



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Dinámica estacional de pólenes alergénicos y elaboración del calendario polínico de la ciudad de Jaén

Alumno: Gema del Rocío García Castaño

Septiembre, 2014



UNIVERSIDAD DE JAÉN
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN BIOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Dinámica estacional de pólenes alergénicos y elaboración del calendario polínico de la ciudad de Jaén

Gema del Rocío García Castaño.

Universidad de Jaén, Septiembre 2014

ÍNDICE.

1. RESUMEN.....	5
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. OBJETIVOS.....	7
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
5.1. Dinámica estacional.....	8
5.2. Evolución y tendencia.....	9
5.3. Calendario polínico.....	9
6. RESULTADOS.....	10
- Tipo polínico <i>Olea</i>	10
- Tipo polínico <i>Cupressaceae</i>	12
- Tipo polínico <i>Platanus</i>	14
- Tipo polínico <i>Poaceae</i>	17
- Tipo polínico <i>Chenopodiaceae</i>	19
- Tipo polínico <i>Urtica</i>	21
- Tipo polínico <i>Quercus</i>	22
- Tipo polínico <i>Pinus</i>	24
- Tipo polínico <i>Plantago</i>	26

- Tipo polínico <i>Populus</i>	27
- Tipo polínico <i>Ulmus</i>	29
- Tipo polínico <i>Brassicaceae</i>	31
- Tipo polínico <i>Rumex</i>	32
- Tipo polínico <i>Artemisia</i>	34
- Calendario polínico.....	36
 8. DISCUSIÓN.....	 38
- Espectro polínico.....	38
- Evolución estacional y tendencia.....	39
- Relación entre dinámica atmosférica y temperatura...45	
- Calendario polínico.....	46
 9. CONCLUSIONES.....	 48
 10. BIBLIOGRAFÍA.....	 49

1. RESUMEN.

En este trabajo se lleva a cabo un estudio, en el área metropolitana de Jaén, de la dinámica estacional de 14 tipos diferentes de pólenes alergénicos: *Artemisia*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cupressaceae*, *Olea*, *Pinus*, *Plantago*, *Platanus*, *Poaceae*, *Populus*, *Quercus*, *Rumex*, *Ulmus*, *Urtica*.

La cantidad media anual de polen recogida durante este periodo es de 68.904 granos/m³ de aire. Destaca el género *Olea* que registra la mayor concentración, representando el 75% del total del espectro polínico. Otros tipos polínicos como *Cupressaceae* y *Quercus* (ambos representando un 6% del espectro total), también presentan concentraciones elevadas durante el periodo de estudio.

Gracias al monitoreo, clasificación y análisis de los diferentes pólenes recogidos durante este periodo de 21 años, se elabora un calendario polínico de 14 pólenes presentes en el aire de la ciudad de Jaén. En este calendario se representa la estacionalidad de los diferentes taxones por orden de aparición con lo que se define el periodo de mayor riesgo. Es una buena herramienta para tener información aerobiológica de la ciudad, permite conocer la composición polínica de la atmósfera en cualquier época del año y muestra qué pólenes pueden resultar más perjudiciales en cada periodo anual. En él también se puede apreciar claramente la importancia relativa de unos pólenes respecto a otros, especialmente aquellos que poseen un notable carácter alergénico y por tanto ofrece una información relevante para las personas sensibilizadas.

También se ha analizado la productividad anual de polen para cada tipo polínico, desarrollando la evolución y tendencia que cada uno ha experimentado a lo largo de todo el periodo de estudio.

2. INTRODUCCIÓN.

Según G. Frenguelli (1998), la Aerobiología es la ciencia que estudia la dispersión atmosférica de las partículas biológicas y su impacto en el medio ambiente y en los organismos. Para este autor la Aerobiología ha de ser considerada una ciencia multidisciplinaria ya que abarca campos de las ciencias básicas y aplicadas como son la Botánica, Ecología, Medicina y Agricultura.

Los pólenes alergénicos, pertenecen en su mayoría a especies anemófilas, donde el vector de polinización es el viento. El viento transporta más polen que los insectos, pero se trata de un proceso muy aleatorio que no asegura el depósito del polen en la planta correspondiente. Por ello, estas plantas, tienen que producir gran cantidad de polen y en periodos muy cortos de floración y siempre muy influenciadas por las condiciones atmosféricas.

El monitoreo del polen de series temporales largas, como es el caso, aporta una valiosa información ya que nos permite evaluar dinámica y tendencias. Esto supone una herramienta de información muy importante tanto desde el punto de vista científico, como desde el punto de vista social para la prevención de patologías alérgicas en personas sensibilizadas.

Según numerosos estudios la incidencia de polinosis en la población mundial ronda el 20-22%, en Jaén este porcentaje es un poco más elevado ya que las tasas de polen alergénico son extremadamente elevadas. En la población jienense más del 70% de los pacientes alérgicos sufren polinosis y generalmente son polisensibles, es decir muestran sensibilidad a diversos tipos de polen (Ruiz et al, 2002). Siendo los más importantes los tipos polínicos *Olea*, *Poaceae*, *Cupressaceae*, *Platanus*.

3. JUSTIFICACIÓN.

En este trabajo se construye el calendario polínico para la ciudad de Jaén. Supone una novedad porque se ha realizado a partir de series temporales de datos muy amplias, que abarca 21 años de muestreo atmosférico ininterrumpido. También se muestra la evolución estacional media que los diferentes tipos polínicos experimentaron durante el periodo de estudio. El calendario se ha construido a partir de los 14 tipos polínicos de mayor incidencia en la atmósfera de Jaén. En este sentido, destacamos que algunos de ellos, como es el caso del Olivo, gramíneas o ciprés son pólenes extremadamente alergénicos, destacando el primero, que además alcanza las concentraciones más elevadas en el ámbito mundial para un polen alergénico.

Por tanto, el presente estudio aporta información concreta sobre la evolución de las concentraciones de polen más altas en el aire y ofrece una herramienta de fácil comprensión para determinar los periodos de mayor riesgo para la salud, de utilidad a los alergólogos y personas que sufren polinosis en general.

4. OBJETIVOS.

El objetivo principal de este estudio es realizar un análisis, a partir de una serie temporal larga (1993-2013) de los 14 tipos de polen que contaminan de forma mayoritaria la atmósfera de Jaén. Podemos diferenciarlo en dos fases concretas:

1. Estudio de la variación estacional media de los 14 tipos polínicos y tendencia general a partir de la base de datos correspondientes al periodo de estudio. Para algunos tipos, se evaluará la relación con la T^a media en dicho periodo de estudio.
2. Elaboración de un calendario polínico para la ciudad de Jaén, en el que se refleje de manera sencilla e intuitiva, la evolución y estacionalidad de los diferentes pólenes estudiados.

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

Los datos aerobiológicos utilizados para realizar este estudio, proceden de la estación captadora de partículas que se encuentra ubicada en la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Jaén, situada en el extremo norte del casco urbano. El muestreo aerobiológico se ha realizado con un captador volumétrico tipo Hirst (Burkard seven-days recording), situado aproximadamente a 20 metros sobre el nivel del suelo, en la terraza del edificio A2 (Laboratorios Docentes y Servicios Técnicos) (Ruiz *et al* 1998). La preparación de las muestras y el recuento de granos de polen se ha realizado siguiendo el método recomendado por la REA, Red Española de Aerobiología (Domínguez *et al.* 2007).

Se ha elaborado información sobre los distintos aspectos de los taxones estudiados:

5.1. Dinámica estacional.

La dinámica estacional media, se ha representado de forma gráfica para cada tipo polínico durante el periodo de máxima incidencia del polen. También se representa la Tª media, para tener una visión del periodo de temperaturas en el que se producen esas concentraciones. Se ha realizado la media móvil de 5 días para suavizar los valores de la gráfica, ya que las concentraciones durante el periodo de polinización siempre están relacionadas con los días próximos. Para ello, la concentración de cada día es el valor medio de los dos días anteriores, el suyo propio y los dos días posteriores.

Se ha elaborado una tabla sintética con las características aerobiológicas principales para cada taxón.

Los datos aerobiológicos difícilmente se ajustan a una distribución normal (Alcazar & Comtois, 2000), el tratamiento estadístico se ha realizado mediante un método no paramétrico, el coeficiente de correlación de Spearman. Este coeficiente de correlación se ha calculado con el programa SPSS, una aplicación de análisis estadístico de datos.

Se ha realizado un tratamiento estadístico básico a los 4 tipos polínicos de mayor relevancia en el espectro polínico: *Olea*, *Cupressaceae*, *Platanus* y *Poaceae* (gramíneas). Además se ha realizado un análisis de correlación para evaluar el efecto de la Tª media diaria en las concentraciones de polen diarias. Esto se ha realizado con la dinámica estacional completa (desde que se alcanza una concentración significativa de polen en el aire hasta que desaparece), y fraccionada en dos periodos, prepico y postpico. El periodo prepico corresponde desde el día en que aparece polen en el aire, hasta el día que se alcanza la máxima concentración, mientras que el periodo postpico correspondería desde el día de máxima concentración hasta el día en el que el polen desaparece del aire.

5.2. Evolución y tendencia.

Se ha realizado una gráfica con la cantidad total de polen para cada año durante los 21 años estudiados. Representado en un histograma de frecuencias a la

cual se le ha añadido la línea de tendencia de esos años. Con esta gráfica se puede observar cuál ha sido la evolución de la productividad total de polen a lo largo de todos estos años y la variabilidad interanual que ha sufrido.

