

PARÁMETROS METEOROLÓGICOS QUE REGULAN LA PRESENCIA DEL POLEN EN EL AIRE

F. J. González Minero*, P. Candau* & A. Marroquín**

* Dpto. Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla.

** Centro Meteorológico de Extremadura.

EL POLEN Y SUS CARACTERÍSTICAS

En sentido amplio, el polen uninucleado es la última célula esporofítica, en tanto que el polen pluricelular es el gametofito masculino de las plantas con flores o Espermatofitas. El grano de polen se origina por meiosis en los sacos polínicos dentro de las anteras que forman parte de los estambres o parte masculina de la flor. El polen está compuesto por una parte viva que dará lugar a los gametos y el tubo polínico) y por una envoltura externa resistente, variable e inerte (esporodermis) que protege a las células vivas. La esporodermis está formada por una pared interna de celulosa (intina) y por una pared externa (exina) cuyo componente principal es la esporopolenina. La presencia de esporopolenina confiere al polen una extraordinaria resistencia a la degradación química y biológica, incluso después de permanecer enterrado o sumergido durante miles de años. Las características de polen (forma, tamaño, simetría, polaridad, aperturas y ornamentación), distinguibles al microscopio, hacen posible la identificación de la planta productora.

POLINIZACIÓN ANEMÓFILA

Mediante el proceso conocido como polinización, los granos de polen son transportados desde los estambres al gineceo o parte femenina de la flor, paso previo a la fecundación y formación de la semilla. En la polinización pueden intervenir como vehículos los insectos (entomofilia), el agua (hidrofilia) y el viento (anemofilia). La anemofilia, de gran interés en el capítulo que nos ocupa, se presenta en un número no muy elevado de especies de espermatofitas. A parte de las gimnospermas (casi todas anemófilas), sólo un 10% de las familias de angiospermas muestran adaptaciones dirigidas al transporte de polen por el viento; flores desnudas y poco llamativas, estambres sobresalientes sobre las piezas florales, floración anterior al desarrollo de las hojas y producción de grandes cantidades de polen por antera (*Lolium perenne*, una gramínea, produce 5.400 granos por antera, *Fraxinus* 12.500 y *Rumex* 30.000)⁽¹⁾. La anemofilia, a pesar del carácter en cierto modo aleatorio de su éxito, está bastante extendida en regiones de clima templado. Las principales plantas total o parcialmente anemófilas son: Plátanos de sombra (*Platanus hybrida*), olmos (*Ulmus sp.*), moreras (*Morus sp.*), ortigas (*Urtica sp.* y *Parietaria sp.*), encinas (*Quercus sp.*), alisos (*Alnus sp.*), abedules (*Betula sp.*), acederas (*Rumex sp.*), cenizo (*Chenopodium sp.*), sauces (*Salix sp.*), olivo (*Olea europaea*), fresnos (*Fraxinus sp.*), llantén (*Plantago sp.*), compuestas anemófilas (*Artemisia sp.* y *Ambrosia sp.*) y gramíneas (*Poaceae*).

PALINOLOGÍA Y AEROPALINOLOGÍA

La palinología es la ciencia que se dedica al estudio del polen. Es una disciplina muy extensa vertebrada por numerosas líneas de investigación englobadas en dos ramas principales: la paleopalinología y la actuopalinología. La primera analiza el

polen fósil encontrado en los sedimentos, a partir del cual se puede reconstruir el clima y vegetación de tiempos pasados. La actuopalinología estudia las distintas facetas del polen contemporáneo, a la misma pertenece la palinología taxonómica (intenta establecer grupos de plantas afines basándose en datos polínicos), melitopalinología (caracteriza el origen y grado de calidad de las mieles analizando el polen de las mismas) y aeropalinología (se dedica a la identificación y cuantificación de los palinomorfos transportados por las masas de aire y al estudio de las condiciones meteorológicas que regulan su presencia en la atmósfera).

Los recuentos polínicos atmosféricos tienen numerosas aplicaciones: a) Alergología (se obtiene una terapia más efectiva, conociendo el polen causante de los trastornos alérgicos); Agronomía (es posible estimar la potencialidad de la futura cosecha sobre la base de la cantidad de polen recogido durante el período de polinización de un cultivo); Criminología (se pueden reconstruir movimientos de personas y objetos en función de pólenes diferenciales impregnados en los mismos) y Medio ambiente (cambios en la composición en el espectro polínico atmosférico reflejan cambios en la flora, introducción o destrucción de especies botánicas inducidos por el hombre, repoblaciones, talas, incendios o posibles cambios climáticos).

