The experimental formation of plant compression fossils. *Palaeontology* 26: 231-252.
- SCOTT, A. C. 1990. Reconstructing ancient plant communities. En 'Palaeobiology, a synthesis' (Briggs, D. E. G. y Crowther, P. R., Eds. ) pg. 351-355.
- y TAYLOR, T. N. 1983. Plant / Animal interactions during the Upper Carboniferous. *The Botanical Review* 49: 259-307.
- SCHIMPER, W. P. 1869-1874. *Traité de Paléontologie Végétale*. 3 Vols. y Atlas. Paris.
- SEWARD, A. C. 1899-1919. *Studies in Fossil Botany*. 4 Vols. Cambridge Univ. Press.
- SPICER, R. A. 1989. Reconstructing high-latitude Cretaceous vegetation and climate: Arctic and Antarctic compared. En 'Antarctic Paleobiology' (T. N. Taylor y E. L. Taylor, Eds.) pg. 27-36.
- y Thomas, B. A. 1986. *Systematic and taxonomic approaches in Paleobotany*. Clarendon Press. Oxford.
- STEWART, W. N. 1983. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge Univ. Press.
- TAYLOR, T. N. 1981. *Paleobotany. An Introduction to Fossil Plant Biology*. McGraw-Hill. New York-London.
- 1990. Fungal associations in the terrestrial paleoecosystem. *Trends in Ecology and Evolution* 5: 21-25.
- TIFFNEY, B. H. (Ed.). 1985. *Geological factors and the evolution of plants*. Yale Univ. Press. New Haven-Londres.
- VILLAR, H. y ARCHANGELSKY, S. 1980. Recientes enfoques de la geoquímica orgánica y la palinología aplicadas a estudios sobre génesis y exploración de petróleo y carbón. *Bol. Asoc. Latinoameric. Paleobot. Palinol.* 7: 1-21.
- WALTON, J. 1940. *An Introduction to the study of fossil plants*. Adam & Black. London.
- WILEY, E. O. 1981. *Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics*. Wiley Interscience. New York.
- ZEILLER, R. 1900. *Éléments de Paléobotanique*. Masson et Cie. Paris.
- ZIMMERMANN, W. 1959. *Die Phylogenie der Pflanzen*. G. Fischer. Stuttgart.