5.3. Calendario polínico.

La elaboración del calendario polínico de la ciudad de Jaén, se ha realizado siguiendo los criterios propuestos por Spieksma (1991) con la base de datos pertenecientes al periodo 1993-2013. A partir de las concentraciones medias diarias (granos/m^3) se ha realizado la media aritmética decenal (10 días consecutivos) para cada taxón. De esta manera, cada decena es aproximadamente la tercera parte del mes. En los meses de 31 días la última decena es de 11 días y de 8 para el mes de febrero. Seguidamente se agrupan los valores obteniéndose la media decenal, se contabiliza a partir de aquellos pólenes que han alcanzado un valor medio decenal superior a $1 \text{ granos}/\text{m}^3$. Esta operación se repite para cada año del periodo de estudio. Las diferentes gráficas del calendario polínico se representan en forma de histograma que se elabora haciendo corresponder cada media decenal con una de las 11 clases de frecuencia exponencial propuesta por Spieksma (1991).

6. RESULTADOS

Tipo polínico *Olea*.

Este tipo polínico se encuentra representado solamente por el género *Olea* L. nativo de regiones del sur de Europa, zonas templadas, cálidas y tropicales. También se encuentra en África y en el sur de Australia y Asia. En la península Ibérica, está representado por una especie: *O. europea* L., diferenciándose entre la variedad silvestre *O. europea* var. *sylvestris* y la cultivada más abundante *O. europea* var. *europea* L.

Evolución estacional.

El polen de *Olea*, es el más abundante en el aire de Jaén, representa el 74,8% (tabla 1) del espectro polínico total. El polen total registrado en todo el periodo estudiado, alcanzó un valor de 1.068.431 granos. Teniendo esta especie, el índice anual más elevado durante todo el periodo de estudio. La presencia de polen en el aire, comienza a principios de abril y alcanza sus máximas intensidades durante la primera quincena de mayo, con valores superiores a 2.478 granos/m³ de media, coincidiendo con una T^a media de 18° C. (Figura 1)

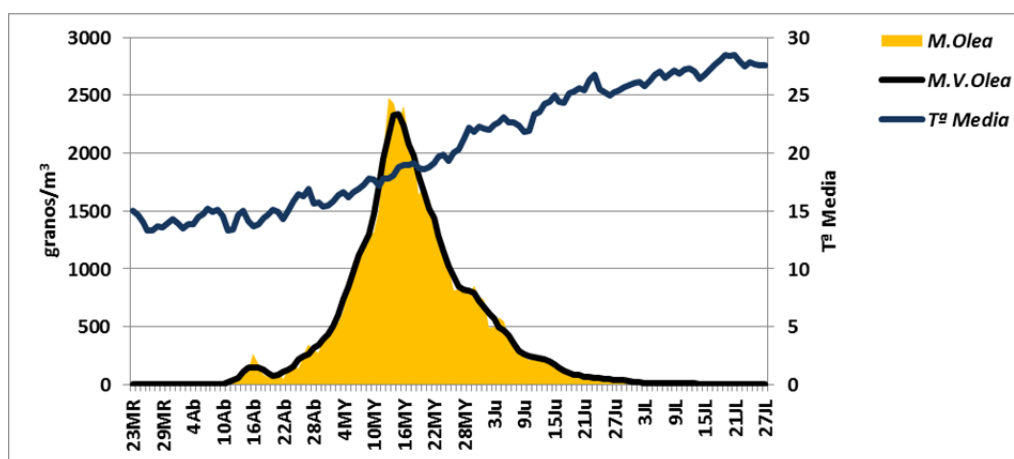


Figura 1. Evolución estacional del polen de *Olea* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Olea

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
1.068.431	75	50.878	2.478	2ª May	Abr/Jun	16,604	13May(2013)

Tabla 1. Características aerobiológicas más importantes del género *Olea*.

Relación entre dinámica atmosférica y Temperatura.

Siempre se establece correlación entre las variables T^a media y concentración de polen. El test realizado, muestra que para el periodo de prepico la correlación es positiva, mientras que para el periodo de postpico y el periodo total, la correlación es negativa. (Tabla 2)

Test de Spearman			
	Total	Prepico	Postpico
Coefficiente de correlación T^a / granos de polen.	-,488**	,806**	-,526**
Significación (bilateral)	,000	,000	,000
Numero muestral	168	41	128

**** La correlación es significativa al nivel 0,01(bilateral)**

Tabla 2: Correlación no paramétrica (Rho de Spearman) del polen de *Olea* y la T^a media durante el periodo de estudio.

Tendencia.

La tendencia es ligeramente ascendente, con una marcada variación interanual, dándose años de mucha intensidad polínica, en 2.003 y 2.013, donde se superaron los 100.000 granos en contraposición de años con una baja intensidad polínica, como en 1.995 y 2.012, donde apenas se alcanzaron los 20.000 granos. (Figura 2)

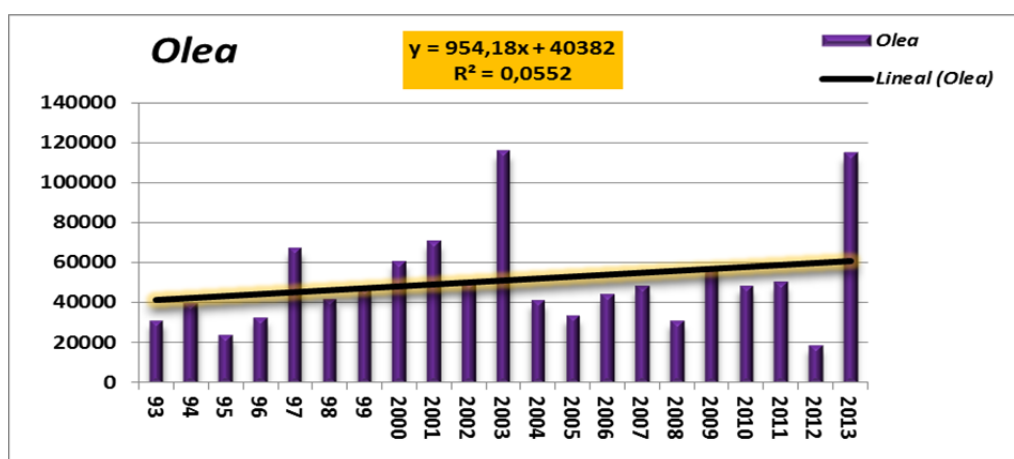


Figura 2. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Olea* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Cupressaceae*.

Se trata de una gran familia cuyos representantes los podemos encontrar en ambos hemisferios y presenta dos variedades con diferente fenología. La flora natural que comprende arbustos xerófitos como *Juniperus* L.: *J.oxicedrus* y *J. phoenica* o los que se encuentran en zonas montañosas; la flora ornamental, la componen diversos géneros como por ejemplo *Cupressus* L.: *C. sempervirens* L., *C. arizonica*, el género *Thuja* L., género *Chamaecyparis* Spach.

Evolución estacional.

Se aprecian dos periodos bien diferenciados que se corresponden con la floración de las diferentes especies vegetales. En primer lugar y con menor intensidad, florecen las especies naturales desde septiembre a diciembre, y desde

enero a finales de marzo, florecen las especies ornamentales, que alcanzan una concentración máxima en febrero, mientras que las especies silvestres alcanzan su concentración máxima en octubre. El pomen de *Cupressaceae* supone un 5,92% del espectro total (tabla 3) (figura 3).

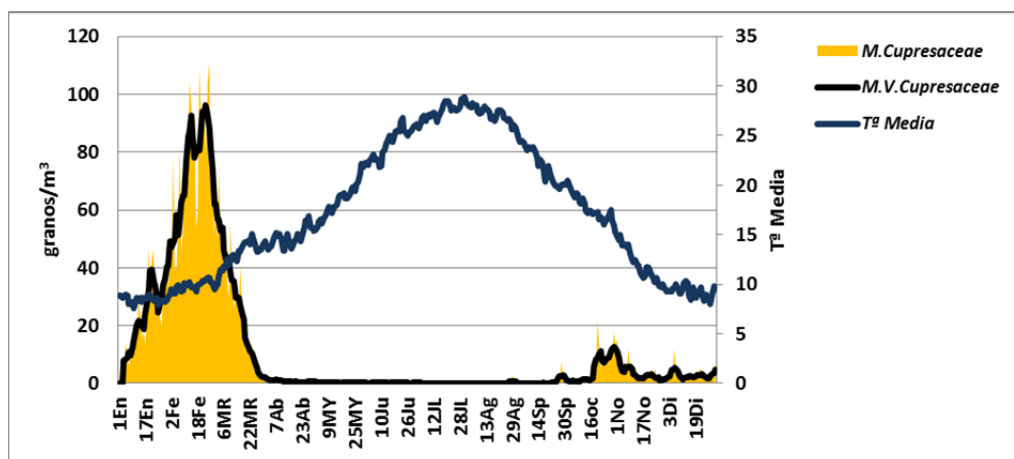


Figura 3. Evolución estacional del polen de *Cupressaceae* y temperatura media.

