

El análisis polínico como fuente de información en los proyectos arqueológicos

La palinología, rama de la botánica dirigida al estudio de los granos de polen, esporas y algunos otros tipos de palinomorfos, constituye una disciplina coadyuvante con otras (edafología, ecología, meteorología, química, zoología, etcétera), en la investigación arqueológica.

Cabe insistir en la importancia que tiene el trabajo interactuante entre especialistas, como factor básico tanto para el incremento de la calidad de los proyectos realizados como para el desarrollo de la experiencia personal, atributos con cargo trascendente en investigaciones de naturaleza histórica.

Cuando se ha colaborado como palinóloga en proyectos arqueológicos, se advierte la necesidad de exponer a los interesados, con el fin de considerar las limitaciones y posibilidades del análisis polínico, los problemas que confronta el especialista al interpretar los resultados técnicamente obtenidos.

El análisis de polen constituye un auxiliar de la paleoecología en la reconstrucción de la biota y para el estudio y la comprensión de las relaciones de los organismos y su ambiente, es decir, este análisis es útil en la reconstrucción de los ecosistemas del pasado, en forma especial los que pertenecen al periodo cuaternario, de gran significación antropológica.

Las bondades de este análisis se derivan de las caracterís-

ticas estructurales, de la constitución, la forma y el origen que la gran mayoría de los granos de polen comparten:

Su alta necesidad conferida por la esporopolenina (polímeros de ésteres y carotenos) que conforman su capa externa (exina) permite a los granos conservarse en condiciones de "no oxidación", depositarse en forma más o menos inalterada en ambientes de sedimentación cuando quedan depositados como "lluvia de polen".

Su tamaño, que comúnmente oscila entre 5 y 100 micras, y su presencia, cuando es abundante, permiten

con pequeñas cantidades de sedimento obtener muestras representativas de la población fósil, lo que no sucede en el caso de microfósiles.

Su abundancia (como suele suceder en sedimentos cuaternarios) permite obtener una representación estadística de todos, para cada sitio y edad; esto facilita establecer comparaciones entre diferentes localidades y épocas.

Su procedencia de plantas integrantes de comunidades vegetales faculta su empleo en la reconstrucción de la vegetación anterior tanto local como regional. De esta reconstrucción pueden infe-

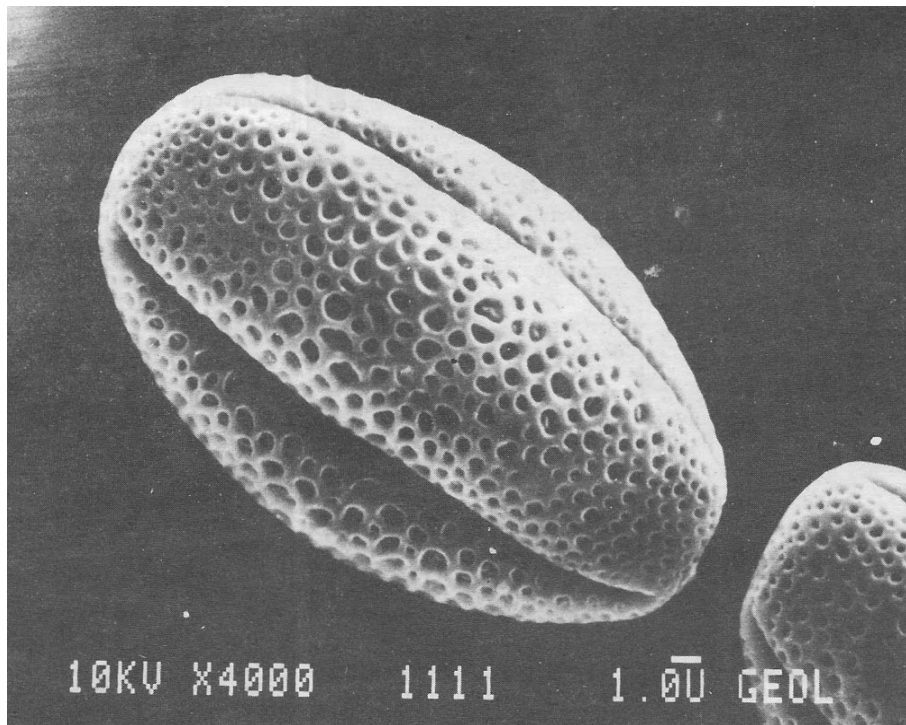
rirse los factores ambientales que imperaban, dada la influencia que éstos mantienen sobre la vegetación.

