

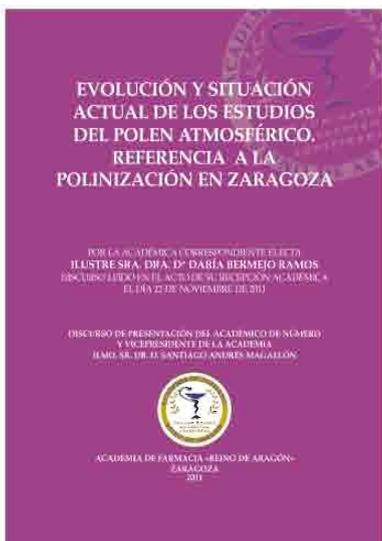
# **EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ESTUDIOS DEL POLEN ATMOSFÉRICO. REFERENCIA A LA POLINIZACIÓN EN ZARAGOZA**

**POR LA ACADÉMICA CORRESPONDIENTE ELECTA  
ILUSTRE SRA. DRA. D<sup>a</sup> DARÍA BERMEJO RAMOS  
DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN ACADÉMICA  
EL DÍA 22 DE NOVIEMBRE DE 2011**

**DISCURSO DE PRESENTACIÓN DEL ACADÉMICO DE NÚMERO  
Y VICEPRESIDENTE DE LA ACADEMIA  
ILMO. SR. DR. D. SANTIAGO ANDRÉS MAGALLÓN**



ZARAGOZA  
2011



## **Edita**

Colegio Oficial de Farmacéuticos de Zaragoza

## **Distribuye**

Academia de Farmacia «Reino de Aragón»

## **Imprime**

Huella Digital

Polígono Industrial «El Portazgo», nave 62A, Carretera de Logroño km 3,700

## **Depósito Legal**

Z-3949/2011

# Sumario

<i>Discurso de Presentación</i>	
Ilmo. Sr. Dr. D. Santiago Andrés Magallón.....	5
<i>Discurso de recepción Académica</i>	
Dra. D <sup>a</sup> Daría Bermejo Ramos .....	13
PRESENTACIÓN Y AGRADECIMIENTOS .....	15
<b>EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ESTUDIOS DE POLEN ATMOSFÉRICO. REFERENCIA A LA POLINIZACIÓN EN ZARAGOZA.....</b>	<b>17</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	19
2. EL GRANO DE POLEN .....	21
2.1. Origen .....	21
2.2. Estructura .....	22
2.3. Morfología.....	24
2.4. Tamaño .....	26
2.5. Ornamentación.....	26
2.6. Aperturas de los granos de polen .....	27
3. RECUERDO HISTÓRICO DE LOS ESTUDIOS POLÍNICOS .....	29
4. AEROALERGENOS .....	34
5. POLINOSIS .....	35
5.1. Prevalencia de la polinosis .....	37
6. ESTUDIO DEL POLEN AEROVAGANTE.....	39
6.1. Métodos de captación .....	39
6.2. Recuento e identificación.....	42
6.3. Divulgación de la información .....	44
6.4. Calendarios polínicos. Referencia a la polinización en Zaragoza .....	47
7. CALIDAD BIOLÓGICA DEL AIRE .....	57
8. INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES .....	59
9. APLICACIÓN DEL ESTUDIO DEL POLEN ATMOSFÉRICO EN DISTINTOS CAMPOS .....	61



# *Discurso de Presentación*

Ilmo. Sr. Dr. D. Santiago Andrés



Excelentísimo Señor Presidente de la Academia de Farmacia «Reino de Aragón»

Excmas. e Ilmas. Autoridades Académicas y de la Administración

Ilmos. Sres. Académicos

Señoras y Señores:

Agradezco el honor de haber sido designado por el Sr. Presidente de la Academia y Rector Magnífico, en la Solemne Sesión de la recepción académica de la Dra. Daría Bermejo Ramos, para presentar a una ilustre compañera y amiga, por la que siento admiración, tanto en lo profesional como en lo humano. Esta insigne aragonesa no precisaría presentación alguna en los ámbitos farmacéuticos y sanitarios zaragozanos; todo el mundo conoce su trayectoria profesional y los legados que para la salud de sus congéneres va dejando la Dra. Bermejo con su profesionalidad y tesón.

Ya en su etapa de bachillerato, un buen profesor le inculcó un lema que la Dra. Bermejo ha tomado por bandera toda la vida: RESPONSABILIDAD Y ESFUERZO.

Cursa la licenciatura de Farmacia (la de seis años, y con una Botánica que precisaba para su superación: recolectar y conocer un herbario de quinientas plantas), en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona.

El paso por la Ciudad Condal, despierta en la Dra. Bermejo sus dos «pasiones profesionales» dentro de las ciencias farmacéuticas:

La galénica aplicada a la Formulación magistral, consiguiendo ser titular del **primer laboratorio autorizado en Aragón para formulación a terceros** con el nivel 3, el más alto; y que permite la elaboración de todo tipo de fármacos, tópicos, rectales, orales, estériles (inyectables y colirios), etc.

Y la **botánica aplicada al análisis y detección de los alérgenos vegetales en la atmósfera**. Quizás, la especialidad por la que la Dra. Bermejo es más conocida y apreciada en nuestra tierra; dada la importancia que supone el conocimiento de los niveles de los diferentes tipos de polen, en la prevención de las alergias en los aparatos respiratorio y ocular, principalmente.

De vuelta a Zaragoza se licencia en Medicina, consiguiendo la mayor preparación posible en ciencias sanitarias humanas con estas dos carreras superiores. Y que mejor marco para su recepción académica, que esta Real de Medicina donde con tanta gentileza y cariño se nos acoge.

Posteriormente obtiene la titulación de especialista en Análisis Clínicos y se Diploma en Sanidad.

Realiza su tesis doctoral en la Universidad de Navarra, obteniendo la máxima calificación de sobresaliente «cum laude».

Profesionalmente, es titular de Oficina de Farmacia desde 1972. Ese mismo año y hasta el 83, es nombrada Vocal de la Junta de Gobierno del Colegio de Farmacéuticos de Zaragoza, de la que, asimismo, es Colegiada de Honor.

Su constante dedicación a la investigación, docencia, asistencia a Congresos, Simposios, nacionales e internacionales, y múltiples publicaciones (la botánica en los ecosistemas de los galachos del Ebro, Fitoterapia y, principalmente de Aerobiología y Polinosis), desemboca en su nombramiento como coordinadora de la Estación Aerobiológica de Zaragoza en 1994. Situada en la terraza del edificio de Sanidad en la calle Ramón y Cajal de nuestra Ciudad, cuyos valores analíticos junto con los demás contaminantes químicos, se reflejan en el panel informativo de la Plaza Aragón.

La atmósfera de las ciudades industriales presenta componentes de diferentes tipos y procedencia, entre los que podemos citar: dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, acroleína, formaldehído, nitratos de peroxiacetilo y peroxipropionilo, ozono, plomo molecular y **polvo sedimentable (polen y esporas)**.

Los componentes de naturaleza química pueden reaccionar entre sí formando nuevos compuestos químicos, de características especialmente nocivas. En ciertas condiciones atmosféricas, como la elevada humedad relativa y la inversión térmica (donde la temperatura ambiental en el valle es inferior a la de las elevaciones montañosas que lo rodean), impiden la difusión normal de los humos y demás componentes de nuestra atmósfera. Esta situación produce una elevada concentración de contaminantes atmosféricos responsables del «smog» fotoquímico y de la lluvia ácida. Estos contaminantes son capaces de inducir una acidificación de la atmósfera, con disminución del pH lagrimal y de las mucosas, ocasionando molestias oculares, intolerancia al porte de las lentes de contacto y problemas respiratorios.

Los componentes de naturaleza biológica se encuentran en el polvo sedimentable de la atmósfera, pudiendo ser recogidos en las estaciones aerobiológicas. Entre ellos se hallan las esporas y los diferentes tipos de **polen**; responsables estos últimos de los cada vez más abundantes procesos alérgicos, tanto oculares como de las vías respiratorias, siendo más habituales en primavera y en la población juvenil e infantil.

El estudio en profundidad de ese **polen sedimentable** de nuestra atmósfera -la toma de muestras, análisis, cuantificación y clasificación diaria- y el importante impacto sanitario que sobre nuestros conciudadanos tiene, es el tema elegido por la Dra. Bermejo como discurso de su recepción académica, bajo el título: *«Evolución y situación actual de los estudios de polen atmosférico. Referencia a la polinización en Zaragoza»*.

Ilte. Dra. Bermejo Ramos, querida Daría, felicidades a ti y a toda tu familia, que también contribuye a elevar la categoría del mundo farmacéutico. Bienvenida a la Academia de Farmacia «Reino de Aragón». Tu incorporación contribuirá a enaltecer a la madre de todas las ciencias farmacéuticas, la Botánica. Los miembros de la Academia nos sentimos orgullosos de la incorporación de una científica con base, profesionalidad y que, como decía tu viejo profesor, no escatima responsabilidad y esfuerzo.



*A Miguel Ángel y nuestros hijos:  
Javier, Cristina, Salvador y Carmen,*



# *Discurso de recepción Académica*

**Dra. D<sup>a</sup> Daría Bermejo Ramos**

Doctora en Farmacia

Farmacéutica comunitaria

[dariabermejo@redfarma.org](mailto:dariabermejo@redfarma.org)



## PRESENTACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Excelentísimo Señor Presidente de la Academia de Farmacia «Reino de Aragón»

Excmas. e Ilmas. Autoridades Académicas y de la Administración

Ilmos. Sres. Académicos

Familiares y amigos

Señoras y Señores:

El formar parte de la Academia de Farmacia del Reino de Aragón, supone para mí un gran honor y una honda satisfacción, por eso quiero expresar mi gratitud a todos los miembros de esta Institución, por su generosidad al aceptarme como uno más de esta familia.

La satisfacción de hoy, lleva para mi aparejada, la responsabilidad y compromiso de contribuir al engrandecimiento constante de esta Academia, prestando para ello el esfuerzo y conocimientos que, dentro de mis posibilidades pueda aportar.

Son muchas las personas que me han ayudado a lo largo de mi vida y a ellas quiero agradecer el poder recibir hoy este honor.

Mi andadura profesional, la inicié con el ejercicio en oficina de farmacia, campo que no he abandonado en ningún momento y que me ha dado la posibilidad de conocer farmacéuticos entregados a su profesión, que me contagiaron el amor hacia ella. El hecho de formar parte de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Farmacéuticos, durante trece años, me permitió conocer aspectos de otras formas de ejercicio. Debo agradecer a los presidentes con los que compartí aquellos años: Ricardo Garcia Gil (d.e.p.), Jesús Maorad y Ramón Arnal, lo mismo que a los demás miembros de las Juntas a las que pertencí, el entusiasmo que supieron comunicarme para luchar por una profesión que amábamos.

Un agradecimiento especial, debo a mi directora de tesis doctoral, la doctora M<sup>a</sup> Luisa López, catedrática del Departamento de Botánica de la Universidad de Navarra, que me dirigió con exquisita amabilidad y en

quien encontré apoyo y ánimo en todo momento, así como al departamento de Botánica de esa Universidad.

Cuando al terminar la tesis, quise continuar el estudio del polen atmosférico en Zaragoza, encontré apoyo en la Junta de Gobierno que presidía Ramón Arnal y fue posible la instalación del aparato captador en el lugar que consideré adecuado, gracias a la intervención del entonces Director Provincial de Salud del Servicio Provincial de Sanidad, Bienestar Social y Trabajo de Zaragoza, José Antonio Ortiz Olalla, al que guardo un profundo reconocimiento.

A la Red Española de Aerobiología, debo el haber sido acogida desde el principio con cariño, de modo que siempre conté con su ayuda, imprescindible, para sentirme involucrada en un trabajo común.

No puedo dejar de agradecer, las muchas horas de trabajo y de ilusión compartidas con una compañera: Ana M<sup>a</sup> García Vázquez, en los terrenos de Botánica y de estudios de polen atmosférico entre otros.

. Al Dr. J.Doménech Berrozpe, querido compañero, agradezco el sentido crítico, que con una delicadeza exquisita, me ha manifestado en diversas ocasiones a lo largo de tantos años compartidos.

Ni quiero ni puedo olvidar a los amigos, parte importante en la vida de las personas como elemento social que somos, que con su cariño y apoyo nos prestan una ayuda inestimable. Mi agradecimiento sincero

Y en el plano principal, el reconocimiento a mi familia, unos hijos que han sabido comprender y aceptar mis inquietudes profesionales y a Miguel Angel, que me ha apoyado y estimulado constantemente, siendo un motor en continuo funcionamiento y con quién he compartido profesión y vida.

*EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN  
ACTUAL DE LOS ESTUDIOS  
DE POLEN ATMOSFÉRICO*

*REFERENCIA A LA  
POLINIZACIÓN  
EN ZARAGOZA*



## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio del polen atmosférico, corresponde a la Palinología, rama de la Aerobiología, ciencia que estudia las partículas biológicas presentes en el aire y que ha adquirido un importante desarrollo en las últimas décadas por su implicación en diversos campos: en *Agricultura*, permite hacer una estimación de cómo será la cosecha de un determinado cultivo según se desarrolló su polinización, utilizando fórmulas predictivas. Son interesantes en este sentido, los estudios relativos a la vid, encinas y olivos. En *Climatología*, estadísticas referentes a largos periodos de tiempo, permiten observar los cambios en el inicio y duración de los periodos de polinización de algunos táxones, lo que podría ser debido a la elevación de la temperatura originada por el cambio climático. En *Medicina*, la presencia de alérgenos en los granos de polen, hace que sea una importante herramienta de trabajo en el campo de la Alergología ya que el número de polinosis (alergia al polen o «fiebre del heno») está sufriendo un notable incremento en las últimas décadas y la demanda de información es cada día mayor.

La presencia de polen en la atmósfera se debe al proceso de polinización, que es el transporte de los granos de polen desde el órgano masculino de la flor, al femenino y que se lleva a cabo por diversos medios, recibiendo distintos nombres según sea el elemento transportador: *anemófila* en el caso del aire, *hidrófila* si el transporte se hace por medio del agua, *zoófila* si por medios animales, bien se trate de insectos (entomófila) o de pájaros (ornitófila). Para que pueda producirse la polinización es preciso que exista un proceso previo o *polinación* mediante el cual, las anteras sueltan los granos de polen para que puedan llegar al estigma de la flor en el caso de las Angiospermas o al primordio seminal en el de las Gimnospermas.

La polinización fue primitivamente anemófila (Gimnospermas) y cuando los animales empezaron a abundar, se desarrolló otra de tipo zoófila (Angiospermas primitivas). En las Angiospermas más evolucionadas, se advierte por una parte, una regresión hacia la anemofilia y por otra, una tendencia a una zoofilia muy especializada.