Éstas son algunas de las grandes posibilidades que presenta la Aeropalinología en la actualidad, y por sí solas, constituyen el argumento que nos ha llevado a elaborar este artículo (continuación del aparecido hace unos años en el Calendario Meteorológico de 1993⁽²⁾) en el que analizamos la influencia de los factores meteorológicos sobre la presencia del polen en el aire. En el mismo recogemos hechos aparecidos en la bibliografía científica y comentamos experiencias (publicadas o no) fruto de nuestro trabajo, o relacionado con otros grupos de investigación. Las ilustraciones gráficas que se presentan, corresponden a los datos del muestreo aeropalínológico del aire de Huelva, una de las 8 localidades de Andalucía Occidental y Extremadura que venimos estudiando desde 1987.

FACTORES METEOROLÓGICOS QUE REGULAN EL INICIO DE LA POLINIZACIÓN

Algunos autores piensan que el inicio de la polinización (y consecuentemente de la floración) está regulado conjuntamente por la temperatura y las precipitaciones. Nuestra experiencia, acumulada hasta el momento, quita protagonismo a la lluvia como desencadenante del inicio de la polinización, en tanto que da una prioridad manifiesta a la temperatura, como se intenta demostrar con los resultados que se exponen a continuación.

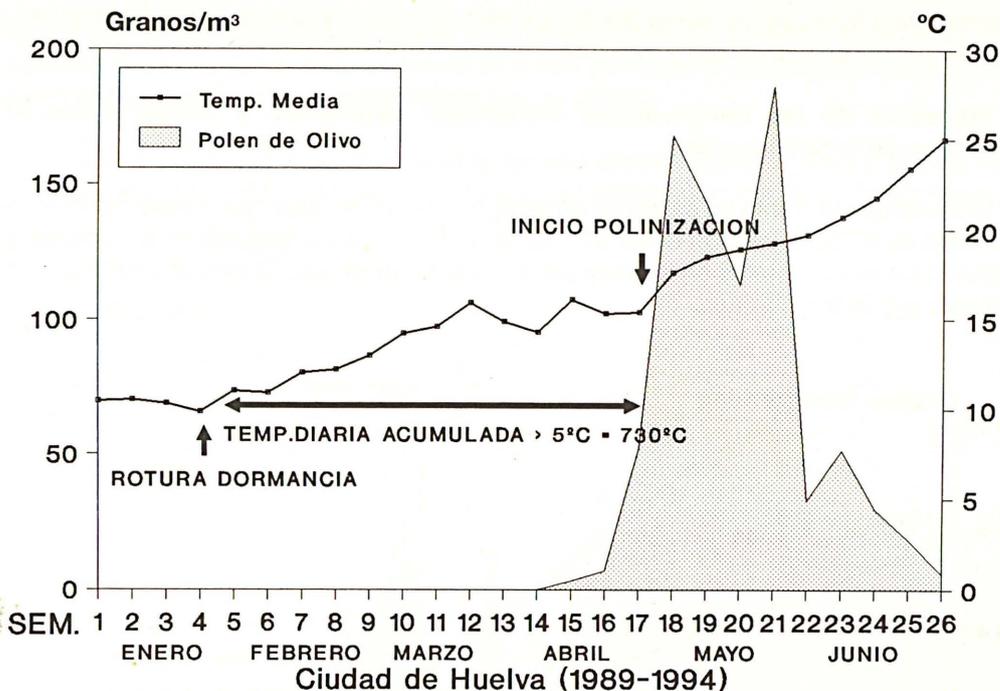


Figura 1. Semana de salida de la dormancia y semana del inicio del periodo de polinización principal del olivo (construida a partir de 6 años de observaciones).

Influencia sobre el comienzo de la polinización de los grados-día acumulados:

En las regiones de clima templado, las plantas leñosas entran en un período de inactividad vegetativa conocido con el nombre de dormancia. Este período suele coincidir con los meses invernales en lo que se acorta el fotoperíodo y se registran las temperaturas más bajas del año. No existe seguridad plena del momento en el que se produce la rotura de la dormancia en las yemas, si bien nuestras observaciones sitúan cronológicamente el fin de la misma en aquella semana de enero o comienzos de febrero, en la que se registra la temperatura media semanal más baja del año. A partir de la salida del letargo vegetativo, las plantas comienzan a acumular grados-día por encima de un umbral, y cuando han recibido una cantidad de calor (grados-día) determinada, florecen y polinizan. Por ejemplo, el olivo poliniza en Andalucía Occidental cuando ha recibido 730°C, grados-día acumulados (3), para un umbral de 5°C. Esta cantidad de calor se conoce genéricamente como Energía Térmica Disponible (ETD), es decir calor acumulado aprovechable por la planta. El umbral de temperatura a partir del cual se produce la acumulación térmica, y el valor de ETD, varían en función de la especie arbórea y la región geográfica de que se trate. La ETD se mantiene constante y cercana a un valor medio obtenido tras varios años de estudios, que ganan en precisión a medida que se disponen de mayor cantidad de datos. Este concepto se representa gráficamente en la Figura 1, en la que se señalan con sendas flechas las semanas de rotura de dormancia y de comienzo del período de polinización principal. En distintos trabajos científicos, se ha comprobado que este modelo predictivo es válido para fres-