La proporción de cada tipo polínico depende, entre otras cosas, del número de plantas padres, de aquí que la "lluvia de polen" funcione como parte integrante de la vegetación; por tanto, una muestra de "lluvia de polen" puede ser un índice de la vegetación de determinado punto en el espacio y en el tiempo.

Las características morfológicas de ornamentación de la exina ayudan a la identificación taxonómica.

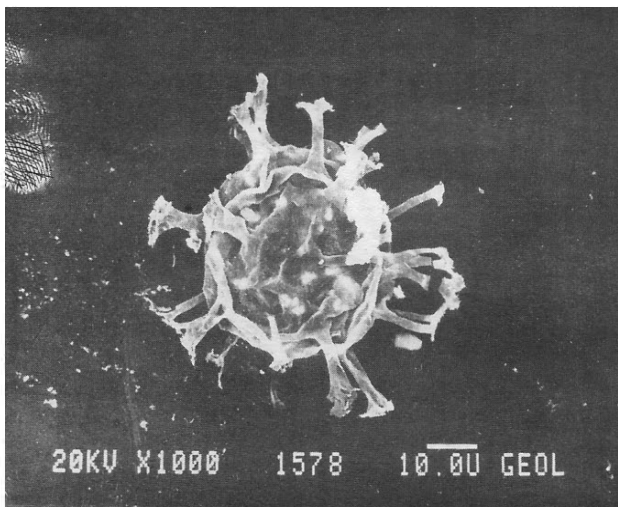
A los rasgos de orden natural mencionados, se suma el hecho técnico de que la taxonomía y la morfología de un número considerable de granos de polen están relativamente definidas, particularmente en el caso de climas templados. Ello facilita su identificación a diferentes niveles taxonómicos con microscopio de luz.

Sin embargo, las particu-



Grano de polen de *Reseda luteola*

* Departamento de Prehistoria



Dinoflagelato Homotryblum plectilum

laridades antes mencionadas no constituyen casos reales, salvo excepciones. De aquí que la imposibilidad de su aplicación lineal y directa constituya para el palinólogo el problema principal para la interpretación de los resultados del análisis.

La perturbación más importante la introduce la forma en que se distribuyen los granos de polen en los sedimentos. Ésta obedece a tres factores: producción, dispersión y depósito de los mismos.

La cantidad de polen generada difiere en las plantas. En general, en las especies con polinización por el viento (anemófilas), evento sujeto al azar, la producción es mayor que en las polinizadas por insectos (entomófilas) o por vía acuática (hidrófilas). Dentro de cada especie y hasta en cada individuo pueden presentarse cambios estacionales y anuales en la producción. También puede haber variaciones diurnas relacionadas con la temperatura y la humedad relativa. En algunas plantas la producción es tan baja que la posibilidad de incorporación de polen a los sedimentos orgánicos es remota.

La dispersión y el depósito del polen, son eventos sucesivos e íntimamente relacionados. La dispersión depende

de las condiciones de turbulencia y humedad de la atmósfera, de la velocidad y dirección del viento. También puede influir en este suceso la presencia de barreras, a veces de tipo vegetal, así como la forma y el peso del grano que rigen su caída, y la robustez y altura de la planta que lo genera.