En nuestras latitudes, la polinización anemófila es la más corriente y las plantas que la presentan emiten grandes cantidades de polen con objeto de asegurar la llegada al órgano femenino, valiéndose también de otros recursos, como es el tamaño de los granos de polen, que suele ser pequeño, realizar la floración previamente a la foliación para que el polen no encuentre obstáculos en su salida; incluso hay pólenes dotados de sacos de aire a manera de flotadores (caso del polen de pinos) para que la distancia a recorrer pueda ser mayor.

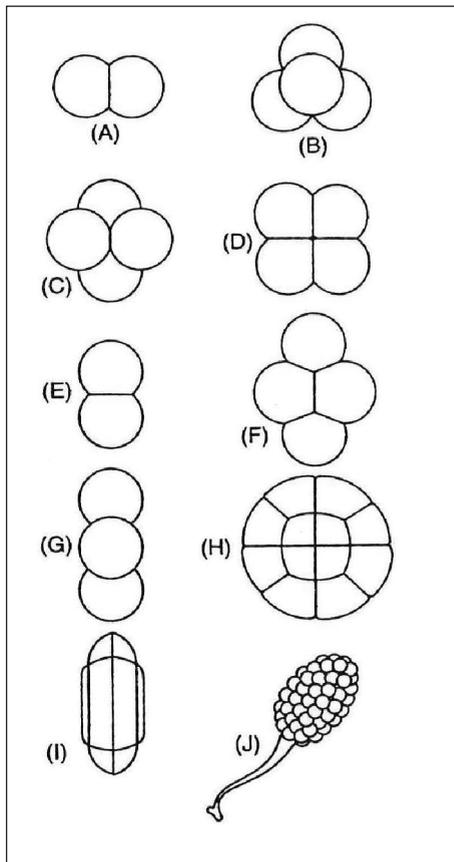
Dado que las épocas de floración de las distintas especies, se van sucediendo a lo largo del año siguiendo un patrón establecido, se detectan los distintos tipos polínicos en el aire de un modo cíclico. Con el estudio de este polen atmosférico, se pueden establecer unos calendarios polínicos que permitirán hacer predicciones, tanto más fiables cuanto más amplio sea el periodo de tiempo estudiado.

## 2. EL GRANO DE POLEN

### 2.1. Origen del grano de polen

Los granos de polen se forman en los sacos polínicos alojados en las anteras. En las Angiospermas, se disponen en dos tecas con dos sacos polínicos cada una, mientras que en las Gimnospermas se agrupan de formas diversas. La pared de los sacos polínicos, consta de un estrato externo denominado *exotecio* y uno interno o *endotecio* que a su vez posee dos capas, la más externa, que originará la *capa fibrosa* con engrosamientos, que favorecerán la dehiscencia de las anteras y la interna o *tapete* que se encarga de la nutrición de las células en formación. En el interior, se aloja el tejido esporógeno que dará lugar a las células madres del polen. Estas, son células diploides que por un proceso de división meiótica, dan lugar a cuatro células haploides que, generalmente, llegan a la madurez completamente individualizadas, liberándose independientes (*mónadas*).

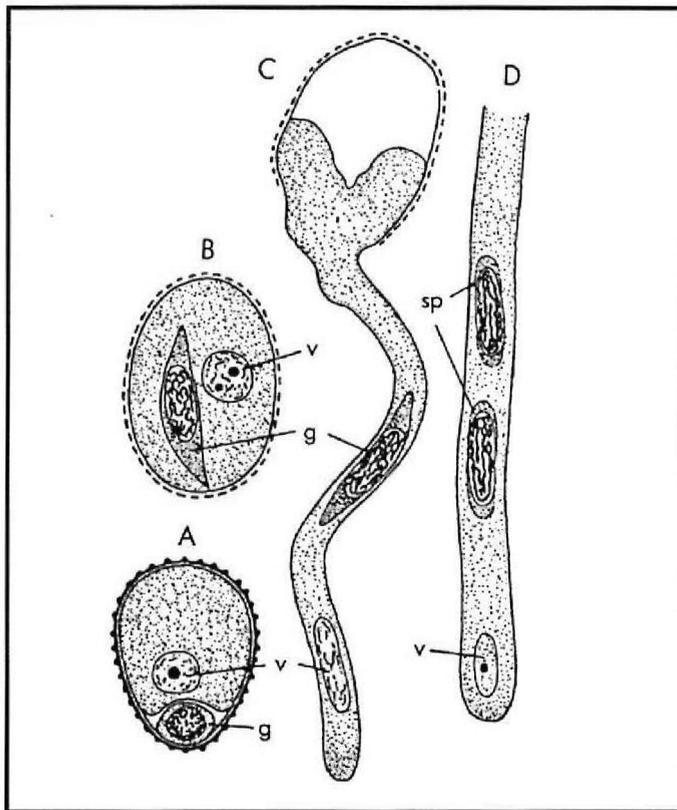
A veces, la liberación no se hace de modo independiente, sino de 2 en 2 (*diadas*), o permanecen unidas las cuatro células (*tétradas*), como ocurre en las ericáceas o lo hacen en grupos de dieciséis, como en el caso del género *Acacia* (*políadas*) e incluso todas las tétradas del saco polínico permanecen unidas formando masas polínicas denominadas «*polinias*», como ocurre en la familia de las Orquidáceas.<sup>1</sup>



**Figura 2.1-** Morfología de las asociaciones más frecuentes de los granos de polen. A- diada, B a G- tétradas, H e I políadas, J- polinario. (Adaptado de Izco et Al., 1997).

## 2.2. Estructura

Un grano de polen está formado por una o varias células vivas, protegidas por envolturas inertes. La parte viva dará origen a los núcleos gaméticos y al tubo polínico, que es el encargado de facilitar la fecundación. La parte inerte, tiene como función primordial: proteger la parte viva para que pueda llegar hasta el estigma, en el caso de las Angiospermas o hasta el primordio seminal en el caso de las Gimnospermas. Con el tiempo, el contenido de la célula polínica degenera, pero su cubierta, denominada *esporodermis*, puede permanecer inalterable.<sup>2</sup>



**Figura 2.2.** Germinación de un grano de polen. Célula vegetativa (con su núcleo v) y célula generativa g en el grano de polen (A-B) y en el tubo polínico C extremo del tubo polínico (D) la célula generativa se ha dividido en dos células espermáticas (sp). (Adaptado de Starburger et al., 1997)<sup>3</sup>.

La *esporodermis*, está formada por dos capas: la interior, «*intina*», que limita con la célula polínica y la exterior «*exina*» que rodea a la intina. Estos términos fueron establecidos por Fritzsche en 1837.<sup>4</sup>

La exina confiere al grano de polen, especiales características de resistencia, pues no le atacan los ácidos ni los álcalis, resistiendo además temperaturas de 300° C, destruyéndose sólomente por ciertos oxidantes muy fuertes, y por algunos microorganismos.

La exina debe su gran resistencia a las *esporopoleninas*, componentes formados por la polimerización oxidativa de carotenos y ésteres de carotenos, en proporciones variables. Se forman en los cuerpos de Ubisch situados en el estrato celular del saco polínico denominado *tapete*, que rodea las células madre del polen y desde donde se transfieren a este. En la exina se distinguen dos capas que el palinólogo Faegri denominó endexina y ectexina de dentro a fuera respectivamente. Ambas se pueden distinguir por tinción mediante fucsina ya que la exina, toma un color rojo intenso, mientras que la intina se colorea débilmente. En la ectexina se pueden diferenciar tres estratos: *tectum*, que puede ser continuo o no, e incluso faltar, *infratectum* y *base*<sup>5</sup> Otro gran palinólogo Erdtman con criterios morfológicos, diferenció dos capas: *nexina*, capa lisa y homogénea, y *sexina*, con sus elementos dispuestos radialmente.<sup>6</sup>

En el siguiente esquema, se pueden comparar los estratos que diferenciaron en la esporodermis ambos científicos, siguiendo Faegri criterios físico-químicos y ontogénicos, mientras Erdtman lo hizo morfológicamente.

ESPORODERMIS	PAREDES	CAPAS		ESTRATOS
	Exina	Sexina	Ectexina	Tectum
				Infratectum
		Nexina		Endexina
Intina				

Erdtman (1952)

Faegri (1956)

La exina, no solo le confiere al grano de polen gran resistencia frente a agentes externos agresivos, sino que realiza otras dos funciones muy importantes: favorecer la salida del tubo polínico para que se pueda realizar la germinación, y hacer posible que cambie su volumen según la humedad del medio externo, facultad denominada *harmomegatia* y que describió por primera vez Wodehouse en 1935<sup>7</sup>.

La intina o capa interna, es mucho más lábil que la exina, se destruye fácilmente por el calor y por agentes químicos, por lo que no se fosiliza ni puede ser observada después de acetolizar el polen (procedimiento que por métodos químicos, destruye todo el interior dejando intacta la exina) Debido a ello, es un carácter poco utilizado en Taxonomía. Es homogénea, sin solución de continuidad y suele tener 2 ó 3 estratos, el más externo es rico en pectina y los otros están constituidos por fibrillas de celulosa, polisacáridos, enzimas, proteínas y glicoproteínas. Las glicoproteínas tienen una doble función: de reconocimiento y de fecundación, ya que a través del tubo polínico, se envía una glicoproteína de reconocimiento y solo si es aceptada, se envía la glicoproteína de fecundación.

### 2.3. Morfología

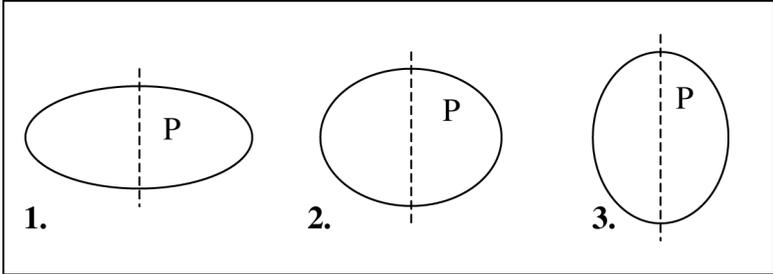
Los granos de polen pueden variar de forma, según el grado de humedad del medio ambiente, ya que son capaces de absorber agua, por lo que al describir la forma de un determinado tipo de polen hay que tener en cuenta las condiciones en que se observa. Los granos esféricos no suelen variar, pero los que tienen radios distintos, se ven más afectados por las condiciones ambientales. En 1971, Erdtman clasificó los granos de polen según la relación entre los ejes polar y ecuatorial, estableciendo ocho categorías, refiriéndose siempre a granos acetolizados<sup>8</sup>.

La formación en tétradas, permite distinguir en el grano de polen una zona proximal, que es la más cercana al centro de la tétrada, y otra zona distal, la más alejada. Sus centros serían los polos *proximal* y *distal* respectivamente. Se entiende por eje polar, la línea imaginaria que une ambos polos, y el eje ecuatorial sería perpendicular a él. Llamando E a este eje ecuatorial y P al polar, la clasificación de Erdtman es la que figura a en la tabla 2,1

NOMBRE	RELACIÓN P/E
Perprolado	$>2$
Prolado	$1,33 - 2$
Subprolado	$1,14 - 1,33$
Prolado-esferoidal	$1,00 - 1,14$
Esferoidal	$1$
Oblado-esferoidal	$1,00 - 0,88$
Suboblado	$0,75 - 0,88$
Oblado	$0,5 - 0,75$
Peroblado	$< 0,5$

**Tabla 2.1.** Clasificación de los granos de polen, atendiendo a la relación P/E según Erdtman.

Esquemáticamente, se representan los granos de polen oblado, esferoidal y prolado en la figura 2.3. Entre las tres figuras, existen una serie de etapas intermedias que responden a la clasificación de Erdtman



**Figura 2.3-** - Forma del grano de polen. 1-Oblato, 2- Esferoidal, 3- Prolato.

Cuando, una vez separado de la tétrada el grano de polen, no pueden diferenciarse las zonas proximal y distal, se dice que es apolar, cuando ambas zonas son semejantes, se denomina isopolar y si son diferentes: heteropolar.

## 2.4. Tamaño

El tamaño varía mucho de unas especies a otras y es una característica que permanece bastante constante para cada una de ellas. Las dimensiones oscilan entre las 5 $\mu$  de *Myosotis* y las 250 $\mu$  de *Mirabilis jalapa*. Generalmente las especies anemófilas tienen granos pequeños, para poder diseminarse mejor.

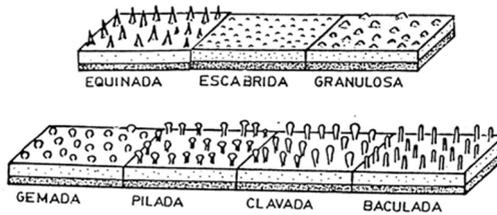
Hyde y Adams en 1958, establecieron una clasificación del tamaño de los granos de polen atendiendo a su eje mayor.<sup>9</sup> Llamando P al eje mayor, la clasificación es la que figura a continuación.

DENOMINACIÓN	
Menor de 10 micras	muy pequeños
De 10 a 25 micras	pequeños
De 25 a 30 micras	Bastante pequeños
De 30 a 40 micras	Medios
De 40 a 50 micras	Bastante grandes
De 50 a 100 micras	Grandes
Más de 100 micras	Muy grandes

## 2.5. Ornamentación

La exina, no es una capa lisa y continua, el *tectum* presenta una serie de elementos de relieve, son los *elementos supracteales*, cuyo eje mayor no suele sobrepasar las 5 micras de longitud y que pueden ser espinas, báculos, verrugas, gemas, filos, clavos. También pueden aparecer en los granos de polen sin *tectum* (*intectados*), y se denominan en este caso «elementos ornamentales». Son muy interesantes para la identificación de los granos de polen. Cuando no existe ninguno de estos elementos, el polen se denomina *psilado*, cuando no siendo liso, presenta una superficie rugosa, pero los elementos de relieve son menores de 1 micra, recibe el nombre de *escábrido*. Según la disposición de estos elementos de relieve se habla de polen *reticulado*, cuando los elementos esculturales adoptan la disposición en malla o retículo, se dice *estriado* si se disponen en forma de líneas, *insulado*, cuando lo hacen a manera de islotes y *rugulado* cuando se disponen de una manera irregular.

La Figura 2.4 muestra varios tipos de ornamentación de los granos de polen.