trabajos científicos, se ha comprobado que este modelo predictivo es válido para fresnos, alisos, chopos, avellano y abedules.

Influencia de las temperaturas mensuales, semanales y diarias sobre el comienzo de la polinización:

Una vez que la planta ha salido de su letargo vegetativo y durante el período de acumulación de ETD, se inicia el desarrollo de las yemas florales, seguido de la floración y maduración de las anteras en los días previos a la polinización. Todo este proceso está regulado por la temperatura.

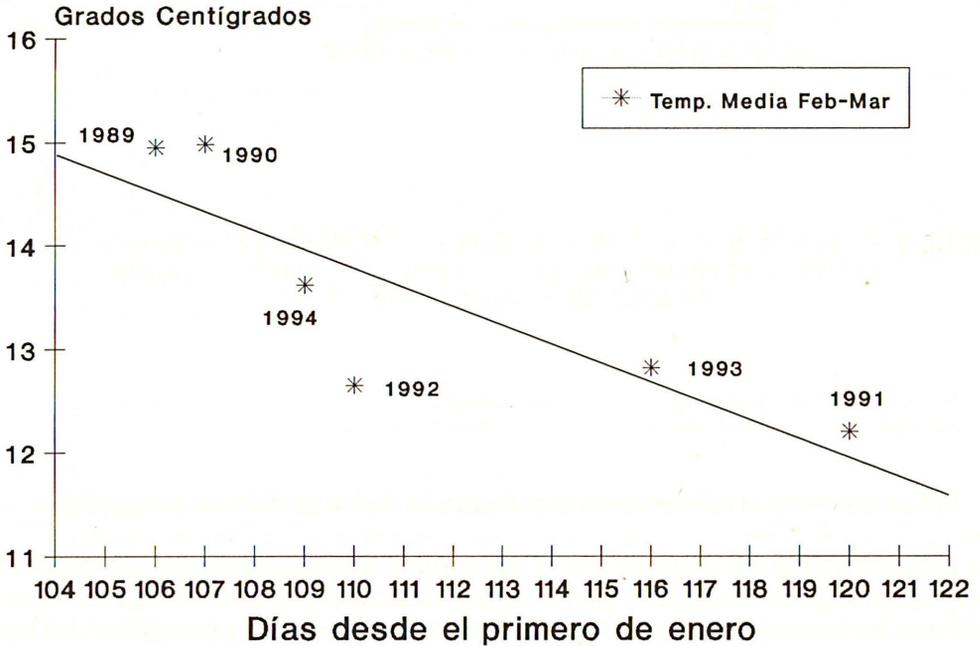


Figura 2. Relación entre la media de la temperatura media de febrero y marzo y el día de comienzo del período de polinización principal del olivo.