Como mecanismos de transporte del polen operan los insectos, el agua y el viento. Estos dos últimos son los vehículos que más lo alejan de su lugar de origen confiriéndoles el carácter de alóctono, es decir, polen que no es natural del sitio en que se depositó y de donde fue recuperado en la toma de la muestra. Algunos *taxa* son conocidos por las grandes distancias a que puede ser transportado su polen como sucede con *Pinus* (pino u ocote).

En el depósito del polen en los sedimentos intervienen procesos de movimiento y filtración del agua a través del suelo (excepto en algunas regiones con prolongada estación de sequía), con arrastre de granos de polen, sobre todo en terrenos arenosos. Esta textura permite además que el polen y otros palinomorfos sean fácilmente eliminados por lavado, de aquí que las muestras obtenidas en estos sitios, presenten un número

muy reducido de granos. Lo mismo acontece en tomas de sedimentos constituidos por ciertos tipos de cenizas volcánicas; en contraste, los sedimentos con granulometría más fina (arcillosa), propician la formación de "trampas" que los retienen.

Otro factor que altera la manera estratificada del depósito del polen, por desplazamiento de su lugar de origen, es la fauna que puebla el suelo (ejemplo: los gusanos de tierra), y que con su tránsito y acarreo provoca una mezcla de elementos. Algunos insectos como las hormigas, transportan el polen a sus nidos, dando lugar a una "concentración artificial selectiva" de granos de polen. El hombre asimismo puede ocasionar este tipo de concentración en los sitios de asentamiento, por sus prácticas de cultivo, aposeñación (incluso en cuevas) y tránsito. Los basureros y depósitos fecales de animales herbívoros y palinófagos son otro conducto hacia la "concentración artificial selectiva", en este último caso, en forma de coprolitos.

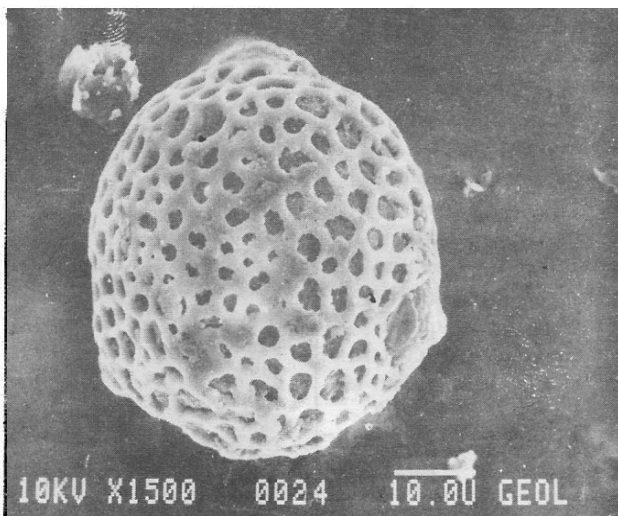
Una perturbación más en el depósito la establece el redepósito del polen, resultante de la erosión de sedimentos políferos que, originados en un tiempo, pueden volver a depositarse y preservarse con fósiles que corresponden a

otra época, aun la contemporánea.

A los inconvenientes mencionados hay que sumar aquél que representa el deterioro, *in situ*, del polen. Desde el momento en que éste es liberado por la planta, queda sujeto a toda clase de procesos físicos, químicos, y biológicos; algunos de ellos pueden impedir su preservación.

La naturaleza y las condiciones del suelo que aloja la partícula de polen, influyen sobre la resistencia de la esporopolenina. Sedimentos con pH ligeramente alcalino (aproximadamente de 7.1 a 8), favorecen la conservación y, como lo demuestra la experiencia en sitios arqueológicos trabajados, resultan más productivos que aquellos ácidos, donde la actividad microbiana implica la destrucción del polen. La presencia particular de metales pesados como el cobre y una gran salinidad, operan negativamente en la conservación. Por otra parte, se presentan plantas cuyo polen difícilmente se preserva, por ejemplo los miembros de la familia *Juncaceae* como *Juncus* (tulillo) y otras plantas acuáticas como *Najas*. Todas estas contingencias arrojan granos rotos, deformados, corroídos o degradados, de identificación difícil o imposible.