**Figura 2.4-**Dibujo esquemático de los tipos de ornamentación de los granos de polen.

## 2.6. Aperturas

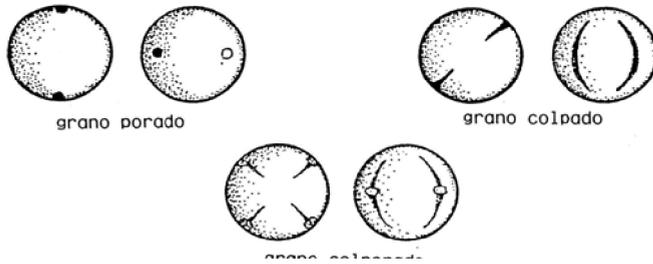
Aunque existen especies cuyos granos de polen presentan una exina continua, lo más común es que aparezcan soluciones de continuidad o que esté muy adelgazada en algunos puntos. Estas aperturas permiten unas veces, la variación del volumen del grano de polen según la humedad ambiental, es decir, cumplen una función *harmomegata* y otras, facilitan la salida del tubo polínico en la fecundación, en este caso la intina presenta un engrosamiento. Cuando estas aperturas son alargadas se denominada *colpos* y si son redondeadas reciben el nombre de *poros*; también puede darse la combinación de un poro localizado en el copo. Según estos elementos, los granos se clasifican en:

- *Inaperturados*, si no presentan aperturas
- *Colpados*, si presentan colpos
- *Porados*, si presentan poros
- *Colporados*, cuando presentan colpos y poros

La membrana del colpo o del poro, puede ser lisa o rugosa y en el caso de los poros, aparece a veces un engrosamiento que recibe el nombre de *opérculo*, como ocurre en las Poáceas o Gramíneas, que cubre parte de la apertura.

El número y tipo de estas aperturas, así como su situación, es un importante dato en la clasificación de los tipos polínicos. En la figura 2.5 se mues-

tra el dibujo esquemático de los tipos de aperturas en visión polar y en visión ecuatorial.



**Figura 2. 5-** Dibujo esquemático de las aperturas de los granos de polen.

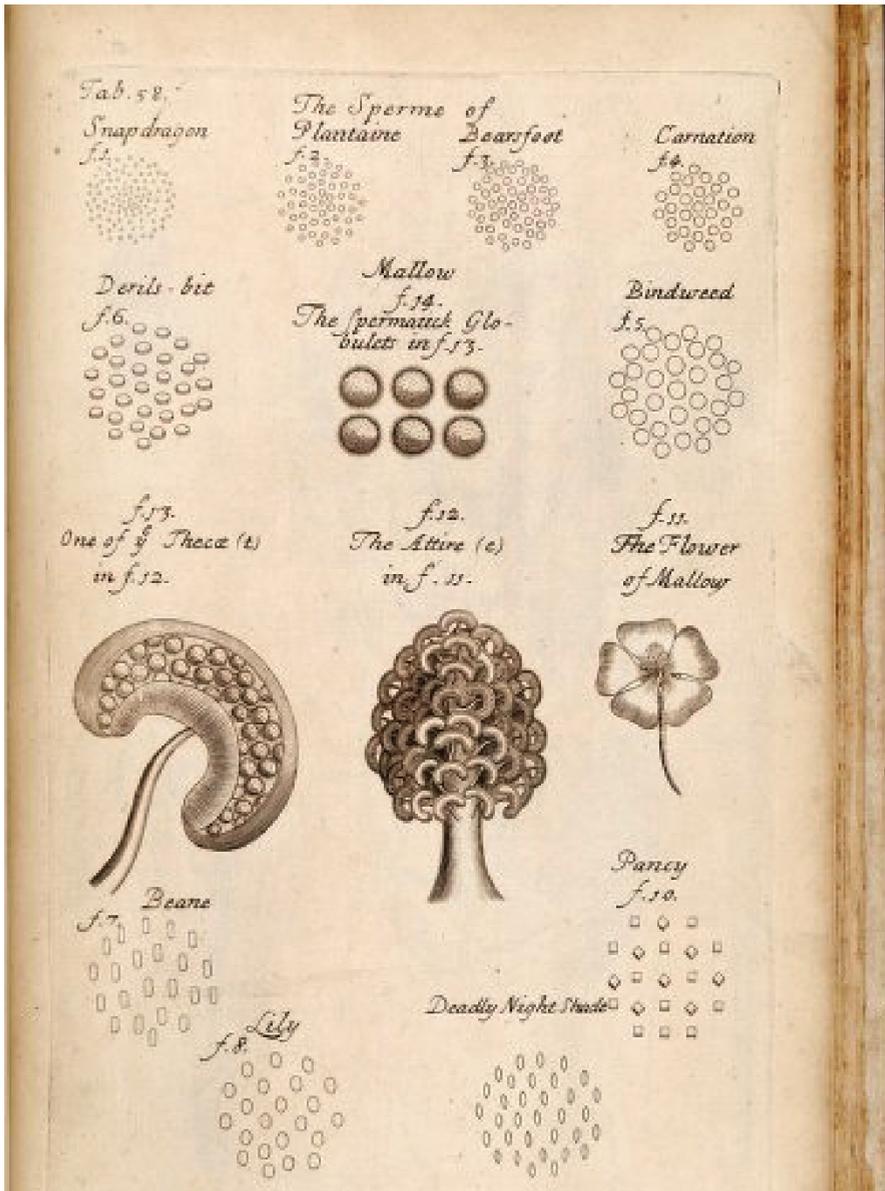
### 3. RECUERDO HISTÓRICO DE LOS ESTUDIOS POLÍNICOS

La palabra polen, proviene del término latino *pollen-ins*, significa polvo muy fino y fue usado por Lineo e incorporado al castellano por Cavanilles<sup>10</sup>. Polen proviene del latín y es conocido desde tiempos remotos, se le han atribuido propiedades terapéuticas y se ha utilizado como alimento, pero no supuso una preocupación entre los botánicos de la Antigüedad pues no sospecharon su función reproductora.

Los estudios polínicos, se iniciaron ya en el siglo XVII con botánicos que eran verdaderos artistas y en sus obras, acompañaban las descripciones con meticulosos dibujos de las diversas partes de las plantas, dejando constancia de su capacidad de observación y rigurosidad al plasmar la realidad que captaban. La introducción del microscopio, les abrió la posibilidad de captar detalles imposibles para el ojo humano y eso hizo que aparecieran en las láminas de dibujos de aquellos verdaderos artistas, partes que antes eran imposibles de detectar y así, empiezan a hacerse presentes las imágenes de los granos de polen.

Investigadores como Nehemiah Grew (1641-1712) en Inglaterra y Marcello Malpighi (1628-1694) en Italia, hicieron casi simultáneamente, interesantes estudios de la microscopía de las plantas, describiendo minuciosamente las distintas partes y en sus láminas, ya figuran dibujados, los granos de polen en algunas de las especies que describen (fig.3.1). Hacen constar, que existen diferencias entre los granos de polen de distintas especies y similitud entre los de la misma especie.

En el siglo XVIII hay que destacar la figura de Josef Gottlieb Kölreuter (1733-1806) botánico alemán que en sus valiosos trabajos de Botánica, incluye el estudio de la estructura de los granos de polen y observa que su pared tiene dos capas, señalando la existencia de diversos elementos ornamentales en la cubierta de algunas especies. Estas observaciones microscópicas, resultan admirables teniendo en cuenta la imperfección del microscopio en aquellos años. Por otra parte, apunta la anemofilia como forma de polinización. Un poco más adelante, a caballo de los siglos XVIII y XIX, F.L. Von Bauer (1760-1826) austriaco de nacimiento y que trabajó en Inglaterra, hizo bocetos de más de 175 pólenes distintos, pertenecientes a 120 géneros de 57 familias botánicas. Actualmente esta colección se conserva en el British Museum.



**Figura 3.1-** Lámina perteneciente a la obra de N. Grew «Anatomy of Plants» en la que aparecen dibujados granos de polen de malva, clavel, enredadera (Image courtesy Missouri Botanical Garden).

En el siglo XIX, hay que destacar los estudios de J. E. Purkinje (1787-1869), J. Lindley (1799-1865), Ch. F. Brisseau de Mirbel (1776-1854) Hugo von Mohl (1805-1872) y Fritzsche.

Purkinje, intentó clasificar las familias botánicas atendiendo a las características de su polen. Aplicó un método para expandirlos y poder observar mejor todos sus detalles. Por primera vez estableció una nomenclatura para los granos de polen según sus características morfológicas. Fue John Lindley el que publicó en 1830, la primera clasificación de las plantas según las características de su polen, estableciendo cuatro tribus. Simultáneamente, Fritzsche en 1837, expone la posibilidad de una clasificación de gran número de familias teniendo en cuenta la morfología de sus granos de polen y aunque lo que logra es una clasificación totalmente artificial, tuvo el mérito de elevar a la categoría científica los estudios morfológicos del polen. Fue el que distinguió la exina de la intina.

Mirbel hace bellísimos dibujos de pólenes interpretando el significado de su estructura y establece un glosario de términos para describir los granos de polen. Artista inicialmente, fue introducido en la Botánica por Desfontaines y resultó una excelente combinación de artista y científico. Llegó a interpretar las estructuras dibujadas y estableció un glosario de términos para describir los granos de polen.

Von Mohl nació en Stuttgart en 1805, se desarrolló en una atmósfera de investigación y quiso ordenar todo el caos que reinaba en las mentes de los hombres que se dedicaban a los estudios polínicos, aunque muchas veces no pudo liberarse de los prejuicios de sus predecesores. Respecto a la estructura del grano de polen, no pudo alejarse de la idea de que su pared era de carácter celular y así, estableció teorías equivocadas basadas en los conceptos establecidos. Aunque tuvo errores, estos no invalidan su trabajo ya que, según Sachs, siempre tuvo presente, que las estructuras que él observaba, nunca podían estar distorsionadas por la visión fisiológica. La mayor parte de sus trabajos se resumen en una clasificación descriptiva, empezando por la separación en dos grandes grupos, según tengan la pared con una capa o con dos. Seguía después la clasificación de acuerdo a los poros y hendiduras. Observó que era frecuente que las Monocotiledóneas, poseyeran tres colpos situados meridionalmente, aunque también se dan otros números y colocaciones.

Fritzsche, tuvo a su alcance un microscopio muy mejorado respecto a los que se venían utilizando hasta entonces. Pensó que era muy importante,

para poder estudiar los pólenes correctamente, lograr una buena preparación de los granos expandiéndolos y haciéndolos transparentes a lo que dedicó grandes esfuerzos. No solo estudió la morfología del polen sino también su estructura y composición química. El acuñó los términos de intina y exina para designar las dos capas de la pared. Asegura, que normalmente existen las dos pero de faltar alguna, es la exina ya que la intina es esencial, mientras que la exina no tiene papel en la fecundación. La intina es de naturaleza hialina y no se colorea con yodo, destruyéndose con ácido sulfúrico concentrado, sin embargo la exina no se destruye, sino simplemente toma color rojo púrpura. Asegura que la exina es compleja y variable y que, por sí sola permite distinguir los pólenes de diferentes especies de acuerdo al aspecto de su superficie. Deja fuera de dudas que la exina es una simple pared celular y no un conjunto de células.<sup>11</sup>

Durante todo el siglo XIX, se realizan estudios que profundizan en el conocimiento de la estructura de los granos de polen, su significación y su desarrollo más que en su morfología, favorecidos por el perfeccionamiento del microscopio. Puede decirse que el punto culminante de este periodo, fueron los estudios de Fischer publicados en su obra «*Beiträge*» en la que examina críticamente 2.200 especies pertenecientes a 158 familias distintas.

Con objeto de apreciar el efecto de la expansión, los embebía en goma arábica, luego los seccionaba con una cuchilla de afeitar y los teñía con colorantes de anilina. Afirmó que los granos de polen que se interpretaban como compuestos o pluricelulares, eran simplemente células que crecían juntas después de la meiosis. Intentó descubrir la naturaleza química de la exina para lo que utilizó diversos reactivos, pero obtuvo resultados contradictorios, pues unas veces encontraba indicios de naturaleza proteica y otras le acercaban a la suberina o la cutina. Estableció una clasificación haciendo una primera separación en dos grupos, atendiendo a la presencia o ausencia de exina. La observación detallada de los granos compuestos, le lleva a establecer lo que podemos llamar ley de Fischer que relaciona los caracteres de los granos con su colocación espacial en la tétrada. Del estudio detallado que hizo de los granos de polen, llegó a conclusiones interesantes:

- Los pólenes de especies próximas son semejantes
- Las Gimnospermas y Monocotiledóneas, tienen una estructura simple mientras las Dicotiledóneas la tienen muy complicada culminando en las Compuestas, con la pared llena de espinas.

– Las plantas entomófilas presentan aceite y espinas, mientras las anemófilas tienen granos de polen de exina fina y lisa.

Con estas conclusiones, muestra Fischer el valor filogenético de los granos de polen. A él se debe haber interpretado la tétrada después de 53 años de haber sido descrita.

En pleno siglo XX, en 1935 Wodehouse publica su obra «Pollen grains» que es un verdadero compendio de los conocimientos que se tenían hasta entonces y enfoca el estudio del polen desde distintos puntos de vista: taxonómico, filogenético, geológico, alergológico, a la vez que introduce métodos de trabajo y resultados obtenidos por él.

Desde muy pronto, se vió el papel del polen en el terreno sanitario, siendo el inglés Bostock en 1819, el primero que describió los síntomas del catarro que lleva su nombre y que se le conoció como fiebre del heno por coincidir con la época de la floración de las gramíneas. Fue Backley quién más tarde aseguró que estos síntomas respondían a una causa alérgica, relacionada con el polen, demostrando su etiología con pruebas cutáneas y de provocación; Anderson estudió los fenómenos anafilácticos y Dunbar confirmó que frecuentemente eran debidos a los granos de polen que penetraban en las vías respiratorias.<sup>12</sup>

Con la llegada del microscopio electrónico de transmisión (1938) y de barrido (1965) se llega a conocer la ultraestructura de los granos de polen y los estudios se hacen bajo muy diversos puntos de vista, dado el interés de la palinología en diversas ramas de la ciencia

## 4. AEROALERGENOS

Los aeroalergenos son partículas con capacidad antigénica, que se encuentran suspendidas en el aire ambiental. Con frecuencia se trata de pólenes, esporas de hongos, ácaros del polvo, epitelio de animales, y otras sustancias que por inhalación, invaden directamente las mucosas respiratorias. Estos alergenitos, suelen tener naturaleza proteica con algunas subunidades de hidratos de carbono, frecuentemente glicoproteínas solubles, de peso molecular bajo y que para tener significación clínica, deben además de poseer grupos antigénicos capaces de provocar la respuesta alérgica, encontrarse en el aire en concentración suficiente.