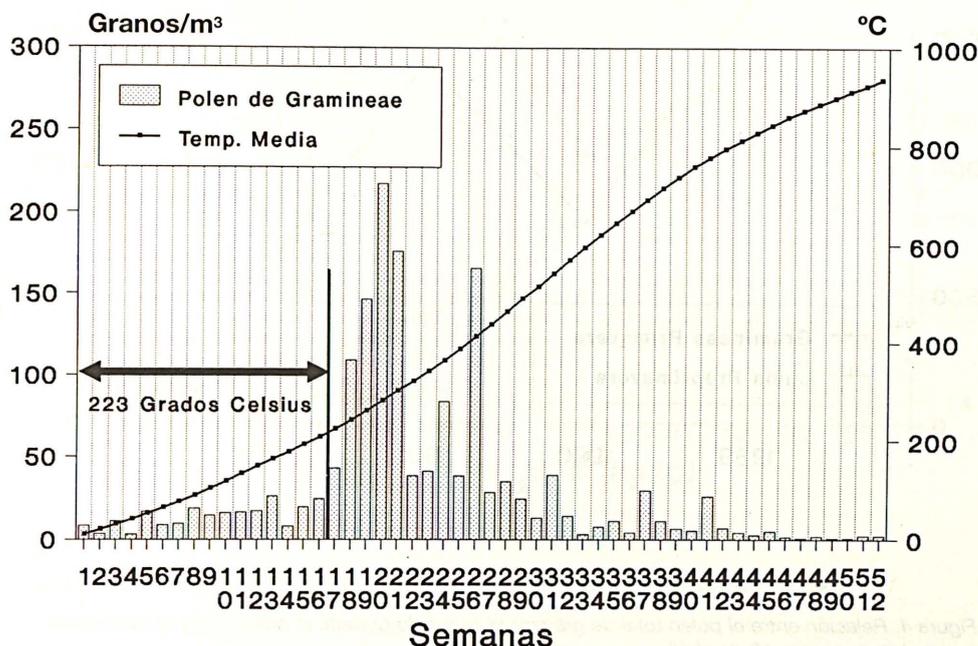
En la Figura 2 se muestra la recta de regresión ($Y=a+bX$), en la que X, en abscisas, es el número de día (desde el primero de enero) de comienzo del período de plena polinización del olivo e Y, en ordenadas, es la media de las temperaturas medias de febrero y marzo. El coeficiente de correlación r es -0.842. Resulta obvio que a mayor temperatura media, la polinización se adelantará en el tiempo.

Otro tipo de predicciones sobre el comienzo de la polinización se basa en las temperaturas medias semanales. Se ha comprobado en Barcelona que el período de polinización principal de las ortigas (*Urticaceae*) se desencadena aquella semana (en torno al mes de febrero) en la que la temperatura mínima media semanal supera los 5°C (4).

Así mismo en otras herbáceas como se recoge en la Figura 3, se muestra la rela-

ción entre los grados-día semanales, para umbral 0°C, acumulados desde la primera semana del año y el momento de inicio de plena polinización de las gramíneas, en este caso los grados-día acumulados deben ser de 223°C.

En tercer lugar, palinólogos escandinavos han encontrado relaciones positivas entre las temperaturas medias de los días previos a la polinización con el comienzo de ésta, concretamente en alisos, olmos, pinos y abedules.



Ciudad de Huelva. Media 1989-1992

Figura 3. Relación entre los grados-día semanales acumulados desde el comienzo del año con la semana de inicio de polinización de las gramíneas. (Figura construida a partir de 4 años de observaciones).

FACTORES METEOROLÓGICOS QUE REGULAN LA INTENSIDAD DE LA POLINIZACIÓN

Conjugando observaciones aeropalínológicas y medidas meteorológicas, no sólo se puede predecir el comienzo de la polinización de algunas plantas, sino además la intensidad de la misma. En este punto las precipitaciones se convierten en el principal elemento a tener en cuenta.

Existen trabajos en los que se relacionan globalmente la intensidad de polinización de los árboles con las lluvias del año precedente⁽⁵⁾, relación comprobada también en hierbas como ortigas⁽⁴⁾ y gramíneas⁽⁶⁾. En la Figura 4 se presenta la relación entre el polen total de gramíneas recogido durante cuatro primaveras consecutivas y las lluvias habidas entre el primero de enero y el 15 de abril de cada año. Con las debidas pre-

cauciones por la escasez de datos utilizados, la relación parece clara. Esperamos confirmar estos resultados con la aportación de más datos en los años venideros.