La identificación del polen



Grano de polen de Quararibea funebris

representa la etapa redituable del análisis polínico, la que fundamenta y franquea las interpretaciones paleoecológicas. Desafortunadamente no siempre es viable establecer la identidad del polen. Existen causas de tipo técnico, como las que enseguida se exponen, que obligan a rotularlo como indeterminado o no identificado:

Los granos de polen quedan ocultos total o parcialmente por restos de materia orgánica o por cristales. En estas condiciones no es posible observar sus rasgos.

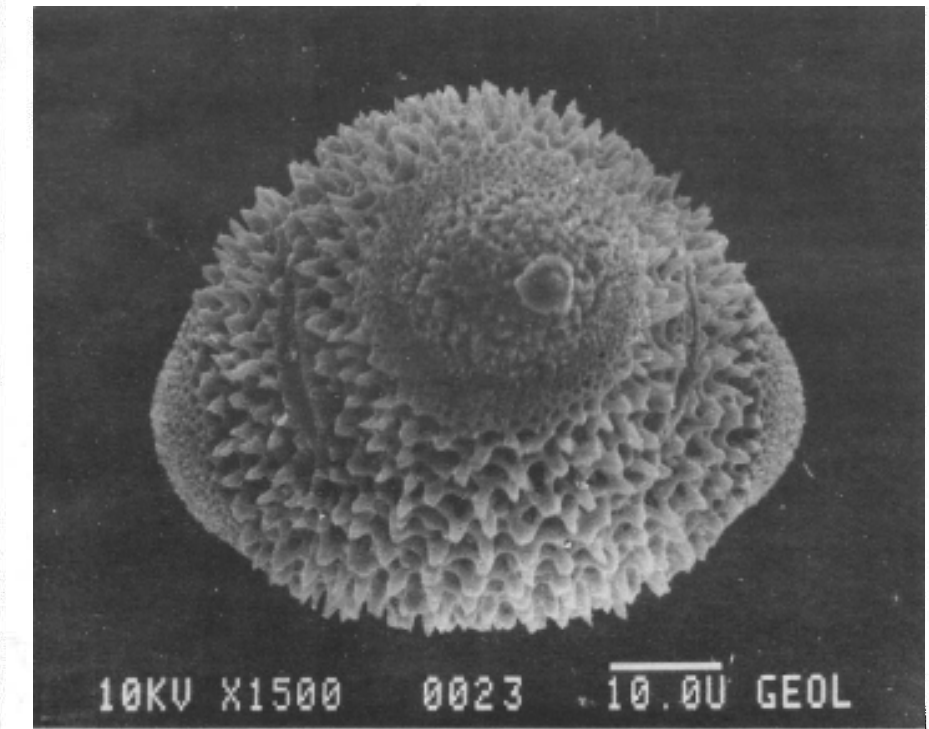
La posición que exhibe el grano en la preparación para microscopio (laminilla), no permite observar sus características de diagnóstico.

Los inconvenientes mencionados son sucesos aleatorios que están fuera del control del palinólogo.

Otro problema de la misma índole, aunque de menor frecuencia, lo constituye la aparición, en la laminilla, de polen aberrante que tendrá que catalogarse como desconocido.

El número de granos registrados como desconocidos se afectará en función de los recursos referenciales con que cuente el palinólogo para la identificación. La escasez de claves y descripciones morfológicas y un número reducido de ejemplares de palinoteca arrojan cifras altas; la situación contraria las abate.