Cupressaceae

	Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m³)	Fecha
Ornam.	84.463	5,92	4.022	111	2ªFeb	Ene/Mar	1.077	3Mar(2013)
Natural	84.463	5,92	4.022	22	2ªOct	Sep/Dic	439	20Oct(1996)

Tabla 3. Características aerobiológicas más importantes de la familia *Cupressaceae*, especies ornamentales y variedades naturales.

Relación entre dinámica atmosférica y temperatura.

Sobre un tamaño muestral de 104 días, el test ha arrojado los siguientes resultados: para el periodo de prepico, la correlación es positiva. Por el contrario, cuando aplicamos el test por separado para el periodo de postpico y el periodo total, la correlación es negativa. (Tabla 4)

Test de Spearman			
	Total	Prepico	Postpico
Coefficiente de correlación Tª / granos de polen.	-,363**	,694**	-,794**
Significación (bilateral)	,000	,000	,000
Numero muestral	104	56	49

** La correlación es significativa al nivel 0,01(bilateral)

Tabla 4.Correlación no paramétrica (test de Spearman) del polen de *Cupressaceae* y de la Tª media durante el periodo de estudio.

Tendencia.

La tendencia del polen de *Cupressaceae* es claramente ascendente. Se observa variación interanual, donde destaca el año 1.995 cuya concentración polínica no alcanzó los 500 granos, y años como el 2.009 en el que se superaron los 8.000 granos. (Figura 4)

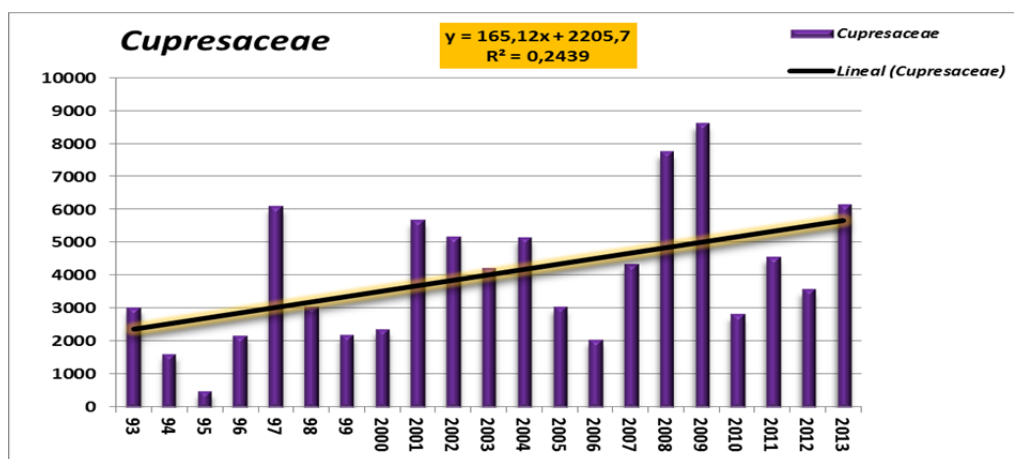


Figura4. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Cupressaceae* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Platanus*.

El género *Platanus* L. integra este tipo polínico, se trata de árboles originarios de zonas templadas de Asia y América. Poseen un crecimiento rápido y tolera bien

los ambientes contaminados. En la provincia, la especie más ampliamente cultivada como ornamental es *P. hispánica*.

Evolución estacional.

En función de los datos estudiados, la cantidad de polen en el aire registrada durante el periodo de estudio, fue de 43.225 granos, que hace referencia al 3,03% del total del espectro polínico analizado (tabla 5). La aparición de polen en el aire, se detecta a principio de marzo y se extiende hasta mediados de abril. En este periodo se registran varios picos, los más elevados, superiores a los 100 granos/m³ de aire, se producen en la segunda quincena de marzo con temperaturas medias próximas a los 15°C. (Figura 5)

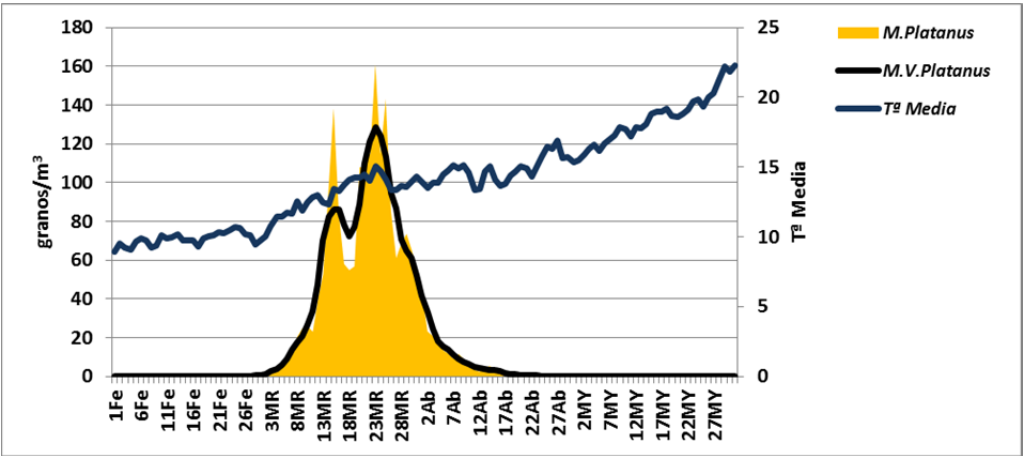


Figura 5. Evolución estacional del polen de *Platanus* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Platanus

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m³)	Fecha
43.225	3,03	2058	161	2ª Mar	Mar/Abr	1.239	25Mar(2.005)

Tabla 5. Características aerobiológicas más importantes del género *Platanus*.

Relación entre dinámica atmosférica y temperatura.

El test de correlación realizado muestra una correlación positiva para el periodo prepico. (Tabla 6)

Test de Spearman			
	Total	Prepico	Postpico
Coefficiente de correlación T ^a / granos de polen.	,063	,832**	-,156
Significación (bilateral)	,000	,000	,000
Numero muestral	51	23	29

** La correlación es significativa al nivel 0,01(bilateral)

Tabla 6. .Correlación no paramétrica (test de Spearman) del polen de *Platanus* y de la T^a media durante el periodo de estudio

Tendencia.

En el gráfico, se puede apreciar la fuerte tendencia al aumento del polen de *Platanus* durante el periodo de estudio. Se observan importantes variaciones interanuales en la productividad polínica, en la que se aprecian años con muy baja intensidad polínica, como 1.993 y 1.995 y años en los que se alcanzan los 4.000 granos como 2.002 y 2.009. (Figura 6)

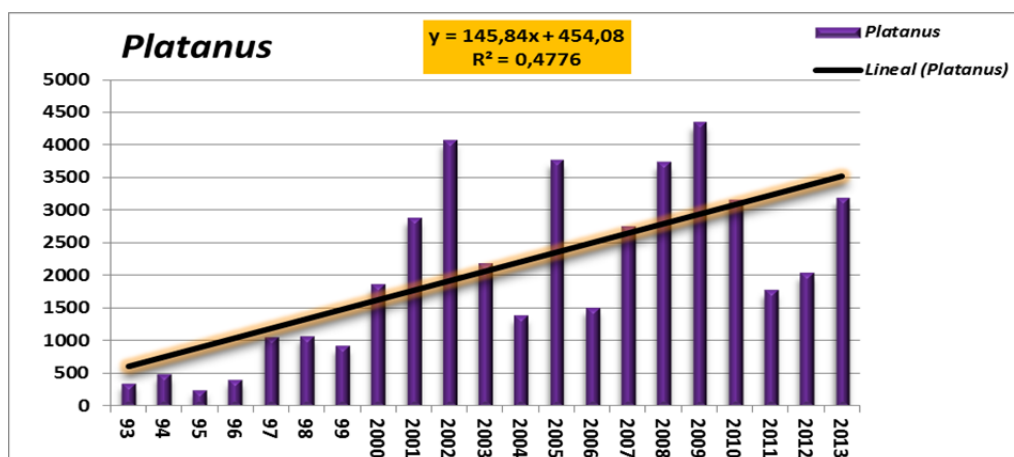


Figura 6. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Platanus* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Poaceae*.

Este tipo polínico comprende toda la familia de las gramíneas (*Poaceae*). Familia cosmopolita que coloniza casi todos los hábitats, desde el ecuador hasta los polos, desde el nivel del mar hasta la alta montaña. En Jaén, está representada por numerosas especies anuales que prosperan en diversas ecologías, desde herbazales y praderas, bordes de caminos hasta pastizales de montaña.

Evolución estacional.

Con un 3,67% del total del espectro aerobiológico analizado (tabla 7), es el quinto tipo polínico más abundante. La suma total de polen en el aire registrada para el periodo de estudio, fue de 52.437granos. El polen aparece en el aire a principios marzo y continúa presente hasta finales de julio. Desde mediados de mayo hasta finales de junio, las concentraciones superan con frecuencia los 50 granos/m³ de aire, cuando la temperatura media es superior a 18°C (figura 7).