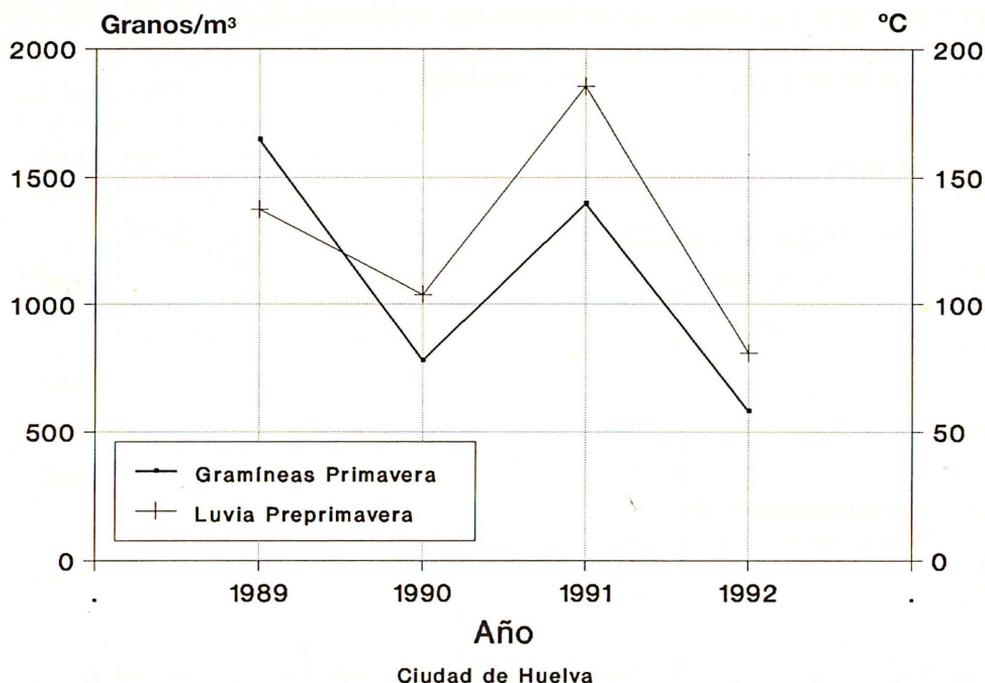


Figura 4. Relación entre el polen total de gramíneas recogido durante la primavera y la lluvia preestacional (1 de enero- 15 de abril).

En este apartado, cabe también referirnos al papel desempeñado por la temperatura, al parecer combinado con factores endógenos de las plantas. Nuestros compañeros del C.N.R.S. de Montpellier, después de 20 años de observaciones, relacionan la ETD >15°C acumulada durante los días de incremento del fotoperíodo (21 de diciembre a 21 de junio) con la intensidad de polinización en viñedos (*Vitis vinifera*), y la ETD >18°C acumulada durante el mismo período con la intensidad de la polinización de los cipreses (*Cupressaceae*) que tendrá lugar dos años más tarde (experiencias no publicadas). Ambos son hechos incuestionables, pero con explicaciones biológicas aun por dilucidar. Estos umbrales térmicos (15 y 18°C) no deben considerarse como caprichosos, más bien son indicios que invitan a la reflexión sobre la existencia de un código secreto en las plantas muy ligado a factores meteorológicos, cuyas claves es de esperar que se vayan clarificando en un futuro.

FACTORES METEOROLÓGICOS QUE REGULAN LA DISPERSIÓN POLÍNICA EN EL AIRE

Comenzada la polinización, es interesante establecer unos criterios que permitan predecir situaciones de "invasiones polínicas" basadas en las predicciones meteoroló-

gicas. Los factores mejor y más estudiados son la temperatura, la precipitación y el viento.

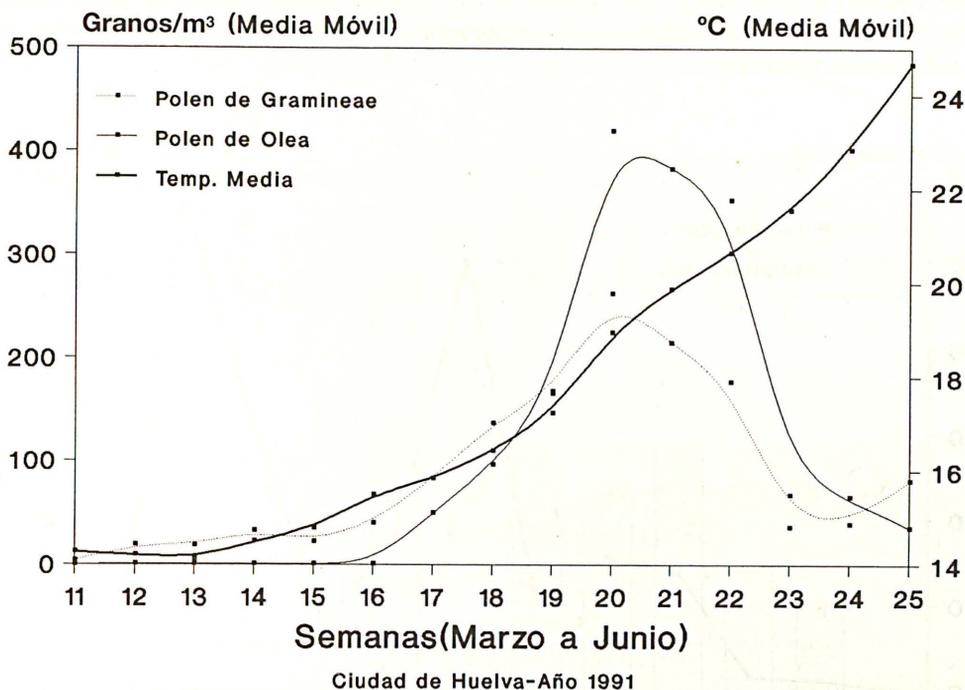


Figura 5. Relación entre la temperatura media y la emisión polínica de gramíneas y olivo.