Conviene aclarar que, en algunos casos, la identificación queda circunscrita a determinadas categorías taxonómicas; esto se debe a que miembros de un mismo género o de una familia producen polen muy similar, indiferenciable entre sí a nivel de especie. Se cita como ejemplos a las Gramineae (*Panicum*, zacate y *Setaria*, mijo), Cyperaceae (plantas acuáticas del tipo de los juncos y los tules) y Compositae (por ejemplo el girasol y el compaxúchitl). En estas plantas la identificación con frecuencia se ve res-

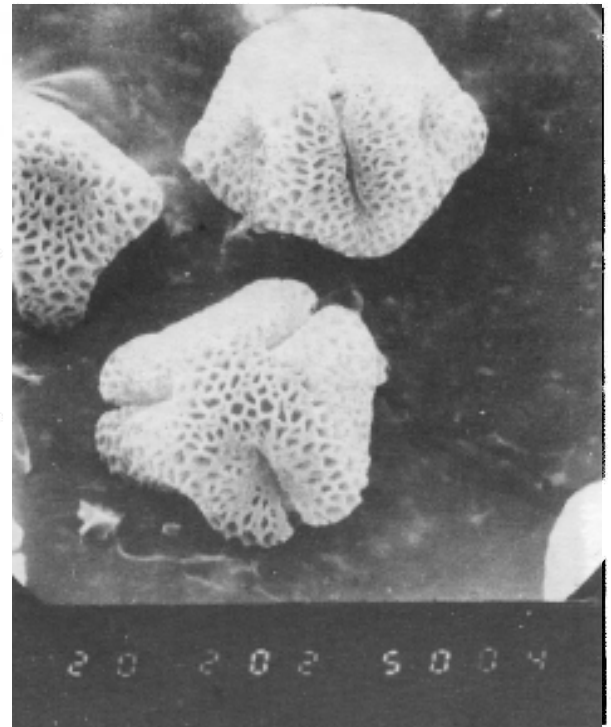


Grano de polen de Pachira aguatica

tringida al género o a la familia, dada la similitud de su polen.

Lo hasta aquí expuesto evidencia dos condiciones indispensables para que el examen de las laminillas desemboque en una interpretación real: que haya polen y que éste sea identificable.

Al buscar la confluencia de estos dos requisitos y elegir los sitios de toma de muestras para fijar su espaciamiento y su tamaño, el especialista habrá de tomar en cuenta los problemas apuntados líneas atrás, en especial aquellos relacionados con la producción, dispersión y conservación del polen. Además, deberá considerar el tipo de vegetación que produce la "lluvia de polen", así como las particularidades de distribución de granos. Por ejemplo, en el caso de una toma de muestra en un bosque tropical tendrá que tener presente, al juzgar la baja producción de polen,



Granos de polen de Didymopanax morototoni

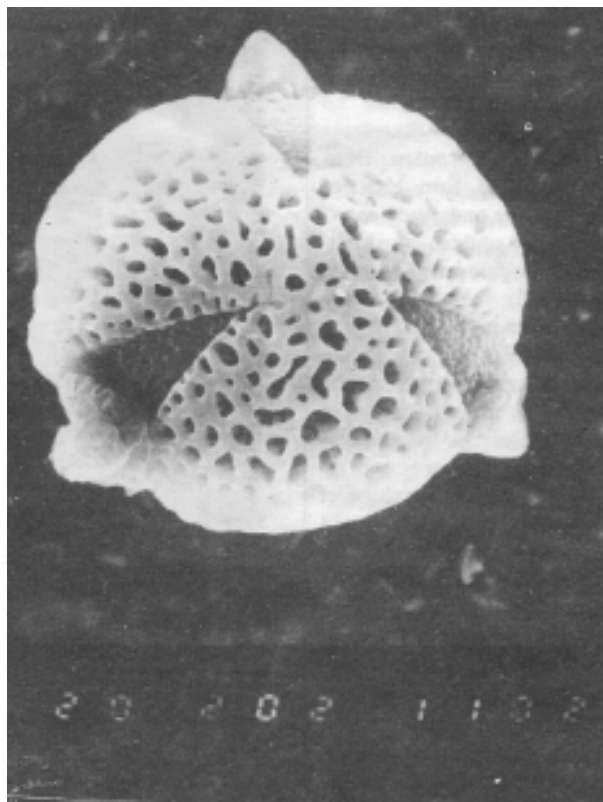
la existencia de muchos individuos entomófilos, y habrá de analizar la peculiaridad de que la "lluvia de polen" está preponderantemente dominada por las plantas más grandes o más altas de la vegetación (dosel), postura que da la impresión de que estos elementos son los más importantes, lo cual no necesariamente es cierto. Por otra parte el palinólogo tendrá que ponderar la situación contraria cuando se trata de bosques templados donde la "lluvia de polen" y la presencia de ejemplares anemófilos suelen ser abundantes.