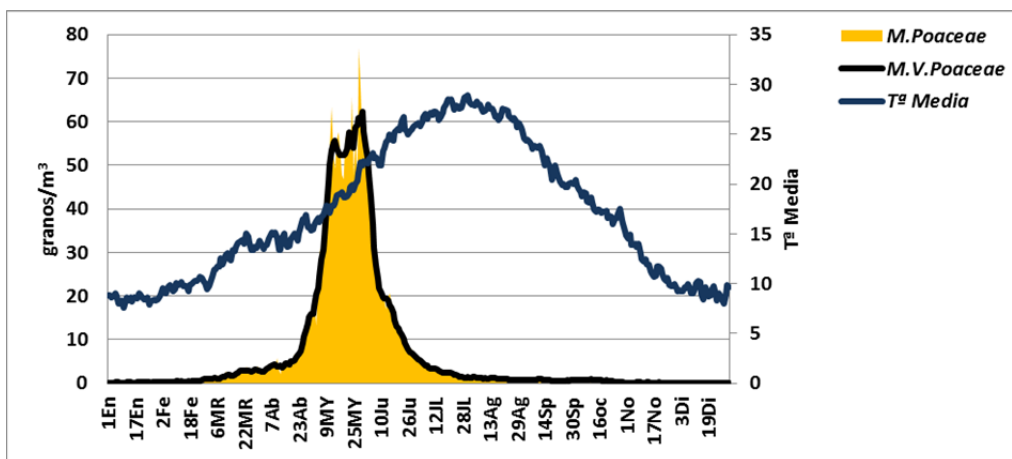


Figura 7. Evolución estacional del polen de *Poaceae* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Poaceae

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
52.437	3,67	2.499	77	2ª May	Abr/JuL	476	24May(2.003)

Tabla 7. Características aerobiológicas más importantes de la familia *Poaceae*.

Relación entre dinámica atmosférica y temperatura.

Para un tamaño muestral de 244 días, del test realizado resultó la existencia de una correlación positiva significativa para el periodo de prepico. (Tabla 8)

Test de Spearman			
	Total	Prepico	Postpico
Coefficiente de correlación Tª / granos de polen.	-,086	,948**	,098
Significación (bilateral)	,000	,000	,000
Numero muestral	244	100	145

****** La correlación es significativa al nivel 0,01(bilateral)

Tabla8. .Correlación no paramétrica (test de Spearman) del polen de *Poaceae* y de la Tª media durante el periodo de estudio

Tendencia.

Variación interanual con una ligera tendencia al aumento, marcada por años de alta intensidad polínica, como 2.013 donde se superaron los 4.500 pólenes y años de baja intensidad polínica, como 1.995, 1.999 y 2.005 en los que no se llegó a los 1.000 pólenes. (Figura 8)

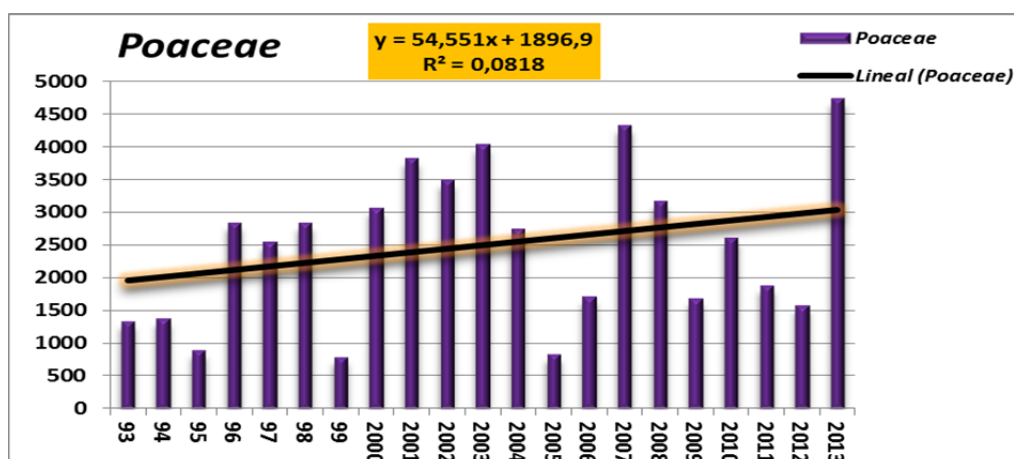


Figura 8. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Poaceae* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Chenopodiaceae*.

Comprende a las familias botánicas *Chenopodiaceae* y *Amaranthaceae*. De amplia distribución, con cierta resistencia a la sequía. Pueden encontrarse en suelos semiáridos, nitrificados y salinos.

Evolución estacional.

La suma total del polen de la familia *Chenopodiaceae* es de 11.861 granos, lo que supone el 0,8% del total del espectro polínico analizado (tabla 9). La presencia de polen en el aire se inicia a principios de abril y su polen permanece en el aire hasta mediados de octubre, aunque ya con una concentración muy baja. Se registran concentraciones significativas durante todo el verano, aunque las máximas se concentran en la segunda quincena de mayo, correspondiendo a temperaturas medias superiores a 18 °C. (Figura 9).

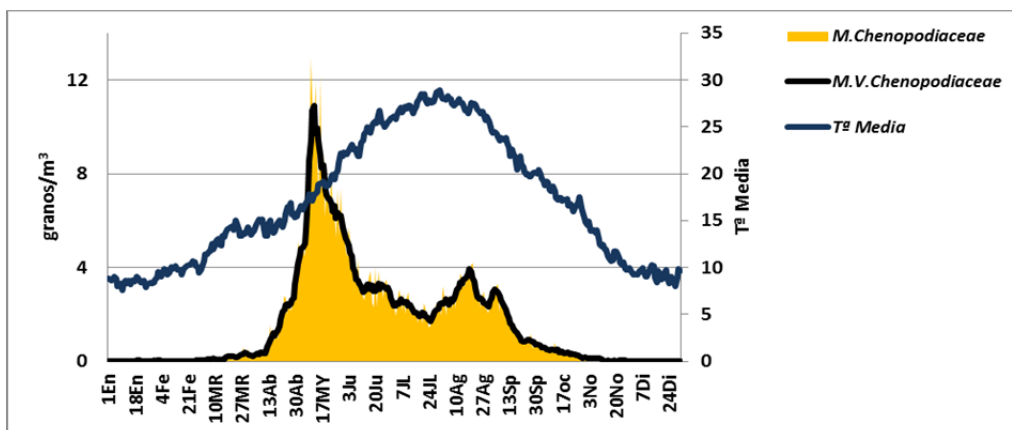


Figura 9. Evolución estacional del polen de *Chenopodiaceae* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Chenopodiaceae

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m³)	Fecha
11.861	0,83	593	13	1ªMay	Abr/Sep	77	10May(2.003)

Tabla 9. Características aerobiológicas más importantes de la familia *Chenopodiaceae*.

Tendencia.

Las concentraciones de polen de *Chenopodiaceae* tienden a disminuir durante el periodo de estudio. La variación interanual es bastante homogénea en general. Hay años en los que se registra una baja productividad polínica como en el año 2.013 donde sólo se alcanzaron los 200 pólenes y años en los que ésta fue muy elevada, como en el año 1.998, registrándose más de 1.200 granos. (Figura 10)

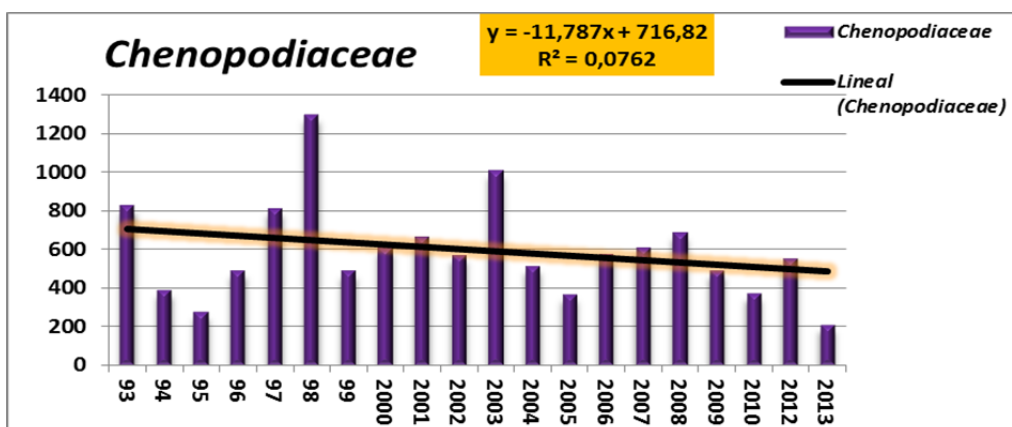


Figura 10. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Chenopodiaceae* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Urtica*.

Se trata de un tipo polínico que comprende diversas hierbas de los géneros botánicos *Parietaria* y *Urtica*. Preferentemente prosperan en zonas ruderales y suelos alterados ricos en sales amónicas, como por ejemplo estercoleros, escombreras, borde de caminos, solares abandonados etc.

Evolución estacional.