Los granos de polen aerovagantes, suelen pertenecer a plantas anemófilas o de polinización mixta (anemófila y entomófila) y la gran mayoría tienen carácter alérgico. Esta facultad es consecuencia de producir una elevada tasa de polen por flor, el cual además suele presentar caracteres aerodinámicos, que le facilitan su permanencia en el aire<sup>13</sup>. Muchas de estas especies, leñosas o herbáceas, se encuentran cultivadas en jardines y zonas urbanizadas o crecen de forma natural configurando el paisaje vegetal, determinando el espectro polínico de cada ciudad. Su tamaño suele estar comprendido entre 20 y 60 micras. Los antígenos contenidos en los granos de polen, son de naturaleza glicoproteica, con peso molecular superior a los 10 kDa y para su denominación, se sigue la nomenclatura establecida por la *Unión Internacional de Sociedades de Inmunología* (IUIS) según la cual, el nombre del antígeno se compone de las tres primeras letras del género al que pertenece la planta, sigue un espacio, a continuación figura la primera letra de la especie, otro espacio y termina con un número arábigo que refleja el orden en que se aisló o la importancia clínica. Así, el alérgeno mayor del grano de polen de *Betula verrucosa* se describiría como Bet v 1

Se distingue entre alergenitos mayores y alergenitos menores, los primeros inducen la producción de IgE en más del 50% de los individuos sensibles y los menores en un porcentaje inferior<sup>14</sup>. Estudios realizados parecen demostrar que las partículas superiores a 10µ, son retenidas en las mucosas de las vías respiratorias superiores y por tanto, no llegarían a las vías bajas. Serían causantes de rinoconjuntivitis, pero difícilmente serían responsables de procesos asmáticos.

## 5. POLINOSIS

La primera descripción científica de polinosis se debe al Dr. Bostock que, en un trabajo leído en la Sociedad Medico-Quirúrgica de Londres, titulado «*Un caso de afección periódica de los ojos y el torax*» exponía su propia enfermedad consistente en un proceso que afectaba a los ojos y la nariz pero a diferencia del coriza común solamente se producía durante la estación de floración y recogida del heno (en Inglaterra Junio y Julio) denominándolo por ello fiebre del heno ya que coincidía con su floración. En un estudio posterior, describió 18 casos semejantes al suyo, algunos de ellos acompañado de asma.

El médico inglés Charles Harrison Blackley, 40 años después publicó su obra «*Naturaleza y causa del catarro estival (fiebre del heno o asma del heno)*», en él establece que la enfermedad, no era causada por los efluvios del heno sino por el polen, especialmente el de las gramíneas. Fue el primero que estableció el término *Polinosis* refiriéndose a este proceso y fue pionero en la práctica de las pruebas cutáneas para el diagnóstico, ahondando en sus estudios, recolectó polen atmosférico para estudiar su repercusión en la clínica.

Los procesos alérgicos por alergenitos inhalantes, como la *polinosis*, pertenecen al tipo de reacciones mediadas por IgE o tipo I de la clasificación de Coombs y Gell que en 1963 establecieron, para los fenómenos de hipersensibilidad cuatro grupos:

- Tipo I: Reacción inmediata o anafiláctica, mediada por IgE
- Tipo II: Reacción citotóxica, mediada por anticuerpos citotóxicos, se refieren a las lesiones causadas por los anticuerpos dirigidos contra los antígenos de membrana celular, que causan su lisis al activar el complemento
- Tipo III Reacción de Arthus, mediada por inmunocomplejos y se deben al depósito hístico de complejos inmunes
- Tipo IV Reacción tardía. Hipersensibilidad retardada (mediada por células inmunitarias). Se produce después de 24-48 horas y es debida a la liberación de linfoquininas cuando reacciona el antígeno con el anticuerpo.

Posteriormente, se han establecido subgrupos y se ha añadido uno más, el tipo Tipo V, en el que se produce una interacción entre los tipos I y II y entre el III y IV.

En el caso de la polinosis, al alcanzar el grano de polen las mucosas del individuo, si este tiene una predisposición alérgica, los linfocitos B de los órganos linfoides próximos, se estimulan con la cooperación de los linfocitos T y por un proceso de proliferación y maduración, se transforman en células secretoras de anticuerpos IgE que se fijan a la membrana de los mastocitos de los tejidos circundantes y pasan a la sangre, fijándose a los basófilos que los llevarán a otros tejidos. Se produce así un proceso de «sensibilización» que no implica síntomas, pero si un individuo así sensibilizado, se pone en contacto de nuevo con el antígeno específico que lo sensibilizó, se produce un complejo antígeno-anticuerpo que induce cambios en los mastocitos y basófilos, dando lugar a la liberación de sustancias vasoactivas como histamina, serotonina, sustancia de reacción lenta en la anafilaxia (SRS-A) que producen vasodilatación y espasmo de la musculatura lisa con la consecuente sintomatología.

Como desencadenantes de polinosis, hay que considerar además de los granos de polen, las llamadas «*partículas submicrónicas*», se trata de partículas con tamaño entre  $0,5 \mu$  y  $2\mu$  que proceden del grano de polen, bien sea del interior del citoplasma, de la membrana o de otras estructuras de la planta, como restos de anteras. Estas partículas son muy interesantes en el desarrollo de los casos de asma, ya que estando el tamaño de los granos de polen comprendido entre 5 y 200 micras, es muy difícil que puedan alcanzar las vías respiratorias bajas, que sin embargo son fácilmente alcanzables para estas partículas submicrónicas.

El origen de estas partículas se explica por el fraccionamiento del grano de polen en el medio ambiente, debido a condiciones de humedad, tormentas o lluvia, que producen una rotura hipotónica a diferencia de lo que ocurre cuando el grano de polen se pone en contacto con las mucosas nasales o conjuntivales. En este caso, se produce la hidratación en un medio isotónico y tiene lugar la difusión de su contenido, que se libera a las mucosas y sus alérgenos podrán desencadenar síntomas conjuntivales y/o nasales en una persona sensibilizada previamente. Se ha sugerido, que estas partículas podrían derivarse de otras partes de las plantas como por ejemplo las hojas o los tallos, y que podrían transferirse por contacto físico, por arrastre o contenidas en microgotas, a otras partículas pequeñas presentes en la atmósfera, como por ejemplo las partículas producidas por la combustión de motores diesel, las cuales pueden penetrar en las vías aéreas periféricas.<sup>15</sup>

La existencia de estas partículas explicaría también, los procesos asmáticos que tienen lugar fuera de la época de polinización, ya que su pequeño

tamaño hace posible su permanencia en suspensión, prácticamente durante todo el año.

### 5.1. Prevalencia de la polinosis

Es indudable que en las últimas décadas, estamos asistiendo a un aumento de los procesos de alergia en todo el planeta, cifrándose en un 25% de la población mundial la que sufre de rinitis alérgica y un 18% la que padece asma, existiendo una clara tendencia al aumento con la consiguiente repercusión económica, social y disminución de la calidad de vida.<sup>16</sup> En Europa Occidental, se cifra una media de afectos de polinosis del 23% de la población adulta, oscilando entre un 17% en Italia y un 29% en Bélgica.<sup>17</sup>

Aunque existe diversidad de estos porcentajes según el área geográfica estudiada, ya que las condiciones varían sensiblemente, siempre son los alérgenos polínicos el factor mayoritario responsable de estos procesos. Las características geoclimáticas de un lugar, van a determinar sus características palinológicas pero no solo ellas influyen, ya que la intervención humana introduce modificaciones con su actividad. Diversos estudios han puesto de manifiesto que la prevalencia de las enfermedades alérgicas es mayor en los países industrializados que en los medios rurales y países subdesarrollados. Este hecho se ha relacionado con el aumento de la polución ya que la existencia de altos niveles de partículas contaminantes, aumentaría la reactividad frente a los alérgenos y actuarían además, como transportadoras de ellos.<sup>18</sup>

En Europa, el principal elemento contaminante del aire se debe a las partículas procedentes de los vehículos a motor, especialmente a los que utilizan diesel, cuyas partículas de escape (PED) en su mayoría, tienen un tamaño menor de 10 micras y el 80% de ellas poseen un diámetro inferior a 0,1 micra. Están conformadas por un núcleo de carbono con depósitos de componentes químicos orgánicos de alto peso molecular y metales.<sup>19</sup> Las partículas diesel, procedentes de los tubos de escape además de aumentar la producción de IgE específica y la inflamación de las vías respiratorias, agudizan la rinitis y el asma alérgica. Los mecanismos de cómo las partículas diesel producen estos efectos pueden ser varios:

- Aumentan la permeabilidad de las vías respiratorias altas por la irritación que ocasionan, con lo que se favorece la penetrabilidad de los alérgenos.

- Disminuyen la producción de moco ciliar y ello hace que la eliminación de partículas que llegan a la nariz, se vea dificultada.
- Por la gran capacidad de adherencia que poseen, son capaces de retener los aeroalergenos aumentando su permanencia en el aire.
- Las partículas diesel pueden favorecer la liberación de sustancias alérgicas de los granos de polen.

Otro elemento que hay que tener en cuenta en este aumento de los casos de alergia, es el *cambio climático*, entendiendo como tal, las variaciones directa o indirectamente relacionadas con la actividad humana y que varían la composición de la atmósfera en combinación con los cambios climáticos naturales que se observan comparando largos periodos de tiempo. En algunos casos, se usa el término «*cambios antropogénicos*» para referirse a los cambios debidos a la actividad humana.<sup>20</sup>

Este cambio ha producido un aumento de la temperatura media, con unos inviernos más suaves, y unos veranos de temperaturas menos extremadas. También se ha producido un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>, lo que ha originado cambios en la fenología de las especies vegetales. En la actualidad se están llevando a cabo estudios sobre la influencia de estos cambios en el comienzo y la duración de los periodos de polinización de diversas especies en distintos lugares. Así, en un estudio hecho en Holanda en el periodo 1969 -2000 por van Vliet, para diversas especies, encontró un avance medio del inicio de la estación polínica de 3 a 22 días para la década de 1990 comparada con la de 1970.<sup>21</sup>

Estudios realizados en Suiza, desde 1951, muestran un claro adelantamiento de la polinización en las últimas décadas que podría explicarse en cierta medida por el actual calentamiento, dada la fuerte influencia de la temperatura sobre la evolución de la vegetación. En este estudio, se ha observado un adelanto de tres semanas en la polinización de abedul y de un mes en el de cenizos.<sup>22</sup>

En trabajos realizados sobre el polen de *Quercus* en la península Ibérica permiten predecir un aumento de sus niveles polínicos para finales del siglo XXI del 50% respecto a los niveles actuales y un adelantamiento de un mes en el inicio de la polinización de este tipo polínico.<sup>23</sup> Son numerosos los estudios que se realizan actualmente para ver la posible relación entre el cambio climático y la fenología de las especies vegetales y por tanto, en la variación de la polinización y su influencia sobre la polinosis.

## 6. ESTUDIO DEL POLEN AEROVAGANTE

Para realizar un seguimiento del polen atmosférico en un sitio determinado, es preciso en primer lugar, realizar una adecuada captación para poder contabilizar los granos de polen e identificarlos y luego, mediante los cálculos adecuados, poder expresarlos convenientemente, bien respecto a un volumen de aire en el caso de los captadores por impactación o de la superficie de captación y tiempo de exposición, en el caso de captadores gravimétricos y de filtración.

### 6.1. Métodos de captación

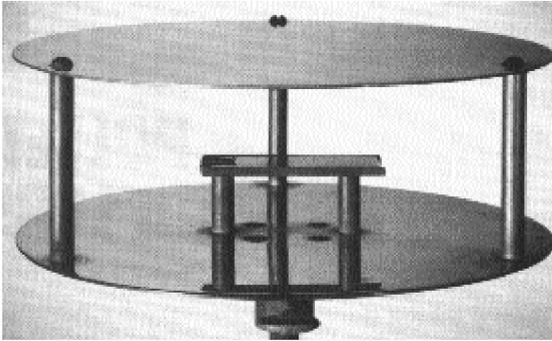
El primer paso para poder hacer un estudio de los granos de polen suspendidos en el aire, es indudablemente su captación adecuada, lo que supuso una preocupación para los investigadores de este campo. Eso ha llevado a intentar perfeccionar los métodos constantemente e idear otros nuevos.

Los primeros sistemas de captación, fueron métodos *gravimétricos*, aprovechando el propio peso de las partículas, para lograr su depósito en superficies donde quedaban adheridos.

Puede decirse que fue Blakley en 1873, el primero que ideó diversos sistemas para captar los granos de polen atmosféricos y poder establecer una correlación entre la presencia de polen en el aire y los síntomas de sus pacientes. De los varios sistemas que estudió, el que fue más aceptado consistía en un porta impregnado de vaselina que se colocaba en un soporte unido verticalmente a una veleta. Recogía los portas cada 24 horas para contabilizar y diferenciar los tipos polínicos. De este modo pudo observar que sus pacientes mostraban síntomas en la época en que la presencia de polen de gramíneas era más alta.

A principios del siglo XX se utilizaban placas de Petri, céspedes artificiales o portas con sustancias adhesivas o retentivas, siempre basándose en el principio de la gravedad. En 1942, Durham<sup>24</sup> introdujo algunas modificaciones para mejorar la captación de los pólenes y esporas. Ideó un aparato que consistía en dos discos de 22,7 cm de diámetro, separados entre sí unos 10 cm, el inferior llevaba un soporte sobre el que se colocaba el porta en el que se depositaban los granos de polen por su propio peso; el disco superior servía de protección para evitar los efectos de la lluvia y del sol. Todo

el conjunto se sostenía sobre un pie que se fijaba firmemente al suelo (Figura 6.1).



**Figura 6.1-** Captador Dirham.

Unos años más tarde, Pla Dalmau, en 1958 lo modificó dándole al soporte que sostenía el porta una inclinación de  $14,5^\circ$  cara al viento para favorecer la impactación de los granos de polen sobre la superficie impregnada.

No obstante, la eficacia de captación de estos sistemas no es buena, ya que las esporas y los pólenes menores de  $20\mu$  no se depositan; por otra parte la velocidad del viento, impide una buena deposición de los pólenes, que permanecen así, sobrevolando.

Intentando evitar las deficiencias de los captadores de precipitación, W.A. Perkins en 1957, ideó un sistema de impactación rotatorio «Rotorod» En este aparato, muy usado en América del Norte, las superficies donde impactan los pólenes, se disponen en dos brazos en forma de U que rotan de modo intermitente, a gran velocidad por la acción de un motor interceptando las partículas.<sup>25</sup> Tiene algunos inconvenientes:

- Se fijan poco las partículas menores de  $10\mu\text{m}$  y a veces se desprenden
- Al no estar protegida la superficie de fijación, la lluvia puede efectuar un barrido sobre ella
- Como la superficie de fijación es pequeña, las partículas de carbón o de arena pueden ensuciar la preparación dificultando la lectura
- Por otra parte, su eficacia disminuye con el tiempo.