Otra determinante del sitio de toma de muestras lo constituye el tipo de interpretación que se pretende alcanzar. Para las de género paleoambiental se requieren lugares sensibles a las modificaciones ambientales como son los depósitos permanentes de agua, sin corrientes y estratificados (medios lacustres) o bien las turberas. Estos lugares son ambientes que favorecen la

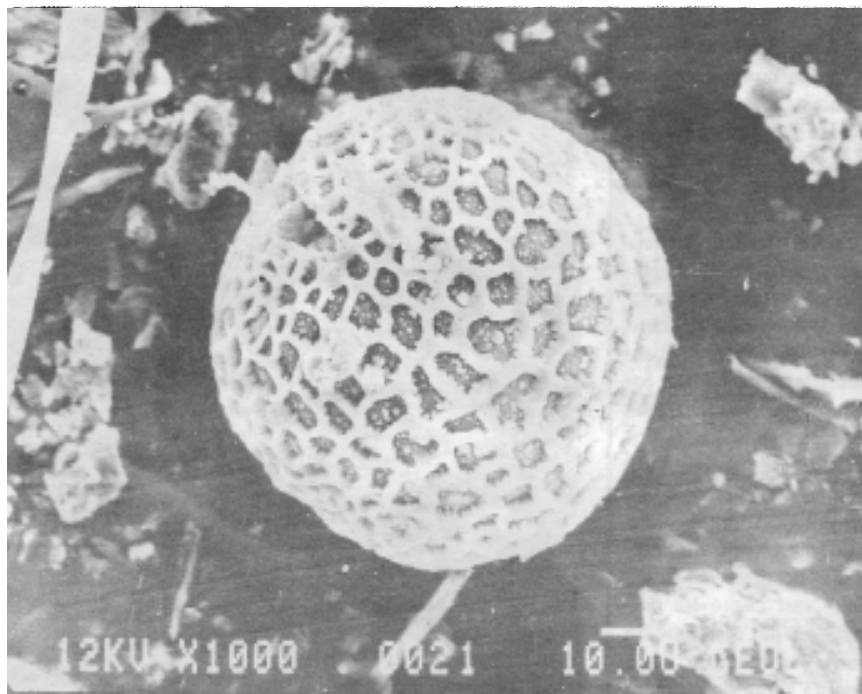
preservación de la materia orgánica por ser medios reductores que regulan la actividad microbiológica. En los depósitos que no persisten inundados todo el año, es decir, aquellos de existencia temporal, los granos de polen pueden sufrir destrucciones durante la temporada de sequía.

Por lo que a información de tipo etnobotánico se refiere, se propende a la toma de muestras de pozos excavados en espacios relacionados con el hombre. Éstos, y en general todas las localidades arqueológicas, ofrecen a la ejecución del análisis polínico inconvenientes como los mencionados en párrafos anteriores, a los que hay que sumar la ausencia de estratificación, en el sentido estricto del término y que repercute en muestras con polen de diferentes edades.