El polen de *Urtica* está presente en el aire durante casi todo el año, aunque lo hace en concentraciones muy baja. El periodo de máximas emisiones se concentra en los meses de febrero y abril. La suma del polen total emitido a la atmósfera, es de 17.949 granos lo que supone el 1,2% del espectro polínico analizado (tabla 10). Las concentraciones más elevadas se registran en marzo con una Tª media de 14°C. (Figura 11)

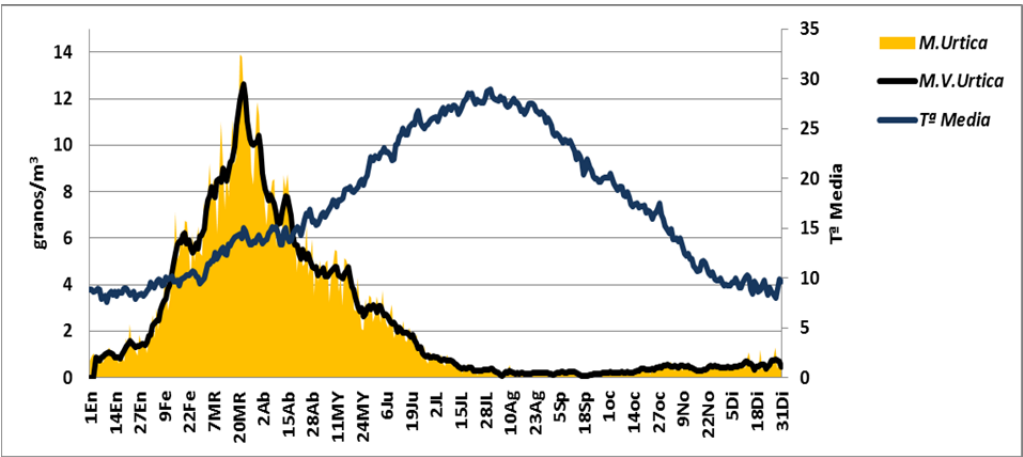


Figura 11. Evolución estacional del polen de *Urtica* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Urtica

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m³)	Fecha
17.949	1,26	897	14	2ª Mar	Ene/Dic	59	25Mar(1994)

Tabla 10. Características aerobiológicas más importantes del género *Urtica*.

Tendencia.

Tendencia claramente descendente con variación interanual acusada en la que se registran años consecutivos en los que se superan los 1.400 granos, como 1.996, 1.997 y 1.998 en contraposición con años en los que apenas se alcanzan los 200 granos/m³ como 2.005 y 2.010. (Figura 12)

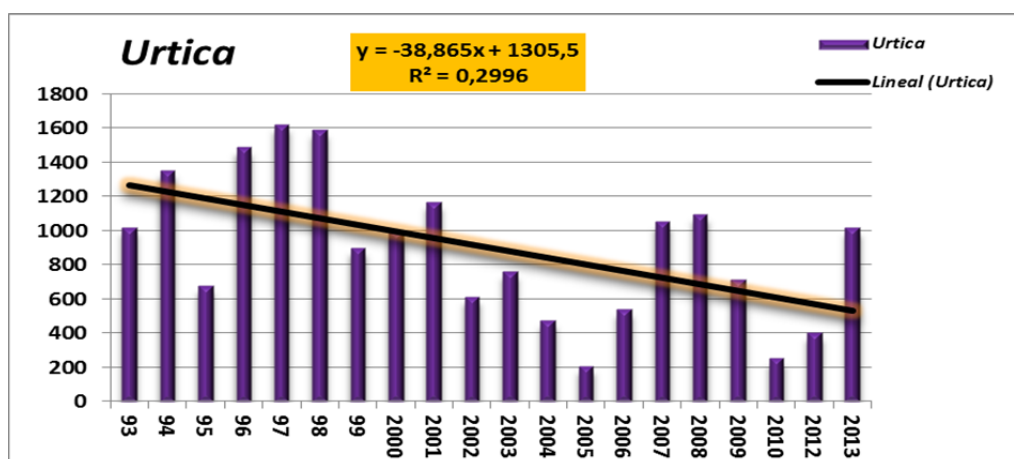


Figura 12. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Urtica* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Quercus*.

Diversas especies del género *Quercus* componen este tipo polínico: principalmente *Q. rotundifolia* Lam., que son los encinares climáticos típicamente mediterráneos; *Q. faginea* Lam., quejigos en ecologías más húmedas, que se localizan en lugares umbríos de alta montaña; *Q. suber* L., propio de suelos ácidos y clima térmico y *Q. coccifera* L. que se encuentran en las zonas más xéricas. Forman bosques de vegetación natural por prácticamente toda la provincia.

Evolución estacional.

El periodo de polinización principal se centra entre la segunda quincena de marzo hasta mayo, aunque hay registros de polen de este taxón hasta mediados de julio. Las concentraciones máximas, superiores a 80 granos/m³ de aire, se alcanzan en la segunda quincena de abril, cuando las temperaturas medias superan los 15 °C

(figura 13). Representa un 5,87% en el total del espectro (tabla 11). La suma total de polen de *Quercus* durante el periodo de estudio fue de 83.815 granos.

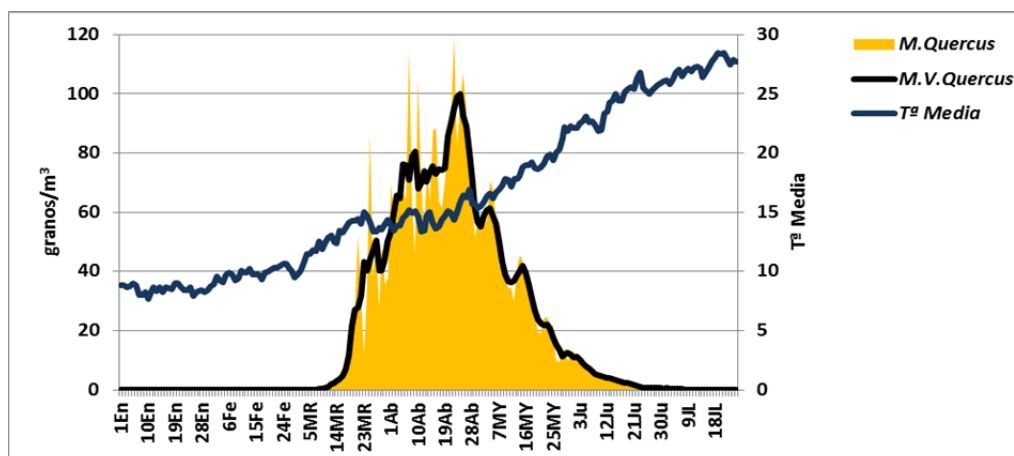


Figura 13. Evolución estacional del polen de *Quercus* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Quercus

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
83.815	5,87	3.991	119	2ª Abr	Mar/Jun	926	7Abr(2.001)

Tabla 11. Características aerobiológicas más importantes de *Quercus*.

Tendencia.

Tendencia en ligero aumento con importante variación interanual dándose un año con una gran productividad polínica, 1.997, donde se alcanzaron los 8.000 granos y años de baja productividad polínica donde apenas se alcanzaron los 1.000 granos como fueron 1.996 y 2.006. (Figura 14)

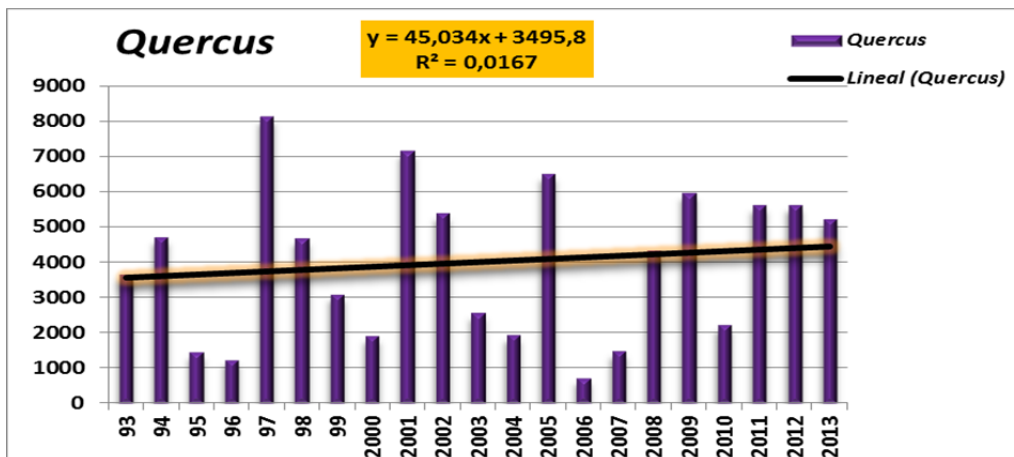


Figura 14. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Quercus* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Pinus*.

Está integrado por las especies del género *Pinus* L., árboles que fundamentalmente se encuentran en el Hemisferio Norte y llega hasta regiones subárticas. En la provincia, los pinos forman parte de las masas forestales de repoblación y en menor medida naturales. También es muy abundante a los alrededores de Jaén.

Evolución estacional.