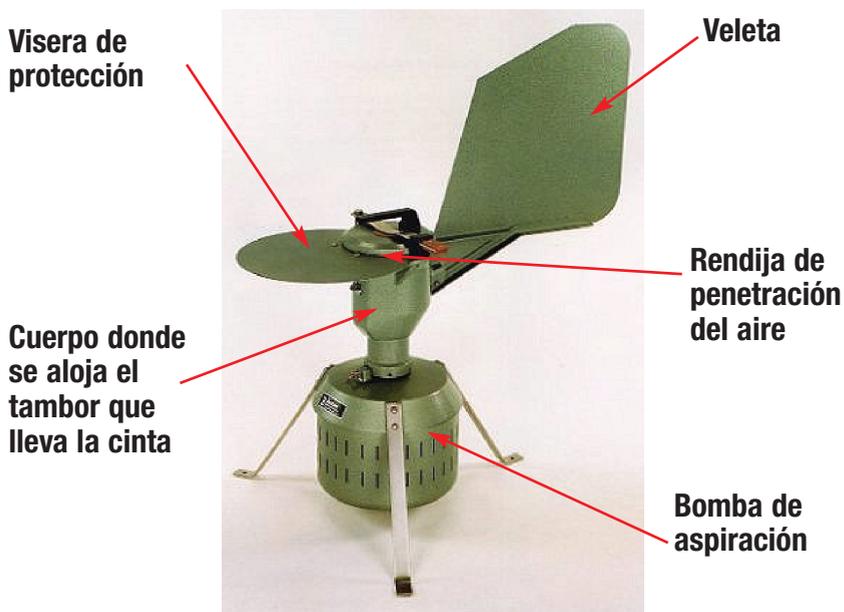
Aparecieron también los muestreadores ciclónicos en los que las partículas se someten a la acción de unas masas de aire que se mueven en espiral o en movimientos de rotación, discriminándose por la fuerza centrífuga generada.

A mediados del siglo XX empezaron a usarse los métodos volumétricos que en la actualidad, son los que se han generalizado. A diferencia de los anteriores, que expresaban la concentración en granos de polen referida a  $\text{cm}^2$  de superficie, estos permiten establecer el número de granos de polen existentes en un volumen determinado de aire. Los hay de varios tipos: succión, filtración, rotación, precipitación electrostática y precipitación térmica. En la actualidad, los captadores más generalizados, para llevar a cabo estudios de pólenes y esporas en el aire, son el Cour de filtración y sobre todo los volumétricos de succión de tipo Hirst. El primero es un sistema de filtración que recoge las partículas en unos filtros sólidos que se retiran del aparato semanalmente y mediante fórmulas matemáticas, se calcula la concentración de partículas.<sup>26</sup> Entre sus ventajas cuenta la buena identificación de los pólenes ya que se someten a un proceso de acetólisis, es decir de destrucción de las partes blandas de los granos de polen por digestión química, quedando la exina intacta. Entre sus desventajas, se puede citar el que solo se obtiene la concentración media semanal pero no se puede establecer la diaria. Por otra parte, las esporas de hongos, a veces se destruyen en los métodos de preparación, por lo que los resultados pueden mostrar datos inferiores a los reales.

Los aparatos basados en el prototipo propuesto por Hirst en 1952, se han implantado mayoritariamente sobre todo en el continente europeo y es el método homologado tanto por la R.E.A. (Red Española de Aerobiología) como por la A.E.A. (Asociación Europea de Aerobiología). En la actualidad, existen dos marcas comerciales basadas en este método, uno es el modelo Burkard 7-day recorder spore-trap, fabricado por la casa Burkard Manufacturing Co. Ltd., UK y el modelo VPPS 2000 de la casa italiana Lanzoni s.r.l. Los dos tienen autonomía para funcionar una semana ininterrumpidamente, y permiten obtener datos diarios y horarios.

El aparato, que se expone en la figura 6.2, corresponde al modelo de la casa Burkard; capta el aire por succión de una bomba, a través de una rendija y lo hace impactar en una cinta transparente de *melinex* de 19mm de ancho que se impregna con silicona para que queden adheridos los pólenes y las esporas de hongos. Esta cinta se coloca tensada sobre una pieza cilíndrica (tambor) que gira accionada por un sistema de relojería con auto-

mía para siete días. De este modo, cuando se recoge la cinta, se corta en fragmentos de 48mm que corresponden a un día, ya que el tambor que sujeta la cinta, se mueve a razón de 2mm por hora. Una veleta orienta la ranura de succión en la dirección del viento y el aparato lleva también una visera de protección.



**Figura 6.2-** Aparato captador tipo Hirst (casa Burkard).

## 6-2 Recuento e identificación

Una vez obtenidas las muestras, es preciso proceder a su preparación para poder estudiarlas al microscopio.

Este proceso difiere según el método empleado para su captación. Hay gran diferencia entre las muestras obtenidas con un captador de filtración tipo *Cour* y uno de succión tipo Hirst. En el primer caso, los filtros retirados del captador, se someten a un proceso de *acetolisis* que consiste en destruir las partes blandas de la célula mediante tratamiento con ácidos y decanta-

ciones sucesivas, obteniéndose un sedimento que contiene, mayoritariamente los pólenes y las esporas retenidos. Este sedimento, se interpone en glicerogelatina semilíquida y se toma una parte para estudiarla al microscopio óptico.

Los datos que se obtienen, corresponden a la concentración media semanal, que se expresa en granos de polen por metro cúbico de aire, y se calcula mediante la aplicación de una fórmula matemática establecida teniendo en cuenta diversos factores:

- Número de partículas contadas
- Proporción del sedimento analizado respecto del total obtenido
- Proporción de filtro tratado respecto al total de 400cm<sup>2</sup> que es la superficie del filtro que se retira del marco
- La superficie de muestra leída al microscopio
- El recorrido del viento durante el periodo de exposición. Para conocer este dato se precisa un anemómetro totalizador que va conectado a un cuentakilómetros y permite conocer los metros recorridos por el aire durante un tiempo determinado.

En el caso de los captadores volumétricos de impacto por succión, la preparación de las muestras es mucho más sencilla. Una vez retirada la cinta donde impactan las partículas del tambor que la soporta, se procede a cortarla en pedazos correspondientes a un día, es decir de 48mm de longitud. Cada uno de ellos se monta sobre un porta con glicerogelatina a la que se le añade un colorante para teñir los pólenes, generalmente fucsina pues es una tinción específica para el material vegetal. Entre las ventajas de este método, se cuenta el que se pueden tener datos secuenciales de la deposición de los pólenes, ya que el tambor sobre el que se sustenta la cinta de impactación, va moviéndose a razón de 2mm por hora.

Una vez montada la cinta, se tiñe, se deposita el cubre sobre ella y se sella con una laca para conseguir una perfecta conservación de la preparación a lo largo de años, lo que hará posible que se pueda recurrir a ella, para posteriores comprobaciones. La concentración de granos de polen por m<sup>3</sup> de aire, se calcula fácilmente aplicando un factor establecido en función de la superficie leída al microscopio y del volumen de aire que impactó sobre la cinta. El volumen de aire aspirado es fijo (10 litros por minuto) y la superficie leída depende del campo del microscopio y del n° de líneas leídas, que se pueden establecer de acuerdo a unas normas fijas. De modo que solo

habrá que multiplicar el nº de granos de polen o esporas leídos por el factor, para conocer la concentración media diaria.

En los recuentos, se identifican los distintos tipos de pólenes y esporas que aparecen. Esta identificación se hace por las características que se pueden apreciar al microscopio óptico: tamaño, forma, polaridad y elementos de la exina (ornamentación y aperturas). En este sentido son de gran utilidad los atlas polínicos y sobre todo la palinoteca que se confecciona con las especies propias del entorno del lugar estudiado.<sup>27</sup>

Se obtiene así, el *espectro polínico diario* para el lugar que se muestrea, que da a conocer el nº de granos de polen por m<sup>3</sup> de aire, los tipos detectados y el nº de cada uno ellos.

### 6.3. Divulgación de la información

La información obtenida, tiene interés bajo muy diversos aspectos y cabe destacar el interés que tiene para la población, desde el punto de vista sanitario, dado el alto porcentaje de polinosis en la actualidad. Este conocimiento puede ayudar a tomar las medidas preventivas oportunas para evitar en lo posible, la aparición de síntomas. Por eso, es conveniente una información rápida y ampliamente difundida y que es cada día más demandada por la población. Los datos obtenidos en los muestreos, son también utilizados con fines científicos en diversa áreas como Farmacia, Agronomía, Biometeorología, Cambio Climático, Contaminación atmosférica, Medio Ambiente, Ecología...

Actualmente, la difusión de la información sobre los niveles polínicos de un lugar en el que se realizan muestreos, se hace por muy diversos medios: periódicos, radio, televisión, aparece en los paneles informativos de las ciudades, en nuestro país se expone en algunas farmacias, la información generada por las estaciones de muestreo pertenecientes a la Red Española de Aerobiología. También, en algunos aeropuertos, se ofrece información sobre la situación de los niveles polínicos resultando muy útil al viajero en su llegada.

Los avances técnicos permiten conocer por diversos sistemas, la información que se genera en las estaciones de estudio, prácticamente a tiempo real mediante telefonía móvil o páginas web. La forma en que se ofrece es muy variada: se muestra unas veces, la concentración diaria de polen

expresada en granos por m<sup>3</sup> de aire, mediante tablas que recogen los valores numéricos correspondientes a cada tipo polínico, otras, reflejan niveles según unas categorías establecidas de acuerdo a unos umbrales de peligrosidad en cuanto a su significación alergológica, también se ofrecen mapas polínicos con colores que indican esos niveles.

La Red Española de Aerobiología propone una serie de categorías polínicas<sup>28</sup>, teniendo en cuenta distintos umbrales, para establecer una clasificación de los datos obtenidos en los muestreos. Así se facilita la construcción de mapas, que con distintos colores, expresan los resultados sobre la situación en un momento determinado y la previsión posible, ofreciendo al usuario una información de fácil comprensión. El establecimiento de las diferentes categorías polínicas, hace posible una información aerobiológica homogénea en el territorio nacional, teniendo en cuenta los diferentes pisos bioclimáticos y unidades biogeográficas existentes. No obstante, cada lugar tiene unas connotaciones características que hay que tener en cuenta en el establecimiento de las categorías y umbrales de algunos tipos polínicos, en particular para esa zona. Hay factores como son: la abundancia de la especie en ese lugar, la existencia de otras especies con las que se puede dar relación de reactividad cruzada, algunas condiciones meteorológicas particulares, la presencia de contaminantes atmosféricos, etc. que intervienen en la aparición de síntomas en las personas afectadas de polinosis.

Los factores que se tienen en cuenta para definir las diferentes categorías son:

- El carácter anemófilo/entomófilo de las distintas especies;
- El Índice Polínico Anual (cantidad de polen, de un determinado tipo polínico, detectada al año)
- La posible capacidad alergógena de las distintas especies.

De acuerdo a estos factores, se han establecido cuatro grupos que incluyen diferentes tipos polínicos. En cada uno de ellos, se han delimitado cuatro categorías: nulo, bajo, moderado o alto, que hacen referencia a umbrales de concentración de polen necesarios para que un porcentaje bajo, medio o alto de la población sensible desarrolle los síntomas asociados a la presencia de estos tipos polínicos.

Como ejemplo, de uno de estos tipos de información, se muestra la información en forma de tabla, ofrecida por la estación de muestreo del

Colegio Oficial de Farmacéuticos de Zaragoza. Al pie de la misma figura la explicación de las categorías para cada uno de los tipos polínicos.

### Estación Aerobiológica del Colegio Oficial de Farmacéuticos de Zaragoza (Red Española de Aerobiología)

Niveles polínicos registrados el 9 de Abril de 2011

NIVELES	BAJO	MODERADO	ALTO
<b>Cupresáceas</b>	*		
<b>Fresnos</b>	*		
<b>Moreras</b>			*
<b>Plátanos de paseo</b>			*
<b>Chopos</b>	*		
<b>Robles y encinas</b>	*		
<b>Cenizos</b>	*		
<b>Gramíneas</b>	*		
<b>Ortigas y Parietaria</b>	*		

Los **niveles** corresponden a los siguientes intervalos de granos de polen por m<sup>3</sup> de aire según el tipo polínico:

– Para *Betula, Casuarina, Corylus, Castanea, Eucalyptus, Alnus, Acer, Populus, Ulmus, Ligustrum*.

Bajos .....de 1 a 50 granos/m<sup>3</sup> de aire

Moderados.....entre 50 y 200 granos/m<sup>3</sup> de aire

Altos.....más de 200 granos/m<sup>3</sup>

– Para Poaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Plantago, Rumex, Artemisia, Ericaceae, Asteraceae, Helianthus*

Bajos .....de 1 a 25 granos/m<sup>3</sup> de aire

Moderados.....entre 26 y 50 granos/m<sup>3</sup> de aire

Altos.....más de 50 granos/m<sup>3</sup> de aire

- Para *Parietaria*, *Urtica membranacea*, *Mercurialis*, *Echium*, Fabaceae, Apiaceae, *Cannabis*, Brassicaceae.
  - Bajos .....de 1 a 15 granos/ m<sup>3</sup> de aire
  - Moderados.....entre 16 y 30 granos/ m<sup>3</sup> de aire
  - Altos.....más de 30 granos/ m<sup>3</sup> de aire
- Para *Olea*, Cupressaceae/Taxaceae, *Platanus*, *Populus*, *Quercus*, *Pinus*
  - Bajo..... de1 a 50 granos/m<sup>3</sup> de aire
  - Moderado .....51-200 granos/m<sup>3</sup> de aire.
  - Altos.....más de 200 granos/m<sup>3</sup> de aire

A veces, se ofrece la concentración expresada en granos de polen/m<sup>3</sup> de aire, de cada tipo de polen del que se solicita información y a la vez se muestra también, la gráfica de la trayectoria anual del mismo, lo que permite conocer con cierta aproximación el comportamiento en los próximos días, ya que queda indicado el momento de polinización en que se encuentra el tipo polínico que interesa.

Es muy frecuente, ofrecer datos diarios en la época de polinización y fuera de ella, hacerlo de modo semanal, ya que la concentración es baja y suele variar poco de unos días a otros. En este caso, bien se dan los datos de cada día o la media aritmética correspondiente a la semana.

#### 6.4. Calendarios polínicos. Referencia a la polinización en Zaragoza

Con el nombre de calendario polínico se designa una representación gráfica que resume la dinámica anual de los principales tipos polínicos de una localidad<sup>29</sup>. Los táxones, suelen aparecer ordenados de acuerdo a su periodo de polinización, de modo que permiten conocer de un modo rápido y muy visual, el perfil polínico de un área geográfica.

Mediante ellos, se puede conocer en un momento determinado, qué táxones polínicos pueden aparecer en la atmósfera del lugar considerado, así como su significación cuantitativa respecto del total y de los demás tipos. Son también muy útiles para comparar la fenología que presentan las distintas especies en otras estaciones de monitorizaje.

Estos calendarios, muestran las características del periodo de polinización de los distintos táxones, su comienzo y duración así como el momen-

to en que presentan el pico de máxima concentración, y así en un momento dado, se puede conocer en que punto de su periodo de polinización se encuentra cada uno de los tipos polínicos y por tanto su posible evolución.