Como parajes arqueológicos, las cuevas, sitios frecuentemente propuestos para hacer las tomas, presentan varias complicaciones. La experien-



Grano de polen de *Sickingia salvadorensis*



Grano de polen de *Ceiba pentandra*

cia indica que en sedimentos procedentes de estas formaciones, la cantidad de polen recuperado es muy baja. Los factores que condicionan esta situación son múltiples; entre ellos se cuentan la configuración y la ubicación de la caverna, aspectos que determinan el flujo del viento que acarrea y distribuye el polen dentro de la gruta, a muy corta distancia de su entrada. La práctica demuestra que, de las tomas hechas precisamente en el acceso, se detecta vegetación determinada como local. Aparte de la conducción eólica, es factible el arribo de polen a esta oquedad por medio de las filtraciones que producen estalactitas.

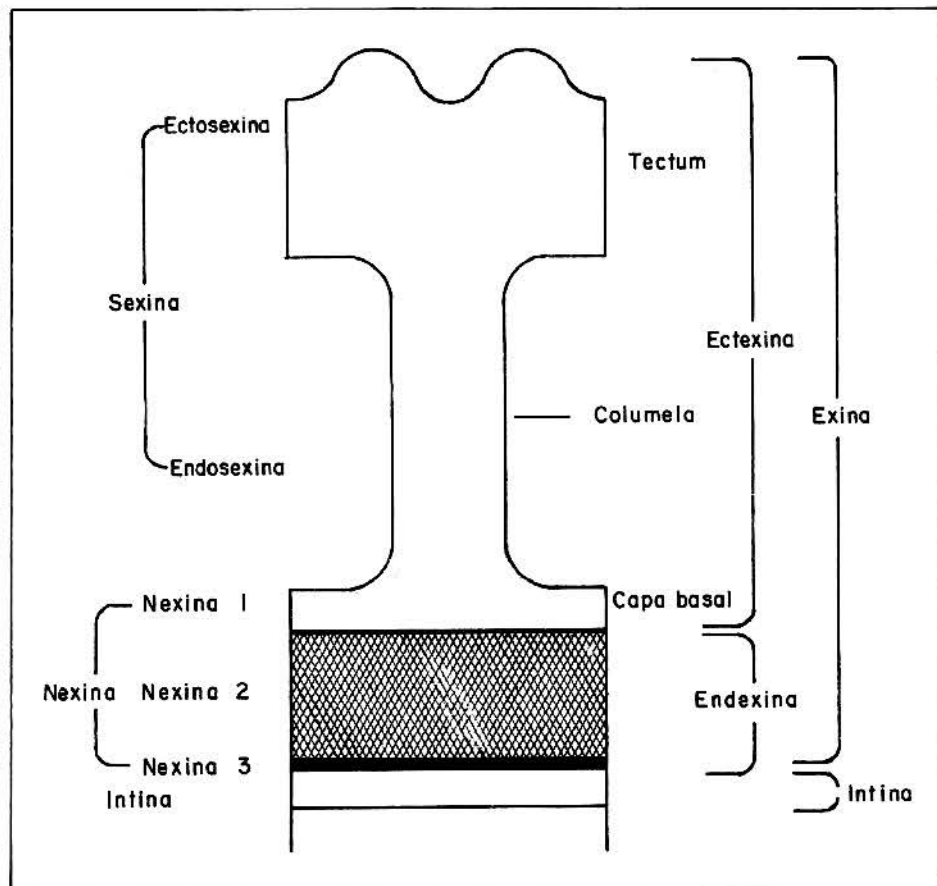
Expuestos los problemas, requisitos y precauciones que ameritan atención y registro en las etapas previas al trazo del espectro polínico y a su interpretación, es necesario mencionar los inconvenientes mayores que hay que sortear

para posibilitar el diseño de un espectro polínico que garantice inferencias convenientes, con máxima aproximación a la realidad y que, a su vez, conduzcan a interpretaciones con las mismas cualidades, todo lo cual constituye los objetivos del análisis polínico.