La suma total del polen de *Pinus* registrado en el aire durante el periodo de estudio, fue de 27.103 granos lo que corresponde al 1,9% (tabla 12) del total del espectro polínico analizado. La floración comienza a finales de febrero y se registra polen en el aire hasta finales de julio, un total de 5 meses. Los meses en los que hay mayor cantidad de polen, van desde finales de febrero a principios de abril, registrándose concentraciones máximas durante la segunda quincena de marzo, que se corresponde con una T^a media de 14°C. (Figura 15)

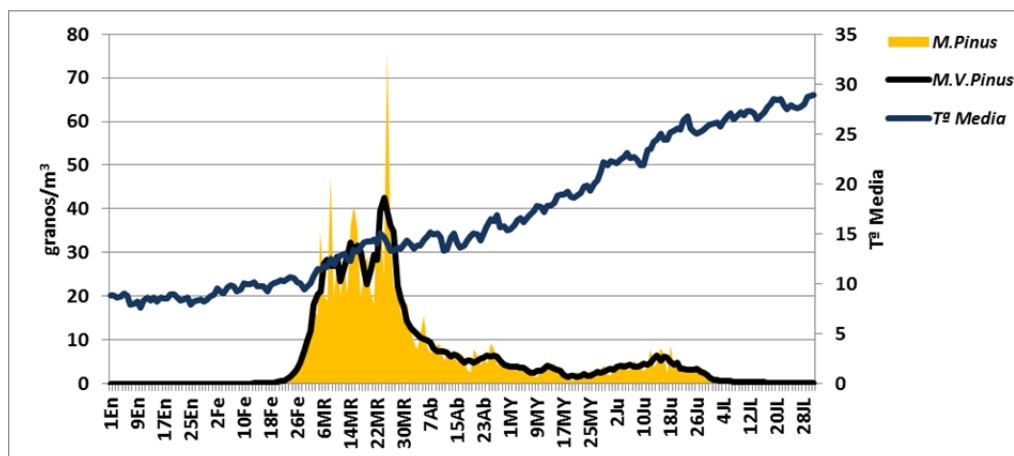


Figura15. Evolución estacional del polen de *Pinus* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Pinus

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
27.103	1,9	1.291	76	2ª Mar	Feb/Jun	1.104	25Mar(2.005)

Tabla 12. Características aerobiológicas más importantes de *Pinus*.

Tendencia.

La tendencia es ascendente. Se observa una variación interanual que tiende a homogeneizarse al final del periodo de estudio, reflejándose años con muy baja intensidad polínica, como son 1.995 y 1.996 y años con una gran concentración de polen, superando los 2.500 granos como 1.998 y 2.005.(Figura 16)

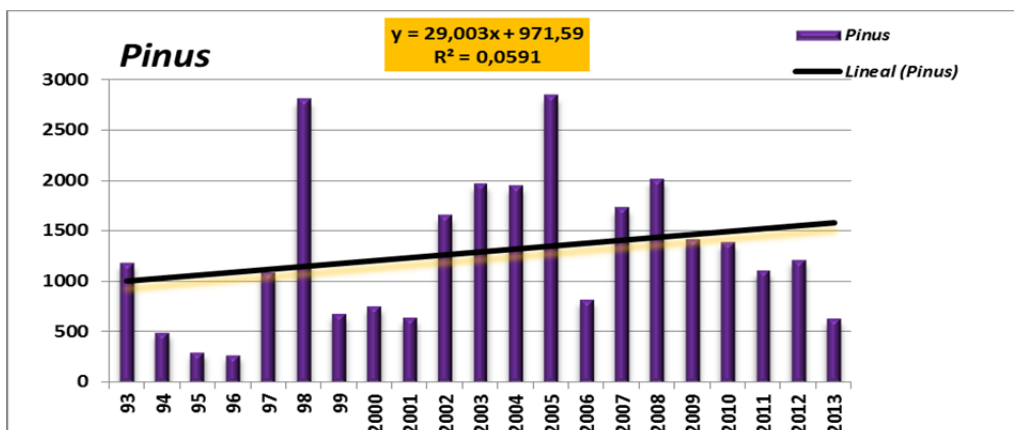


Figura 16. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Pinus* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Plantago*.

Las especies del género *Plantago* L. integran este tipo polínico. Lo conforman hierbas perennes o anuales, que se distribuyen cosmopolitamente por todo el planeta. Se encuentran en pastizales húmedos, bordes de arroyos, terrenos baldíos o cultivados.

Evolución estacional.

La suma total de polen de *Plantago* en el aire de es de 19.873 granos, que hace referencia al 1,39% (tabla 13) del total del espectro analizado. Los primeros granos aparecen a principios de marzo y se mantienen en el aire hasta mediados de julio. Las mayores concentraciones abarcan la segunda quincena de abril y primera de mayo, coincidiendo con una T^a media de 16°C. (Figura17)

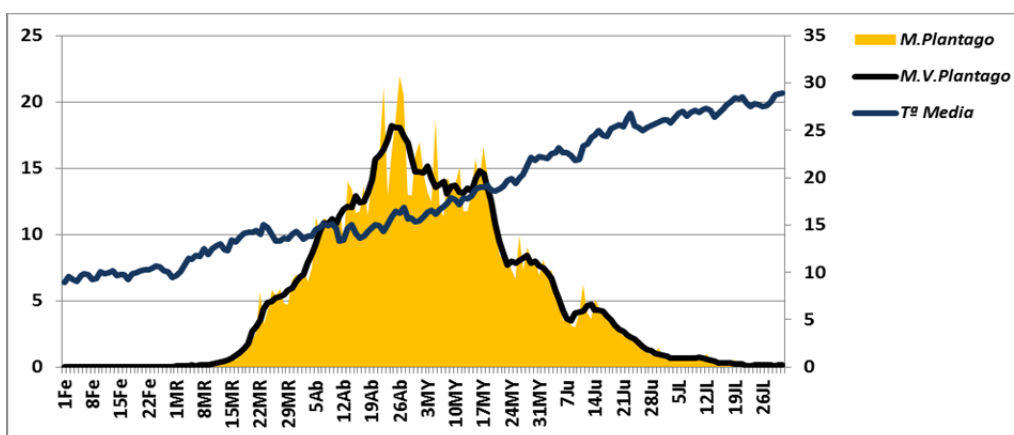


Figura17. Evolución estacional del polen de *Plantago* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Plantago

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
19.873	1,39	946	22	2ªAbr	Mar/Jun	184	26Abr(1998)

Tabla 13. Características aerobiológicas más importantes del género *Plantago*.

Tendencia.

Tendencia claramente descendente con una gran variación interanual durante todo el periodo de estudio. Se registran años de gran intensidad polínica, como 1.998 donde se superaron los 2.500 granos frente a 2.007 en los que se alcanzaron 92 pólenes. (Figura 18)

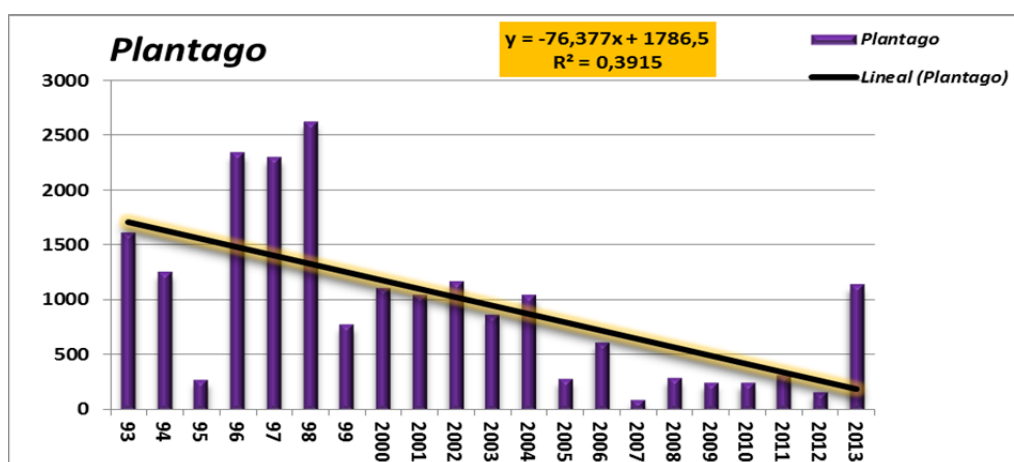


Figura 18. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Plantago* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Populus*.

El género *Populus* L. lo conforman árboles del centro y sur de Europa, también del norte de África y centro de Asia. Están en lugares donde hay cursos de agua, formando bosques en galería junto con otras especies riparias. También son usados frecuentemente como especies ornamentales, con lo que podemos

encontrar diversas variedades cultivadas en jardines, la especie *Populus alba* “Bolleana”.

Evolución estacional.

Presenta un total de 9.006 granos del estudio aerobiológico, tan solo el 0,63% del espectro polínico total analizado (tabla 14). El polen aparece a principios de febrero, pero las máximas concentraciones se centran en la primera quincena de marzo, con temperaturas medias alrededor de los 10 °C (Figura 19).

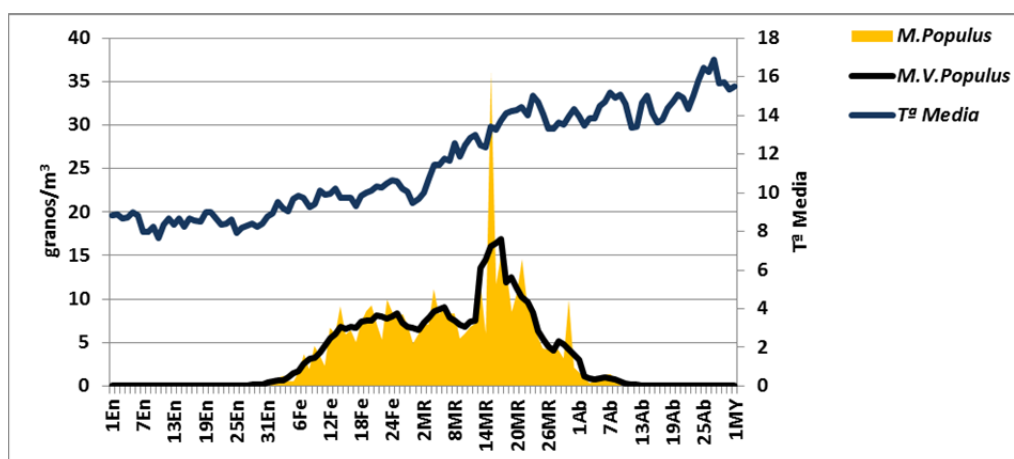


Figura 19. Evolución estacional del polen de *Populus* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Populus

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m³)	Fecha
9.006	0,63	429	36	2ª Mar	Feb/Mar	100	30Mar(2.003)

Tabla 14. Características aerobiológicas más importantes del género *Populus*.