La temperatura facilita la dehiscencia de las anteras y por tanto la emisión polínica. Así, periodos de ascenso térmico durante la primavera, cuando la mayoría de las plantas están en flor, se asocian con incrementos en las concentraciones polínicas, hecho que se pone de manifiesto en la Figura 5, en la que se relaciona gráficamente el ascenso de las temperaturas medias semanales con el incremento de las concentraciones semanales de polen de olivo y gramíneas, dicha relación se rompe cuando la polinización comienza su declive. En esta figura se han manejado las medias móviles (de 3 semanas, centrada sobre la segunda) de los parámetros representados. Es una modificación apropiada a la hora de relacionar dos hechos (uno de ellos biológico) entre los que no existe una relación instantánea causa/efecto, como sucede en este caso entre temperatura y emisión polínica.

El efecto de la lluvia sobre las emisiones polínicas no requiere prácticamente ningún comentario. Sin embargo el poder sedimentador de las precipitaciones es difícil ponerlo de manifiesto en regiones como la nuestra, en la que las lluvias intensas (otoño) no suelen coincidir en el tiempo con el "grueso" de la polinización (mayo y junio). Los ejemplos más claros aparecen en trabajos de regiones atlánticas y subtropicales sometidas a continuos periodos de lluvia. En la Figura 6 se observa la influencia de las precipitaciones superiores a 60 l/m² sobre la caída en la recogida de polen de olivo. De todas formas no es un ejemplo muy ortodoxo, puesto que los 60 l/m² podrían haberse

registrado en 4 de las 168 horas de las que consta la semana, y de haber sucedido así no tendrían influencia sobre las concentraciones polínicas semanales. Lo correcto sería utilizar los valores de duración de lluvia expresados en tantos por ciento, datos que no forman parte de las publicaciones rutinarias del INM, pero que pueden ser obtenidos a partir de los registros analógicos de los pluviómetros o de los digitales procedentes de las estaciones automáticas.

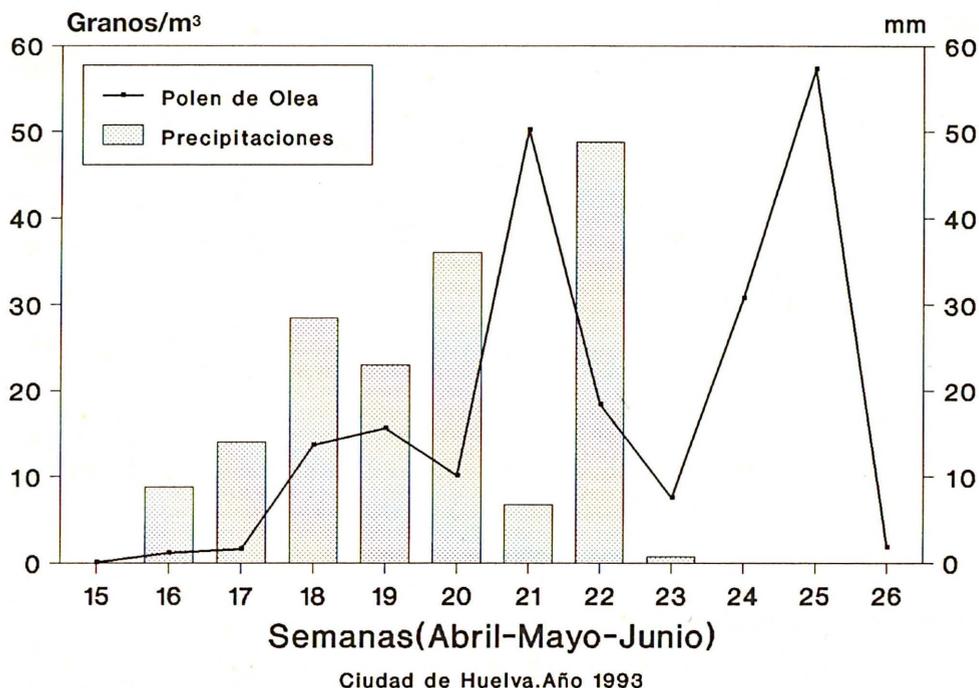


Figura 6. Efecto de la lluvia sobre las concentraciones de polen de olea.