Estos calendarios se pueden construir con los datos correspondientes a un solo año, que aunque resulta interesante, lo es mucho más cuando se construyen tomando los datos medios correspondientes a largos periodos de tiempo, pues de ese modo se eliminan las desviaciones debidas a causas anómalas, como puede ser una climatología no habitual para la zona en estudio, una variabilidad en la polinización de ciertas especies con carácter alternante o cambios de las especies utilizadas como ornamentales en el caso de localidades urbanas.

Los calendarios polínicos se confeccionan de acuerdo a criterios diversos aunque de modo general, se construyen histogramas en los que figuran en abscisas los valores de tiempo, que suelen considerarse como periodos decenales o semanales y en ordenadas los referentes a las concentraciones polínicas medias de esos periodos, que se disponen como clases de distintas alturas que presentan un rango de concentración exponencial.

Otras veces, buscando una información más directamente ligada al riesgo de polinosis, no se toman como valores en ordenadas las concentraciones polínicas, sino categorías establecidas para cada tipo de polen, según el posible riesgo de desencadenar síntomas.

El calendario polínico construido con los valores obtenidos en la estación de muestreo del COFZ, se ha llevado a cabo con los datos correspondientes al periodo 1994-2010. Los valores que se han utilizado, corresponden a la media diaria de periodos semanales, calculados a partir de la media aritmética semanal correspondiente al citado periodo. Se han tenido en cuenta los táxones más representativos por su abundancia o significación alergógena: Cupresaceae/Taxaceae, *Populus*, *Platanus*, *Pinus*, Urticaceae, Moraceae, *Betula*, Poaceae, *Quercus*, *Olea*, *Plantago*, Chenopodiaceae/Amarantaceae, *Artemisia*. Todos ellos tienen una significación porcentual sobre el total superior al 1%, excepto *Betula*, que se incluye por su gran alergenicidad y entre todos ellos suponen más del 90%. La figura 6.3 muestra este calendario

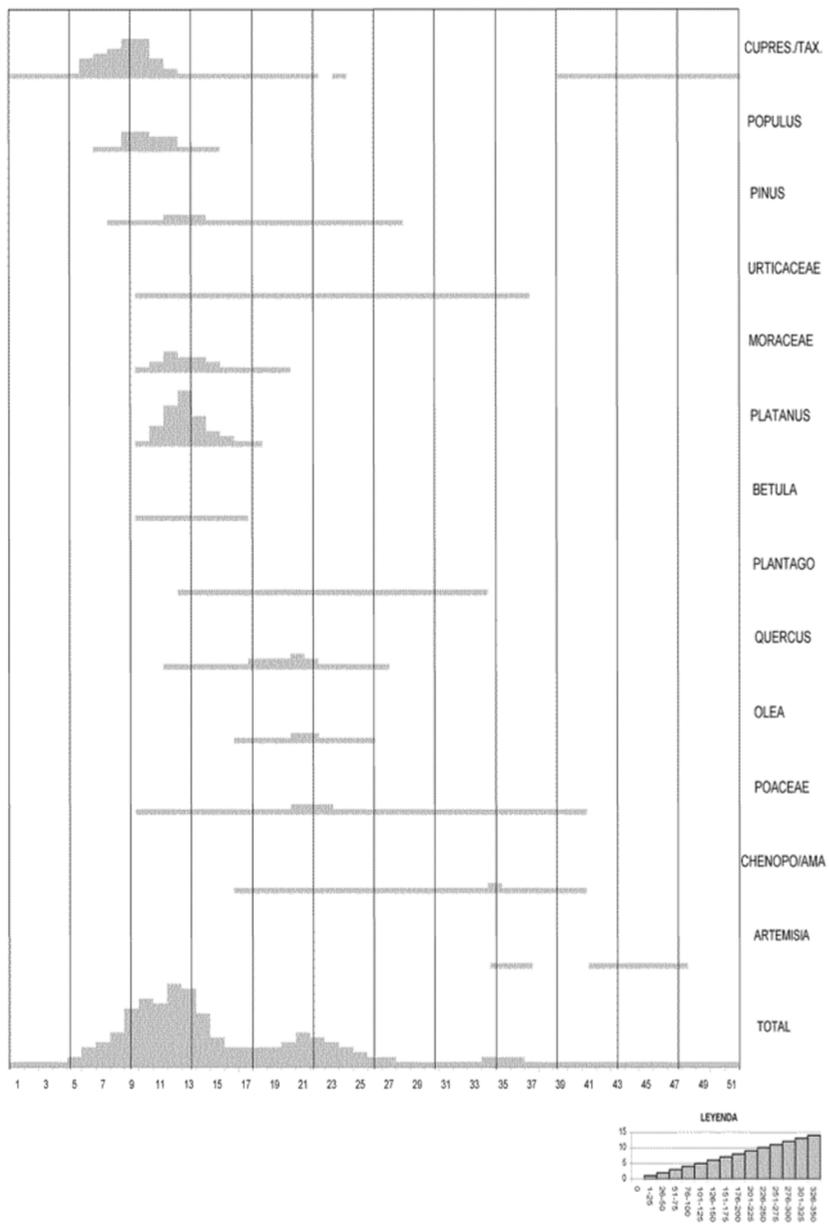


Figura 6.3- Calendario polínico de Zaragoza (datos 1994-2010).

Se muestran ordenados cronológicamente, de acuerdo a la aparición de su pico de máxima concentración atmosférica lo que permite ver de un modo fácil la sucesión y evolución de los diversos táxones a lo largo del año.

Para la elaboración gráfica del calendario polínico, cada media semanal se hace corresponder con una de las clases de frecuencia exponencial establecidas que se representan en forma de histograma.

Por tratarse de una zona urbana, no es de extrañar que dominen los tipos polínicos pertenecientes a especies ornamentales, siendo el de Cupressaceae/Taxaceae el que registra una mayor presencia en nuestra atmósfera, ya que es muy frecuente su utilización en parques y jardines. Aparece prácticamente a lo largo de todo el año, debido a la diversidad de especies que engloba y que polinizan en distinto momento, lo que explica su casi continua presencia en las muestras recogidas. Le siguen *Platanus* *Morus* (que algunos años han superado a Cupresaceae) y *Populus* que por el contrario, concentran su polinización en un corto periodo de tiempo: de 4 a 6 semanas de duración. De los otros tres tipos de polen arbóreo que se reflejan en el calendario, *Pinus* aparece durante un periodo largo debido a que también son varias las especies que se encuadran en este taxon, mientras *Olea* y *Quercus* se hacen presentes durante algo menos de tiempo, unas 6 semanas el primero y 10-11 el segundo.

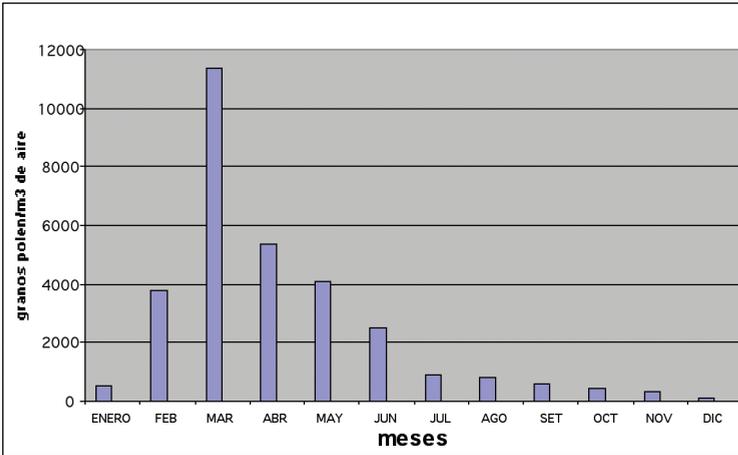
El mes con mayor concentración de polen atmosférico, es Marzo en todos los años estudiados, aunque el que presenta mayor diversidad de tipos polínicos es Abril.

Octubre, Noviembre y Diciembre son los meses en los que aparecen menos tipos polínicos, siendo Diciembre el más pobre en concentración polínica.

La figura 6.4 muestra, en gráfico de barras, la concentración polínica mensual, correspondiente a la media del periodo 1994-2010.

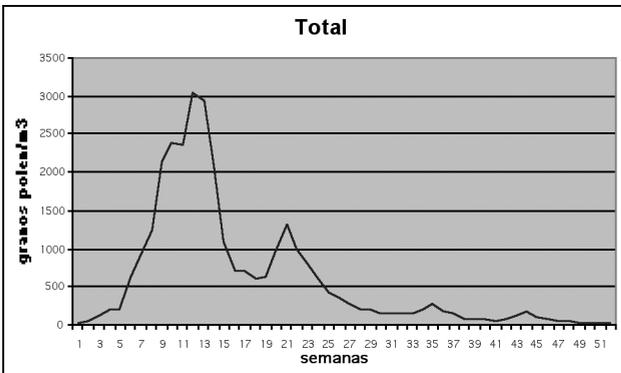
Atendiendo al tipo de plantas cuyo polen se detecta en la atmósfera, solo un 17% corresponde a polen de herbáceas, aunque entre ellas se encuentran tipos con alto poder alergénico como las gramíneas y las quenopodiáceas (a esta familia pertenece la conocida «capitana» *Salsola kali*, tan típica de nuestra vegetación), el polen de Poaceae significa cerca del 6% del total detectado y es la primera causa de polinosis en nuestra zona.

Los pólenes de arbustos son muy poco frecuentes en nuestro entorno.



**Figura 6.4-** Concentración media mensual de polen total en Zaragoza. (1994-2010).

El gráfico de la figura 6.5, presenta la evolución semanal de la concentración polínica atmosférica anual correspondiente al polen total contabilizado. Se han utilizado los valores correspondientes a la media aritmética de los datos registrados en el periodo de los 17 años contabilizados (1994-2010). Como polen total anual, se entiende la suma de los valores medios diarios expresados en granos de polen por m<sup>3</sup> de aire, registrados durante todo el año.



**Figura 6.5-** Evolución media semanal del polen total (1994-2010).

En la curva correspondiente al polen total, se observan dos picos bien manifiestos, el primero muy destacable, corresponde a la polinización de inicio de la primavera, cuando polinizan cipreses, chopos, plátanos de paseo, moreras, son especies grandes productoras de polen y que tienen un periodo de polinización corto a excepción de los cipreses, que por la variedad de especies, es fácil encontrar su polen a lo largo de casi todo el año.

El segundo pico es más discreto, corresponde a especies que no emiten tanta cantidad de polen y que, en general tienen periodos de polinización más largos como gramíneas, robles y encinas, pinos...

Antes de entrar en el silencio polínico que representan las últimas semanas del año, una discreta elevación, nos indica la presencia de *Artemisia*, último tipo polínico que aparece en los recuentos, siempre con niveles bajos pero con interés desde el punto de vista alergológico.

Para apreciar el comportamiento de cada uno de los táxones mayoritarios, se muestran en la figura 6.6 los gráficos correspondientes a la dinámica anual de cada uno de ellos, entendiendo como tales, los que han superado el 1% del total.

En el gráfico correspondiente al polen de *Cupressaceae/Taxaceae*, se destaca un pico muy elevado a principios de marzo, que es cuando presenta su semana de máxima concentración polínica (la semana 9 la mayoría de los años del periodo 1994-2010), para descender bruscamente y mostrar leves ondulaciones a lo largo de todo el año. Es junto con *Platanus* y *Populus*, responsable del pico que aparece en la gráfica del polen total en el mes de marzo. Se ha considerado como la principal causa de polinosis invernal en el área Mediterránea.<sup>30</sup>

*Platanus* se muestra con periodo de polinización principal corto, de unas 4 semanas con inicio brusco. y con una variabilidad interanual en su aparición de hasta 15 días. En la semana de máxima concentración polínica, se han llegado a superar los 1000 granos diarios por m<sup>3</sup> de aire en algunos años. La capacidad alergénica de este polen se considera moderada en distintos estudios.<sup>31</sup>

*Moraceae* tiene una representación del 10% del total anual, con un corto periodo de permanencia en la atmósfera, no habiendo sido muy regular en su comportamiento durante estos 17 años. Su interés desde el punto de vista alergológico, es mínimo. En Zaragoza detectamos dos tipos de polen pertenecientes a esta familia: *Broussonetia* y *Morus*. Perteneciente al primer género se encuentra en nuestra ciudad, como ornamental, *B. papyrifera* o

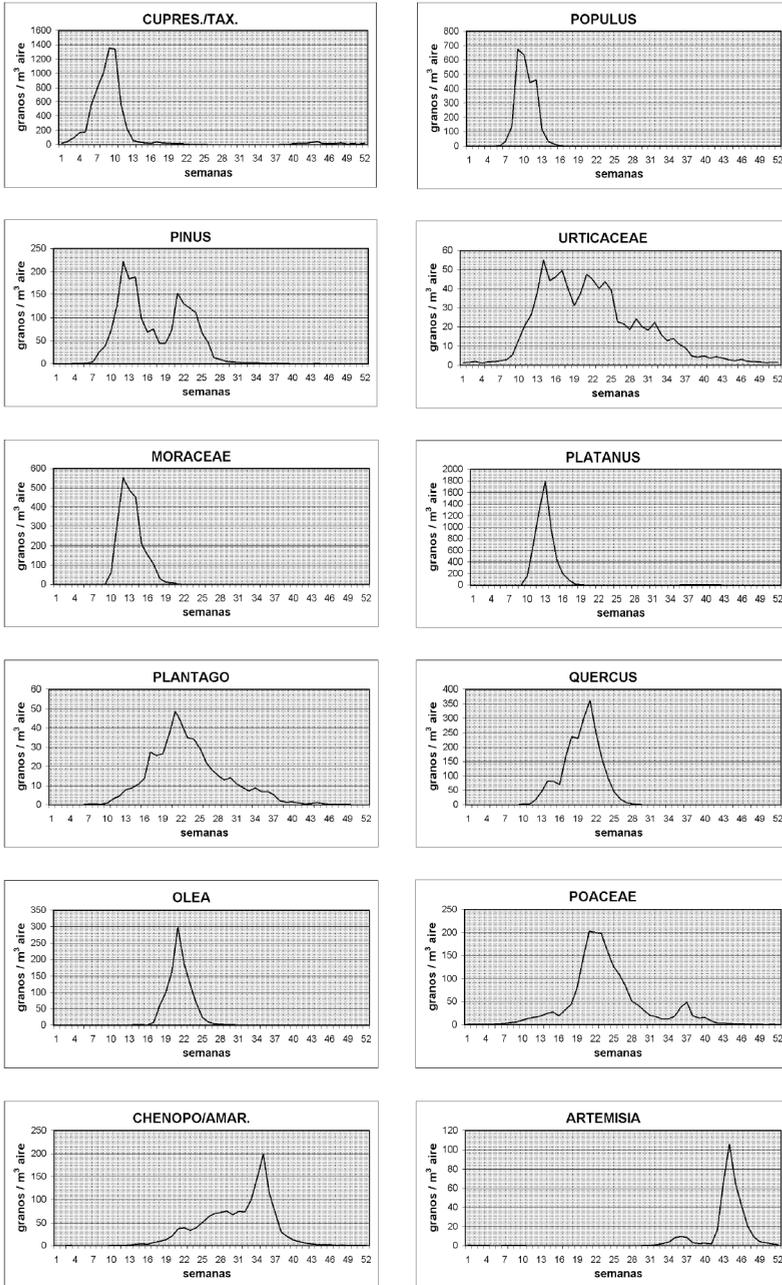


Figura 6.6- Gráficos correspondientes a los táxones mayoritarios.

morera de papel y al segundo, diversos tipos de moreras. El polen de *Morus*, se ha citado como alergizante en escasas ocasiones.<sup>32</sup> Así mismo, se ha señalado *B. papyrifera* como desencadenante de procesos alérgicos.<sup>33</sup>

*Populu* es otro de los táxones con concentraciones elevadas pero con un periodo de polinización muy corto, que desarrolla entre Febrero y Abril. Su capacidad alergénica ha sido reconocida por diversos investigadores<sup>34</sup> y se han descrito numerosos casos de reactividad cruzada con *Salix*.