Tendencia.

La tendencia del polen de *Populus* no ha sufrido variación durante el periodo de estudio. Aunque existe variación interanual destacando un año de alta intensidad, 2.006 en el que se superaron los 1.200 granos y varios años de muy baja intensidad donde no se alcanzaron los 200 granos, como fueron 1.995, 1.996, 2.005, 2.007, 2.010 y 2.011. (Figura 20)

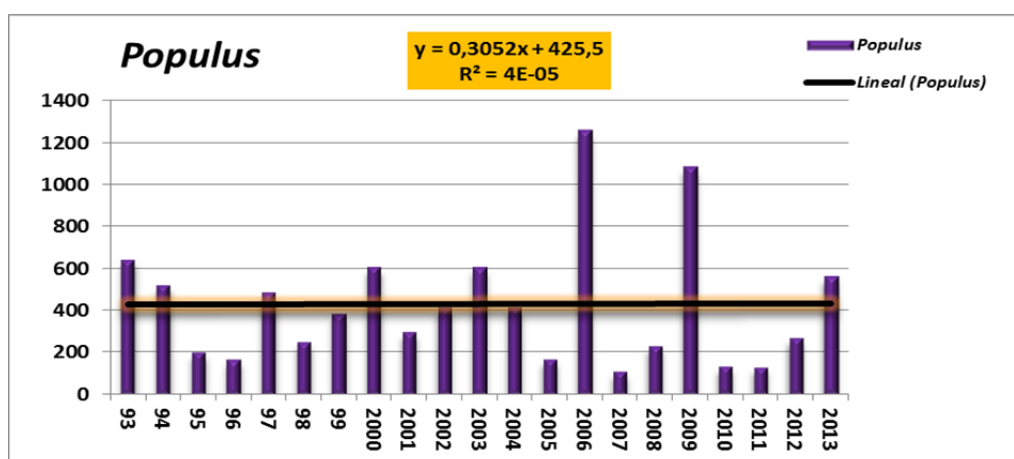


Figura 20. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Populus* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Ulmus*.

Especies del género *Ulmus* L., comprenden este tipo polínico. Está formado por árboles caducifolios típicos de zonas templadas europeas. Algunas especies de este género son ampliamente cultivadas como árboles de sombra o alineación en vías (*U. pumila* L.).

Evolución estacional.

La suma total del polen de *Ulmus* durante el periodo de estudio, fue de 2.042 granos, lo que representa un 0,1% del espectro polínico estudiado (tabla 17). El periodo de mayores concentraciones se centra en el mes de febrero, con T^a medias entorno a los 10°C (figura 25).

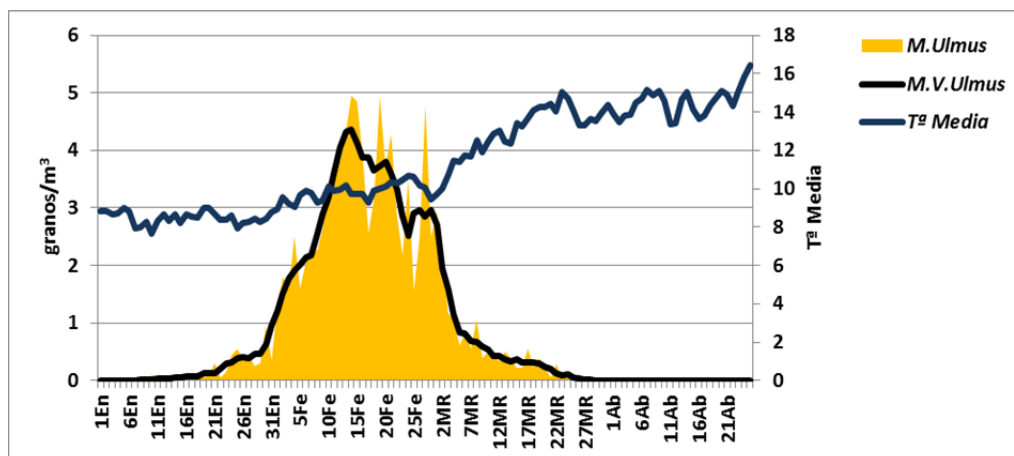


Figura 25. Evolución estacional del polen de *Ulmus* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Ulmus

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
2.042	0,14	106	5	2ªFeb	Ene/Mar	49	19Feb(2.013)

Tabla 17. Características aerobiológicas más importantes del género *Ulmus*.

Tendencia.

Presenta variación interanual con tendencia ligeramente ascendente, dándose mucha intensidad polínica en el año 1.997 cuando se alcanzaron los 300 granos, en contraste con el año 1.996 donde apenas se alcanzaron los 13 granos.(Figura 26)

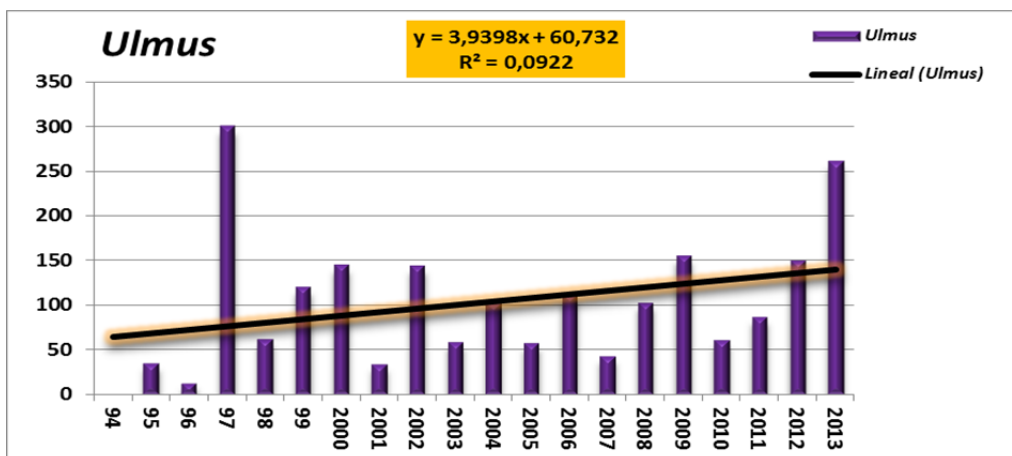


Figura 26. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Ulmus* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Brassicaceae*.

La familia *Brassicaceae*, que integra el tipo polínico del mismo nombre, está compuesta por hierbas anuales y cosmopolitas. Pueden encontrarse en campos, huertos, márgenes de carreteras y zonas nitrificadas en general.

Evolución estacional.

La suma total de este tipo polínico es de 2.311 granos. Lo que representa el 0,16% del espectro polínico analizado (tabla 16). El periodo de polinización abarca entre los meses de febrero y mayo, alcanzando las máximas concentraciones durante la primera quincena de abril, donde las temperaturas medias se encuentran en torno a 15°C. (Figura 23)

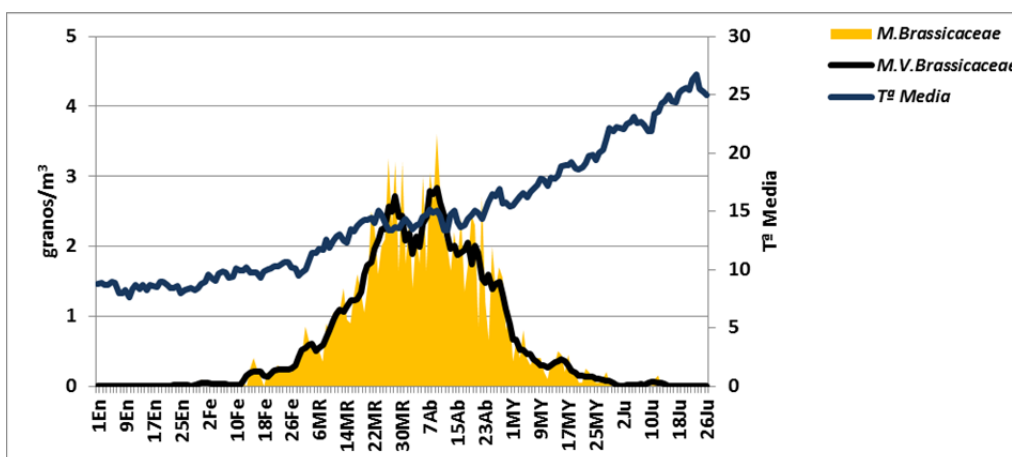


Figura 23. Evolución estacional del polen de Brassicaceae y temperatura media del periodo de estudio.

Brassicaceae

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
2.311	0,16	116	4	1ªAbr	Feb/May	19	19Abr(2.001)

Tabla 16. Características aerobiológicas más importantes de la familia *Brassicaceae*.

Tendencia.