Para la elaboración del diagrama se requiere una cantidad de polen estadísticamente representativa. La mayoría de los especialistas aceptan como valor mínimo de conteo por muestra una suma polínica de 200 granos. Esta cantidad puede elevarse hasta 500 o más, en función del número de *taxa* por muestra, así como de los objetivos concretos del proyecto realizado.

Los resultados obtenidos en la práctica demuestran que, en las "lluvias de polen" de comunidades vegetales de la actualidad, existen especies sobrerrepresentadas (ejemplo: *Pinus* y *Alnus*) o subrepresentadas (ejemplo: *Tilia*, *tilia* o *tzirimo*), que falsean el espectro polínico. Con base en esta experiencia, algunos autores europeos calcularon factores que permiten corregir esta falla cuando el hecho descrito se traslada al pasado. Así sugieren, por ejemplo, que el número de granos de polen de *Pinus* y *Alnus* (aile) contados, se divida entre cuatro; el de *Ulmus* (olmo) y *Picea* (pinabete) entre dos, y el de *Tilia*, *Fraxinus* (fresno) y *Acer* (acezintle, o arce), se multiplique por dos.

Desde luego estos factores no son aplicables a la flora mexicana y en tanto que se desconozca, desde el punto de vista polínico, la dinámica de las comunidades vegetales actuales de nuestro país, tampoco es posible calcularlos. Este estado de cosas obliga al palinólogo mexicano a hacer acopio de sus conocimientos y experiencias para ensayar una serie de combinaciones a fin de reducir al mínimo el inconveniente de la sobrerrepresentación y la subrepresentación.



Capas que constituyen la pared de un grano de polen. Izquierda, terminología empleada por Erdtman. Derecha, terminología de Faegri e Iversen. Esquema tomado de Kapp (1969)

Tanto para el ajuste y la corrección del espectro polínico como para su interpretación, es preciso establecer comparaciones entre los espectros obtenidos de muestras recogidas para investigaciones con enfoque diferente. En esta forma, estudios paleoambientales pueden tener cierta influencia indirecta o complementaria de los estudios de matiz etnobotánico. La conjunción y la ponderación de los elementos contrastados se traduce en interpretaciones más sólidas.

De la información reunida sobre las características físicas (textura, estructura, compactación, etcétera) y químicas (pH, composición química y otras) de los sedimentos considerados en el análisis polínico, en general los especialistas eligen los datos más signifi-

cativos y los anotan en el esquema del diagrama polínico.

Un recurso indispensable para afinar las interpretaciones paleoecológicas es la concurrencia permanente de estudios de semillas, insectos, moluscos, vertebrados, ostrácodos y fitolitos.

BIBLIOGRAFÍA

- Birks, H.J.B. y H.H. Birks, *Quaternary Palaeoecology*, London, Edward Arnold, 1980
- D'Antoni, H., *Arqueoecología. El Hombre en los ecosistemas del pasado a través de la Palinología*, México, INAH, Departamento de Prehistoria, 1979 (Colección Científica, 72)

Dimbleby, G.W., *The Palynology of archaeological sites*, London, Academic Press Inc., 1985

Departamento de Prehistoria, INAH, *Sección de Laboratorios del Departamento de Prehistoria*, Instructivo, México, INAH, 1982

Kapp, R., *How to know pollen and spores*, Dubuque, Iowa, Brown Co. Publishers, 1969

Sánchez, F. (coordinador), *Arqueobotánica (Métodos y aplicaciones)*, México, INAH, Departamento de Prehistoria, 1978 (Colección Científica, 63)

Fotografías de microscopio electrónico de barrido, cortesía del Dr. Enrique Martínez y la Biól. Margarita Reyes, del Instituto de Geología de la UNAM