Poaceae, es el primer responsable de polinosis en nuestro entorno. No se detectan valores muy elevados, aunque tiene una presencia atmosférica muy prolongada, encontrándose desde finales de Marzo hasta finales de Octubre, con valores máximos en Junio. Es la causa primordial de polinosis en Zaragoza así como en buena parte de España. La alergenicidad de esta familia ha sido profusamente estudiada y se han identificado hasta doce subfamilias de alergenos, siendo los más estudiados los de *Lolium perenne* y *Phleum pratense*.<sup>35</sup>

Chenopodiaceae/ Amarantaceae, empieza a aparecer a finales de Abril-principios de Mayo y se detecta hasta Septiembre-Octubre. Este tipo polínico se encuentra incluido entre los seis tipos polínicos principales productores de alergia entre la población española, según la Sociedad Española de Alergia e Inmunología Clínica, siendo Lérida y Zaragoza las ciudades españolas que registran concentraciones más elevadas. Son importantes las reacciones cruzadas que puede presentar con otros tipos polínicos como Olea y Gramíneas.<sup>36</sup> Se le encuentra desde mediados de Abril, presenta un pico bruscamente elevado en la semana 35 para descender bruscamente a continuación, suele durar su periodo de polinización unas ocho a nueve semanas.

*Quercus*: se detecta en la atmósfera desde principios de Abril hasta finales de Junio, presenta un periodo largo de permanencia en la atmósfera debido a que agrupa diversas especies. Debido a esto y a que presenta reactividad cruzada con abedul, castaño, olea y gramíneas, la polinosis que origina se prolonga. La moderada alergenicidad que induce este tipo polínico se debe al elevado grado de polimorfismo que existe entre las proteínas de la pared de los pólenes de las diferentes especies de *Quercus*.<sup>37</sup>

*Pinus*: presenta un gráfico alargado debido a las diferentes especies que engloba y que tienen momentos distintos de floración. Son árboles que producen mucho polen, que para facilitar su dispersión, los granos están dotados de vesículas aeríferas. Con una media anual de casi 2000 granos/m<sup>3</sup> de

aire, ha tenido un comportamiento irregular, desde 550 granos/m<sup>3</sup> de aire, en el año 2006 hasta los 4.600 en 1998. Se ha citado su capacidad alergénica por varios autores, aunque todos coinciden en que provoca escaso número de sensibilizaciones por su gran tamaño y bajo contenido proteico.<sup>38</sup>

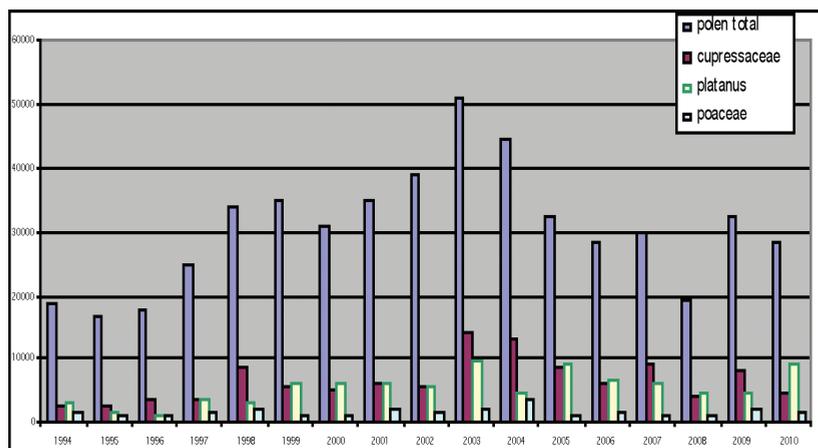
*Urticaceae*: incluye los géneros *Urtica* y *Parietaria*. Siempre con niveles bajos, el polen de la familia *Urticaceae*, se detecta en los muestreos a lo largo de casi todo el año, aunque es entre Marzo y Octubre cuando se detecta más significativamente. Del periodo considerado, solo cinco años se detectaron niveles superiores a los 1000 granos anuales. Tiene una capacidad alergénica considerada como una de las más altas del Mediterráneo<sup>39</sup>. *Parietaria judaica* presenta reactividad cruzada con *P. officinalis*<sup>40</sup> y *Morus alba*.<sup>41</sup>

*Olea*, solo una especie, *O europae* L., incluye este género que florece en nuestro entorno entre principios de Abril y finales de Junio. No se detectan altos valores de este tipo polínico, una media de poco más de 1000 granos/m<sup>3</sup> anuales y con una gran variación interanual. Tiene gran capacidad alergénica, siendo la principal causa de polinosis en algunas ciudades mediterráneas. Puede presentar reactividad cruzada con otras especies de la familia *Oleaceae*.<sup>42</sup>

*Plantago* es otro de los cinco tipos polínicos correspondientes a plantas herbáceas que se registran en proporción superior al 1% en nuestro entorno. La gráfica que registra la media de sus concentraciones semanales, en el periodo 1994-2010, muestra una presencia en la atmósfera prolongada, desde mediados de Abril hasta finales de Agosto. Su comportamiento ha sido regular habiéndose apreciado un notable descenso en los últimos seis años. En el sentido alergológico, hay que destacar que es rara la monosensibilización y lo más común es que se presente también sensibilización a otros alérgenos, sobre todo a polen de gramíneas.<sup>43</sup> Parece que las personas con alergia a frutas y vegetales, presentan mayor predisposición de sensibilización a *Plantago*.<sup>44</sup>

*Artemisia*, tiene una significación media de 1,2% del total polínico anual, es el último tipo polínico que aparece en el año. Se detecta desde finales de Agosto o principios de Septiembre, hasta finales de Noviembre. Siempre presenta niveles bajos presentando su semana de máxima concentración como un pico repentino. Presenta grandes variaciones interanuales. Su carácter alergénico, se ha citado en numerosos estudios, con reactividad cruzada entre diversas especies del género<sup>45</sup> así como con especies de otros géneros de la familia *Asteraceae*.<sup>46</sup>

El gráfico de la figura 6.7, representa la evolución a lo largo del periodo 1994-2010, la concentración media anual de polen total comparativamente con los dos táxones que más altos niveles han registrado: Cupresaceae/Taxaceae, *Platanus* y con *Poaceae* por ser la principal causa de polinosis en Zaragoza. En este gráfico se aprecia la variabilidad interanual con registros muy elevados en los años 2003 y 2004 y la total correlación con las concentraciones de *Cupressaceae/Taxaceae*.



**Figura 6.7-** Gráfico comparativo de la concentración de polen total y los táxones: Cupressaceae/Taxaceae., *Platanus* y *Poaceae*.

La significación porcentual de los diversos tipos polínicos que superan el 1% del total, se muestra en la tabla 6.1. Dado su alto carácter alergológico, se incluye también *Betula* que no llega al 1% en ninguno de los años estudiados.

Se han ordenado los tipos polínicos de modo decreciente ocupando el primer lugar *Cupressaceae/Taxaceae* que representa más del 22% y el último, excluyendo *Betula*, que solo supone el 0,7% del total, sería *Artemisia* con un 1,2%.

TIPOS POLÍNICOS	MEDIA ANUAL	%
CUPRESSACEAE/TAXACEAE	6933	22,5
PLATANUS	5673	18,4
MORACEAE	3080	10,0
POPULUS	2564	8,3
QUERCUS	2172	7,1
PINUS	1950	6,3
POACEAE	1891	6,2
CHENOP/AMARANT.	1482	4,8
OLEA	1054	3,4
URTICA	897	2,9
PLANTAGO	503	1,6
ARTEMISIA	383	1,2
BETULA	207	0,7
<b>TOTAL</b>	<b>30748</b>	<b>93,6</b>

**Tabla 6.1-** Significación porcentual de diversos tipos polínicos.

## 7. CALIDAD BIOLÓGICA DEL AIRE

La calidad del aire, se establece de acuerdo a una serie de parámetros que hacen referencia a los contaminantes existentes. Hay diversas leyes, tanto a nivel nacional como a nivel Europeo, que hacen referencia a la calidad del aire. La Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, constituye la normativa de referencia en materia de calidad del aire en Europa.

Aparte de los contaminantes químicos, se debe tener también en cuenta los biológicos, referentes a pólenes y esporas de hongos ya que influyen en la salud y el bienestar de la población. De este modo, podemos hablar de la «*calidad biológica del aire*» concepto que tendría en cuenta, además del contenido polínico, ya sea bajo, medio o alto, la presencia conjunta de varios táxones con capacidad alergógena, estableciendo varias categorías que permitan dar una información valiosa para aquellas personas polisensibilizadas.

La Red Española de Aerobiología, en su Manual de Calidad,<sup>47</sup> ha establecido una clasificación en este sentido, que se transcribe a continuación:

- **Buena**, cuando los tipos polínicos presentes en el aire se encuentran en niveles de concentración polínica bajos;
- **Aceptable**, si las concentraciones de granos de polen son bajas para la mayoría de tipos polínicos, pero alguno de ellos presenta un mayor potencial alergógeno (ciprés, olivo, plátano, abedul, gramíneas); o son moderadas pero se trata de tipos polínicos de baja capacidad alergógena.
- **Regular**, si las concentraciones de granos de polen de tipos con un mayor potencial alergógeno, se encuentran dentro de categorías moderadas, o cuando están próximas a moderadas pero están presentes al mismo tiempo dos tipos polínicos o más, de elevado potencial alergógeno
- **Mala**, siempre que alguno de los tipos de mayor potencial alergógeno, esté presente en concentraciones altas, o cuando existan concentraciones moderadas de dos tipos polínicos de elevado potencial alergógeno de forma simultánea. Esta situación suele ocurrir en algunos periodos concretos del año en el sur de la Península Ibérica, como principios de primavera, cuando coexisten aún concentraciones moderadas de ciprés y se inicia la floración de plátano de sombra o en primavera tardía cuando se retrasa la floración de las gramíneas y su pico coincide con la curva de floración del olivo.

## 8. INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

La gran importancia que han cobrado los estudios del polen atmosférico, debido a su implicación en distintos campos, ha hecho que surja la necesidad, lo mismo que ha ocurrido en otros campos científicos, de aunar esfuerzos y poner en común las experiencias de los investigadores. Fruto de esta necesidad es el nacimiento de redes de trabajo y de asociaciones a distintos niveles: regional, nacional e internacional.

La Aerobiología fue incluida como una de las disciplinas del Programa Internacional de Biología durante el Primer Congreso Mundial de fitopatología, que tuvo lugar en Londres en 1968

La *Primera Conferencia Internacional de Polen*, se organizó en Tucson, Arizona, en 1962, por Gerhard O.W. Kremp. Siguió la Segunada Conferencia en Utrecht en 1966 y la tercera en Novosibirsk en 1971. En la Cuarta Conferencia, en Lucknow, en 1974 la asamblea General aprobó la constitución de la *International Commission for Palynology* (ICP). Los componentes asociados fueron 16.

En 1984, en la reunión que tuvo lugar en Calgary, la ICP se transformó en la Federación Internacional de Sociedades de palinólogos (IFPS), y los encuentros pasan a denominarse «*International Pollen Congresses*». Sus objetivos son los de avanzar en el conocimiento de la palinología y en temas relacionados con la promoción internacional de reuniones periódicas entre palinólogos de todos los países y regiones. La IFPS publica, con periodicidad irregular, el *Anuario Mundial de palinólogos* y el boletín *PALYNOS* dos veces al año

Por otra parte, el 11 de Septiembre de 1974 nace la Asociación Internacional de Aerobiología (I.A.A) que actualmente cuenta con unos 800 asociados, está administrada por un Consejo y un Comité Ejecutivo. Celebra Congresos Internacionales cada cuatro años y publica el *Boletín Internacional de Aerobiología* dos veces al año. Esta asociación encuadra a todos los investigadores interesados en el estudio de microorganismos y partículas biológicas que se transmiten pasivamente a través del aire.

Más tarde, en el tercer Congreso de la I.A.A. que tuvo lugar en Suiza en 1986, se decidió la creación de las asociaciones EAN (European Aeroallergen Network) y EPI (European Pollen Information), con sede en

la Universidad de Viena, en HNO-klinik. Se encargan de recoger los datos que envían las estaciones asociadas y mantener un banco de datos actualizado, con el fin de ponerlo a disposición de los científicos, en su mayoría aerobiólogos, para establecer estadísticas y tendencias de la distribución del polen. Actualmente hay 600 estaciones distribuidas en 28 países. La EAN/EPI es una rama técnica de la Sociedad Europea de Aerobiología (EAS) cuya misión es realizar estudios sobre el contenido de granos de polen y esporas en el aire, ofreciendo la posibilidad de tomar medidas preventivas en los casos de alergias polínicas en Europa.

La EPI mantiene una página web donde se ofrece al público, en mapas de distribución, la información de las concentraciones polínicas actuales en cada uno de los países. También envía información por televisión, vía satélite.

Otras asociaciones internacionales que pueden citarse son:

**NPARU** Nacional Pollen and Aerobiology Research Unit. University of Worcester.UK,

**AIA** (Assoziacione Italiana de Aerobiologia)

**PAAA** (Pan-American Aerobiology Association),

Aerobiologian yksikkö. (Finlandia)

En España, existen actualmente dos grandes redes nacionales que tienen estaciones de trabajo distribuidas por todo el territorio nacional: la REA (Red Española de Aerobiología) y el Comité de Aerobiología de la SEAIC (Sociedad Española de Alergología e Inmunoalergología Clínica). Esta última, viene realizando recuentos de pólenes de un modo ininterrumpido desde 1978 y cuenta con unas 23 estaciones. Mantiene una página web con información tanto para profesionales como para el público en general.