El tercer elemento que explica, y a través del que se puede predecir la composición polínica atmosférica, es el recorrido y dirección del viento. Se estima que el recorrido diario del viento para favorecer una adecuada dispersión polínica no debe ser inferior a 200 Km⁽⁷⁾.

En la figura 7 se muestra la relación del predominio del viento del primer y segundo cuadrante con la recogida de la máxima concentración de polen de olea. Esta relación es coherente si tenemos en cuenta que, en nuestra experiencia, la mayoría de los olivares de la zona están situados a pocos kilómetros al este del captador, es un ejemplo de transporte polínico a escala local.

En la Figura 8 se muestra la relación entre la variación en la recogida de polen de castaño (*Castanea sativa*) con la variación del porcentaje de viento procedente del primer y cuarto cuadrantes. Es un ejemplo de transporte polínico a escala regional, ya que los castaños más cercanos al captador se encuentran, en nuestro caso, a 100 km en dirección norte.

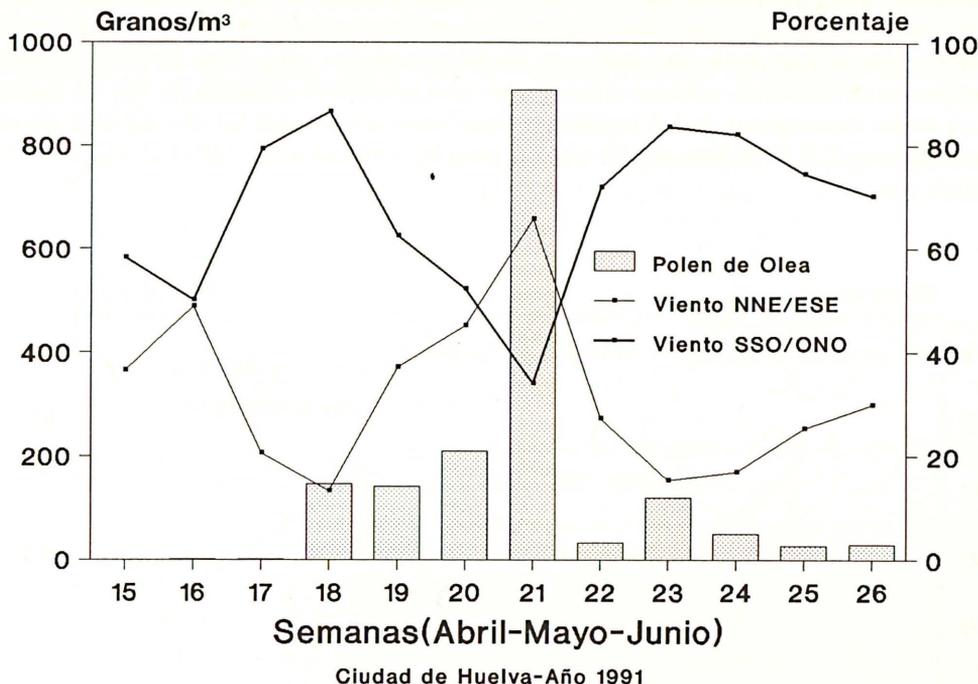


Figura 7. Relación entre la dirección del viento y las concentraciones de polen de olivo.

En tercer lugar merece la pena reseñar el transporte polínico a escala interregional o transporte de polen "marcador" desde largas distancias y ausentes en la flora local y regional. Continuando con los ejemplos aeropalínológicos extraídos de la estación de Huelva, señalamos la presencia esporádica en los meses de abril de pequeñas cantidades de polen de abedul, hecho llamativo si tenemos en cuenta que los abedulares más cercanos se encuentran a decenas de kilómetros más al norte en la provincia de Salamanca, pero justificado plenamente en la bibliografía internacional, en la que se recoge de manera profusa e inequívoca la gran aeronavegancia de este tipo polínico. Al hilo de esta situación hemos conocido los resultados parciales de un trabajo que investigadores ingleses realizan sobre la reconstrucción de la vegetación de zonas del Parque Nacional de Doñana a partir del polen fósil, dichos investigadores encontraron pequeñas cantidades de polen de abedul en los sedimentos, por lo que de no ser por el apoyo auxiliar de nuestros datos aeropalínológicos, postularían la presencia de abedules en tiempos pasados, hecho difícilmente imaginable.

Investigadores franceses del C.N.R.S. de Montpellier instalaron un captador durante un año en la cordillera del Hymalaya a más de 5000 metros de altura donde no existe ningún vestigio de vegetación. Las muestras remitidas periódicamente por el ejército chino al laboratorio francés, contenían más de 150 tipos polínicos diferentes arrastrados por el viento desde distintas partes del Planeta (no publicado).

Para concluir comentamos una situación ocurrida recientemente en el mes de junio de 1995 y que ha tenido amplia repercusión en diarios nacionales e internacionales (The New York Times): La recogida de grandes cantidades de polen de hachís

(*Cannabis sativa*) en los captadores que la Red Española de Aerobiología tiene diseminados por Andalucía. La captura de este tipo polínico es normal todos los años coincidiendo con situaciones de viento de levante, pero las inusuales concentraciones medidas en el año 1995, inducen a pensar en una excelente cosecha de hachís marroquí, o en un incremento de las hectáreas dedicadas a esta plantación, a pesar de los fondos que la C.E.E. dedica al país vecino para la sustitución de este cultivo por otros alternativos.

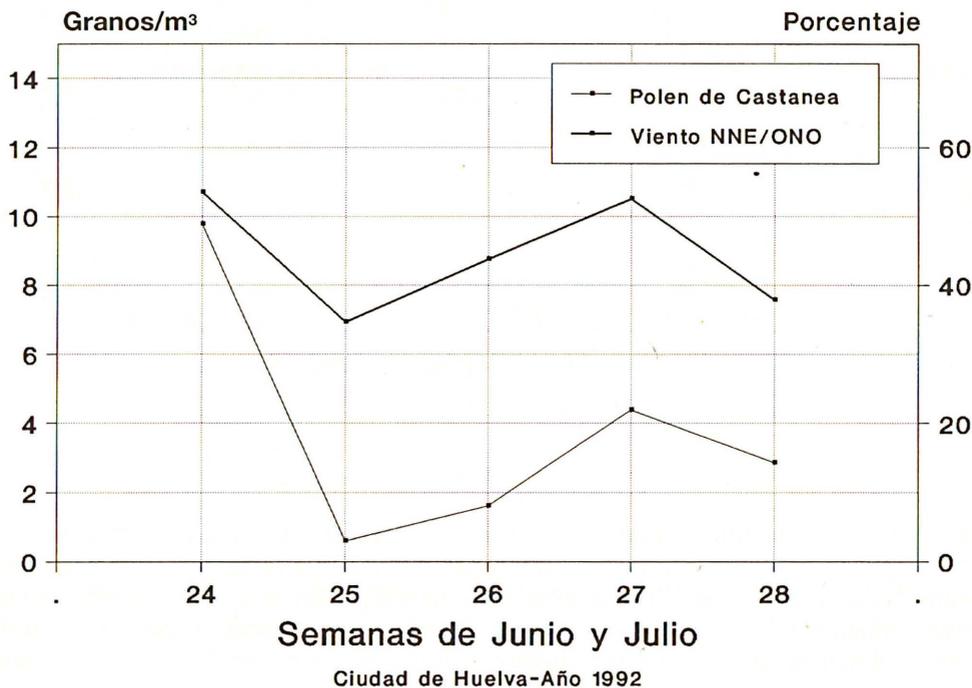


Figura 8. Efecto del viento de componente norte en la recogida de polen de castaño.

Bibliografía

1. Subba Reddi, C. & N. S. Reddi (1986). Pollen production in some anemophilous angiosperms. *Grana*, 25: 55-61.
2. González Minero, F. J., Candau, P. & A. Marroquín (1993). Relaciones entre Aerobiología y Meteorología. *Calendario Meteorológico de 1993*. I.N.M. Madrid, pp. 229-233.
3. González Minero, F. J. (1993). *Calendario Polínico de Huelva y su relación con la polinosis y agricultura*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

4. Roure, J. M. & J. Belmonte. Previsión de polinización de Urticáceas (incluye Parietaria) . In: J. Botey (ed.). Jornada internacional de alergia alimentaria. Barcelona, pp. 145-155.

5. Roure, J. M. & J. Belmonte (1988). Primeros resultados para el estudio de las relaciones entre la producción polínica y producción de biomasa de las comunidades forestales. Actas de Palinología (VI Simposio de Palinología, A. P. L. E.). Salamanca, pp. 205-209.

6. Galán, C., Cuevas, J., Infante, F. & E. Domínguez (1989). Seasonal and diurnal variation of pollen from Gramineae In the atmosphere of Córdoba (Spain). Allergol. et Immunopathol., 17(5): 245-249.

7. Cour, P. & M. Van Campo (1980). Previsions de recoltes a partir du contenu pollinique de l'atmosphere. C. R. Acad. Sc. Paris, 290: 1043-1046.