La Red Española de Aerobiología (REA), se creó en 1992 durante una reunión en Zuheros (Córdoba). Se reunieron representantes de los distintos grupos de trabajo, que venían realizando estudios de Aerobiología con anterioridad, en distintos puntos de monitorizaje, y además contó con la asistencia de investigadores de otros países. Su intención fue la de trabajar coordinados y crear una base de datos que recogiera la información de las estaciones existentes y de las que pudieran agregarse posteriormente. Esta Red se encuentra asociada en la EAN/EPI a la que manda semanalmente los datos recogidos en todas las estaciones que integra, contribuyendo de este modo al mantenimiento del banco de datos. Actualmente son 50 los

puntos de muestreo que forman esta red nacional. Tiene establecido unas normas de trabajo, recogidas en un manual de calidad, de modo que los datos son homologables a nivel internacional.

La REA mantiene una página web con información de libre acceso en la que se muestran diariamente los niveles de polen a nivel nacional así como una predicción. Se ofrece además una información restringida.

Se puede comentar que aquellos estudios que iniciaron unos investigadores de manera aislada y con medios rudimentarios, fueron la semilla del gran auge alcanzado por una disciplina, que une los esfuerzos de científicos pertenecientes a los más diversos países con un interés común: la **Aeropolinología**

## 9. APLICACIÓN DEL ESTUDIO DEL POLEN EN DISTINTOS CAMPOS

El estudio del polen atmosférico corresponde a la Aeropolinología, rama de la Aerobiología de la que se desligó a raíz de la definición dada por Hyde en 1952 quien la define como «la línea de investigación que centra sus estudios en la concentración de polen y esporas de hongos presentes en la atmósfera, fundamentalmente para ayudar a la Medicina en el campo de las alergias»<sup>48</sup>. Más tarde, en los años 70, Gregory dio un enfoque nuevo y la define como: la ciencia que se ocupa del estudio de toda partícula viable o no viable que es transportada pasivamente por el viento. Pathirane (1975) la describe como la ciencia que se ocupa de la liberación, retención, transporte, deposición e incidencia atmosférica de polen, esporas y otros microorganismos aerovagantes.<sup>49</sup> No obstante, según otros autores la definición se ampliaría a otras partículas no bióticas.

Pero no solo es la Medicina el campo de interés del polen atmosférico, sino que hay otros campos también en los que tiene aplicación. Podemos citar, entre otros:

*Paleontología*, la gran resistencia de la exina hace que se puedan encontrar granos de polen fosilizados con su cubierta perfectamente conservada que pueden aportar datos de la vegetación en otras épocas.

*Botánica*, los hallazgos polínicos son indicadores de la fenología floral de las plantas anemófilas por lo que los datos históricos de las concentraciones polínicas se pueden utilizar para estudios fenológicos. Por otra parte, la presencia de diversos tipos de polen, puede dar una idea de los cambios de vegetación en una determinada zona y la invasión por plantas altamente peligrosas por su alergenicidad. Cabe destacar el avance de la polinosis debida a *Ambrosia* en entornos que hace unas décadas era desconocida o la aparición de polinosis debida a *Olea* en lugares del centro de Europa.

Con relación al *Medio Ambiente*, los granos de polen son elementos polutantes, por lo que dan idea de la contaminación ambiental, por eso la concentración polínica es un indicador de la calidad del aire.

Hay que reseñar, que el cambio climático ha provocado un inicio más temprano de la temporada de polen primaveral en el hemisferio norte por lo que sería razonable pensar que las enfermedades alérgicas causadas por el polen, como la rinitis alérgica, hayan experimentado un cambio concomitante. El cambio en la polución y el nivel de aeroalergenos, según la Organización Mundial de la Salud, sería una de las consecuencias del Cambio Climático, aunque habría que hacer monitorizajes continuos para llegar a conclusiones definitivas.

En *Jardinería*, tiene interés porque proporciona información para poder planificar la ornamentación urbana, en cuanto a la vegetación de nuestros parques y jardines evitando las especies alergógenas.

En *Agricultura*, los registros del polen detectado durante la época de la floración sirven para hacer predicciones acerca de la cosecha. Al término de la estación polínica, con el total polínico detectado de la especie que interesa y mediante fórmulas predictivas, se puede hacer una estimación del fruto que se va a recoger. En este sentido se han realizado estudios sobre cosechas de bellota, aceituna y uva. Este es un campo muy interesante por las previsiones que permite en cuanto a planificación de recolección.

*En palinología forense*, es utilizada como último recurso cuando han falla-

do otras técnicas y hay que recurrir al estudio de los restos microscópicos de la víctima o del homicida.<sup>50</sup>

No obstante es en *Medicina*, en el campo de las alergias donde el estudio del polen atmosférico juega un papel preponderante dado el incremento de las enfermedades alérgicas en las últimas décadas. La polinosis es un problema de salud importante en los países industrializados que ha experimentado un importante incremento últimamente

La polinosis afecta a la calidad de vida de la persona que la padece, siendo causa importante de absentismo laboral con la consiguiente repercusión económica, por consiguiente, es importante una actuación preventiva, en la que los estudios de polen atmosféricos, pueden suponer una gran ayuda.<sup>51</sup>

Observando la importancia de los estudios del polen atmosférico en tan diversos

campos, se concluye que se trata de estudios interdisciplinarios, que deben ser abordados desde distintos puntos de vista y que es necesario aunar los esfuerzos y el conocimiento de todas las áreas implicadas, apoyando y fomentando la investigación en este apasionante campo.

He dicho



## BIBLIOGRAFIA

---

- 1,2, 11 Jato, V., Iglesias,I., Aira,M.J. (2001) *Atlas de Polen Alergógico*. Xunta de Galicia.
- 3 Strasburger E.,Noll F.,Schenck H. and Schimper A.F.W. (1997). *Tratado de Botánica*. Ed. Omega
- 4 Fritzsche, J (1837): *Uber den Pollen*. Mém, Sav.Etrang.Acad.Sc.St.Petersburg,
- 5 Faegri,K. (1956) *Recent trends in Palynology*. Bot. Rev. 22:639-644.
- 6 Erdtman,G. (1952) *Pollen Morphology and plant Taxonomy. Angiosperms*. Almquist and Wiksell, Estocolmo.
- 7 Wodehouse, R.P., (1935) *Pollen grains*. Magner Publishing Company. New York and London.
- 8 Erdtman, G. (1971) *Pollen Morphology and Plant taxonomy*. Hafner publishing Company, Nueva York.
- 9 Hyde,H.A., Adams,K.F. (1956) *An atlas of airborne pollen grains*. Ed. Macmillan. London and New York.
- 10 Suarez-Cervera, M., Saa Otero M<sup>a</sup> P., R. Gracia, V.(1996) *Atlas de Polen de Galicia*. Diputación Provincial de Orense.
- 12 Saenz, C. (1978) *Polen y Esporas*. Ed Blume, Madrid.
- 13 Trigo Pérez, M.M., Melgar Caballero, M., García Sánchez, J., Recio Criado, M., Docampo Fernández, S., Cabezudo Artero, b. (2007). *El polen en la atmósfera de Vélez-Málaga*. Concejalía de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Vélez-Málaga.
- 14 Behrendt H.,Becker W.Localización, Liberación y Biodisponibilidad de los Alergenos del Polen: Influencia de los Factores Ambientales. *Immunology* 13:709-715, 2001.
- 15 D'Amato G. *Airborne paucimicronic allergen-carrying particles and seasonal respiratory allergy*. *Allergy* 2001; 56: 1109-11.
- 16 Bousquet j, Van Cauwenberge P, Khaltaev N. *Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma*. *J Allergy Clin Immunol* 2001;5(Suppl.):S147-S334.
- 17 Bauchau V, Durham SR. *Prevalence and rate of diagnosis of allergic rhinitis in Europe*. *Eur Respir J*. 2004;24:758-64.
- 18 G. D'Amato. *Urban pollution and plant-derived respiratory allergy*. *Clin Exp Allergy* 2000; 30: 628-36.

- 19 J Bartra, J. Mullol, A, del Cuvillo, I. Dávila, M Ferrer, I Jáuregui, J Montoro, J Sastre, A Valero. *Air pollution and allergens* Allergy Unit, Service of Pneumology and Respiratory Allergy, Hospital Clinic (ICT), Investig Allergol Clin Immunol 2007; Vol. 17, Suppl. 2: 3-8 Barcelona, Spain.
- 20 Armentia, A., Martín, G., Fernández ,S., (2007) *Polinosis II*, Ed. MRA ediciones S.L.
- 21 Van Vliet AJH, Overeem A, de Groot RS, Jacobs AFG, Spieksma FTM. *The influence of temperature and climate change on the timing of pollen release in the Netherlands*. Int. J. Climatol. 2002;22:1757–1767.
- 22 Schneiter D, Bernard B, Defila C, Gehrig R. *Effect of climatic changes on the phenology of plants and the presence of pollen in the air in Switzerland*. Allerg Immunol (París). 2002 Apr;34 (4):113-6. Frenc.
- 23 Garcia-Mozo H, Galan C, Jato V. *Quercus pollen season dynamics in the Iberian Peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change*. Ann Agric Environ Med. 2006;13:209–24.
- 24 Ogden EC, Raynor GS, Hayes JV (1974) *Manual for sampling airborne pollen*. Nueva York; Hafenr press.
- 25 Kvittingen, J. and Mauseth, O. (1967), *The rotorod sampler* Acta Pathologica Microbiologica Scandinavica, 69: 77–82. doi: 10.1111/j.1699-0463.1967.tb05128.x
- 26 Cour P. (1974) *Nouvelles techniques de detection des flux et des retombéespolliniques:Etude de la sedimentation des pollens et des espores a la surface du sol*. Pollen et espores 16:103-141
- 27 Bermejo Ramos, D. (1993) *Tesis doctoral Estudio del polen atmosférico de Zaragoza y su reflejo en la dispensación de vacunas específicas antialérgicas*. Universidad de Pamplona.
- 28 Galán Soldevilla, C., Cariñanos Gonzalez, P., Alcázar Teno, P., Domínguez Vilches, E. 2007. *Manual de calidad y gestión de la Red Española de Aerobiología*, ed. Universidad de Córdoba.
- 29 Belmonte, J., Roure, J.M 1992 *Calendario polínico tipo para la ciudad de Barcelona*. Alergol.Inmunol.Clin. 7(2): 30.
- 30 D´Amato, G., Liccardi, G. 1994 *Pollen related allergy in the European Mediterranean area*. Clin. Exp. Allergy, 24:210-219.
- 31 Varela,S., Subiza, J., Subiza, J.L., Rodríguez, R., García, B.,Jerez, M. Jiménez, J.A., Ponzoni, R. 1997. *Platanus pollen as an important cause of pollinosis*. J. Allergy Clin. Imm. 100(6):748-754.
- 32 Navarro, A. M., Orta, J. C.,Sánchez, M.C., Delgado, J., Barber D., Lombarder, M. 1997. *Primary sensitization to Morus alba*. Allergy, 52(11):1144-1145.

- 33 Zamborin, M. Icorvaia, C. *A case of pollinosis to Broussonetia papyrifera*. Allergy 2004 Cot:59 (10) 1136-7
- 34 Domínguez, E., Ubera, J.L., Galán, C. (1984) *Polen alergógeno de Córdoba*. Publicaciones del Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Ronda. Córdoba.
- 35 Kahn CR, Marsh DG. *Monoclonal antibodies to the major Lolium perenne (rye grass) pollen allergen Lol p I (Rye I)*. Mol. Immunol. 1986 Dec;23 (12):1281-8
- 36 Galán, C. et al. (1989). *Allergy to pollen grains from Amaranthaceae and Chenopodiaceae in Córdoba, Spain. Annual and daily variation of pollen concentration*. Ann. Allergy, 23:435-438.
- 37 Kornuták, A. and Ostrolucká, M.G. (1992).-*Serological properties of the pollen proteins in some Quercus species*. Biología (Bratislava) 47 (4):281:285.
- 38 Armentia et al., (1990). *Allergy to pine pollen and pinon nuts: a review of three cases*. Ann. Allergy , 64:69-53.
- 39 Sabbah, A. (1998) *Specific Immunotherapy using allergens apropos of specific immunotherapy by the sublingual route*. Aller. Immunol., 30:221-228.
- 40 D´amato , G. (1998). *Parietaria: un polline d´attualità*. Ari, Ambiente e salute, 2:10-12 Zamborin, M., Icorvaia, C. 2004.
- 41 Corbi, A.L., Pelaez, A., Errigo, E, Carreira, J. (1985). *Cross-reactivity between Parietaria judaica and P. officinalis*, Ann. Allergy, 54: 142-147.
- 42 Pajaron, M.J., Vila, L., Prieto, I, Resano, A., Sanz, M.L., Oehling, A.K. (1997). *Cross-reactivity of Olea-europaea with other oleaceae species in allergic rhinitis and bronchial-asthma*. Allergy, 52(8):829-835.
- 43 Watson, H.K., Constable, D.W. (1991). *Allergenic significance of Plantago pollen*. En G. D´Amato, F. Th. M. Spieksma.
- 44 García, J.C., Cosmes, P., López, A. (1995 ) *Melon sensitivity shares allergens with Plantago and grass pollens*. Allergy, 50(3):269-273.
- 45 Katial, R.K., Ling, F.L., Stafford, W.W., Ledoux, R.A., Westley, C.R., Weber, R.W. (1997). *Mugwort and sage (Artemisia) pollen cross-reactivity: ELISA inhibition and immunoblot evolution*. Ann. Allergy Asthma Immunol, 79(4):340-346.
- 46 Fernández, C., Martín-Esteban, M., Fiandor, A., Pascual, C., López Serrano, C., Martínez, F., Díaz-Pena, J.M., Ojeda, J.A. 1993 *Analisis of crossreactivity between sunflower pollen and other pollens of the Compositae family*. J. Allergology Clin. Immunol, 92(5):660-667.
- 47 Galán Soldevilla, C., Cariñanos Gonzalez, P., Alcázar Teno, P., Domínguez Vilches, E. (2007). *Manual de calidad y gestión de la Red Española de Aerobiología*, ed. Universidad de Córdoba.
- 48 Hyde, H. A. (1952). *Studies in atmospheric pollen. V. A. daily census of pollen at Cardiff for six years 1943-1948*. New Phytol, 51: 193-281.

- 49 PATHIRANE, L. (1975). *Aerobiological literature in scientific periodicals*. **Grana**, 15: 145-147.
- 50 Bryant, V.M., Jones, G.D. (2006). *Forensic palynology: Current status of a rarely used technique in the United States of America*. *Forensic Science*. 163:183-197.