Hay una tendencia al aumento de la presencia de este polen en el aire, con variación interanual, en la mayoría de los años no se alcanzan los 200 granos, salvo en 2.013 en el que se alcanzaron los 300 granos. (Figura 24)

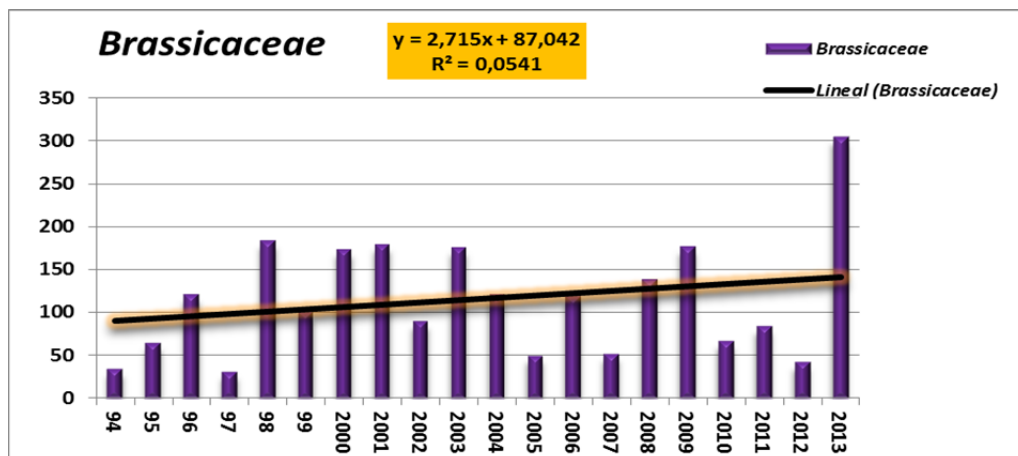


Figura 24. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Brassicaceae* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Rumex*.

El género *Rumex* L., integra este tipo polínico. Se considera un género cosmopolita. Son hierbas perennes y anuales que tienen una distribución amplia.

Preferentemente se desarrollan en ecologías húmedas, praderas, bordes de arroyos, etc. Son menos frecuentes en taludes y bordes de carreteras.

Evolución estacional.

El periodo de presencia de polen en el aire abarca desde finales de marzo hasta finales de junio. Los valores máximos se centran en la primera quincena de mayo, cuando la T^a media se encuentra en torno a los 18°C (figura 21). Durante el periodo estudiado se ha registrado una suma total de 3.852 pólenes, lo que supone un 0,2% en el espectro polínico analizado (tabla 15).

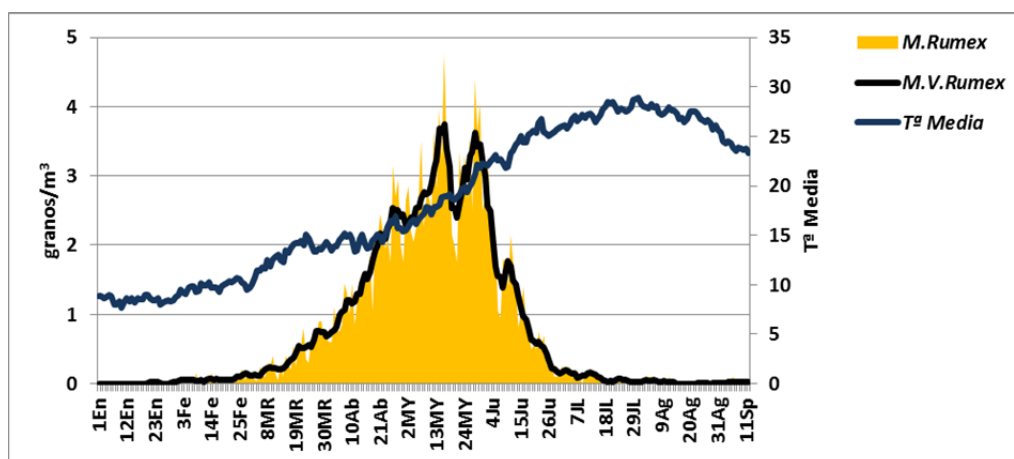


Figura 21. Evolución estacional del polen de *Rumex* y temperatura media durante el periodo de estudio.

Rumex

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m ³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m ³)	Fecha
3.852	0,27	193	5	2ªMay	Mar/Ju	25	18May(1998)

Tabla 15. Características aerobiológicas más importantes del género *Rumex*.

Tendencia.

Hay variación interanual que tiende a homogeneizarse al final del periodo de estudio. En el año 1.998 se alcanzó un índice de polinización máximo de 500 granos, en contraposición con los años 1.999 y 2.012 en los que no se alcanzaron los 100 granos. Existe una ligera tendencia a la disminución de este polen. (Figura 22)

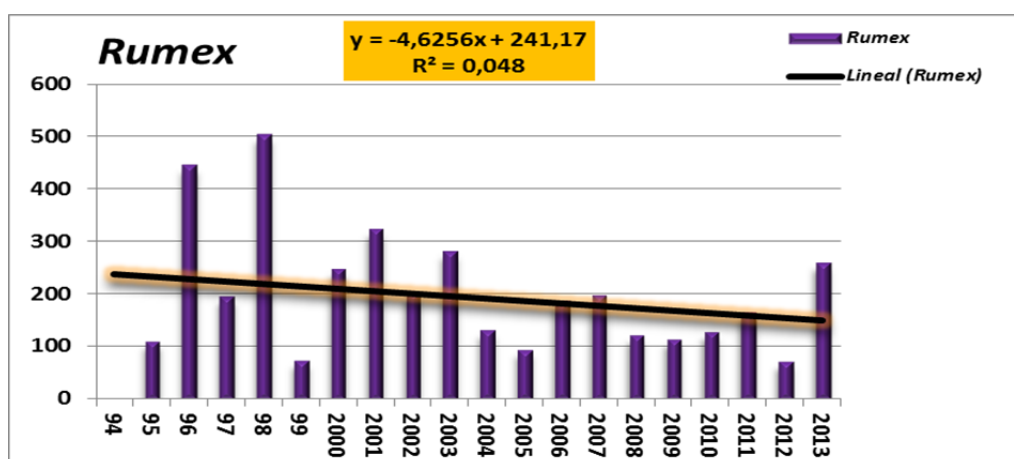


Figura 22. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Rumex* durante el periodo de estudio.

Tipo polínico *Artemisia*.

Integrado por el género *Artemisia* L. (fam. *Asteraceae*) Pueden ocupar varios ambientes preferentemente se encuentra en lugares secos, degradados y nitrificados.

Evolución estacional.

El polen de *Artemisia* tiene escasa presencia en el aire de Jaén. La suma total del polen de *Artemisia* fue de 1.124 granos de polen, lo que representa un 0,08% (tabla18) del espectro polínico analizado. Como se observa en la figura 1, este tipo polínico comienza su aparición en el aire a principios de agosto con baja intensidad, alcanzando las máximas concentraciones en noviembre, aunque estas siempre son poco elevadas. A partir de diciembre, la concentración va disminuyendo

y se mantiene en el aire llegando al mes de febrero e incluso marzo. El pico máximo se alcanza con una temperatura media de aproximadamente 15° C. (Figura 27)

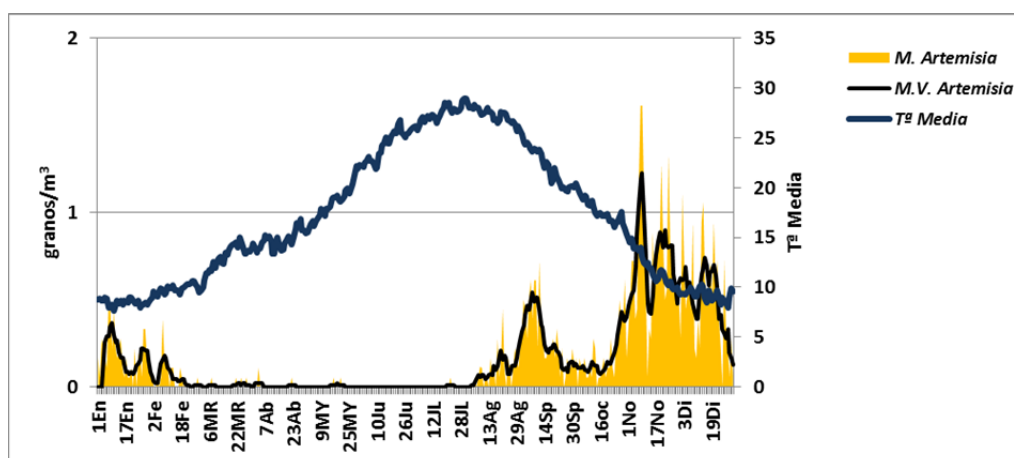


Figura 27. Evolución estacional del polen de *Artemisia* y temperatura media del periodo de estudio.

Artemisia

Registro total. (Pólenes)	% Sobre el espectro total	Total anual medio (Pólenes)	Intensidad máxima (pólenes/m³)	Estacionalidad (Quincena)	Polinización principal (Inicio/Fin)	Concentración máxima absoluta (pólenes/m³)	Fecha
1.124	0,08	62	2	1ª Nov	Sep/Dic	12	8Dic(2001)

Tabla 18. Características aerobiológicas más importantes del género *Artemisia*.

Tendencia.

La tendencia se mantiene estable a lo largo del periodo de estudio. Se observa una importante variación interanual con años como 1.994, .1995, 2.012, donde la cantidad anual de polen no alcanzó los 20 granos (Figura 28).

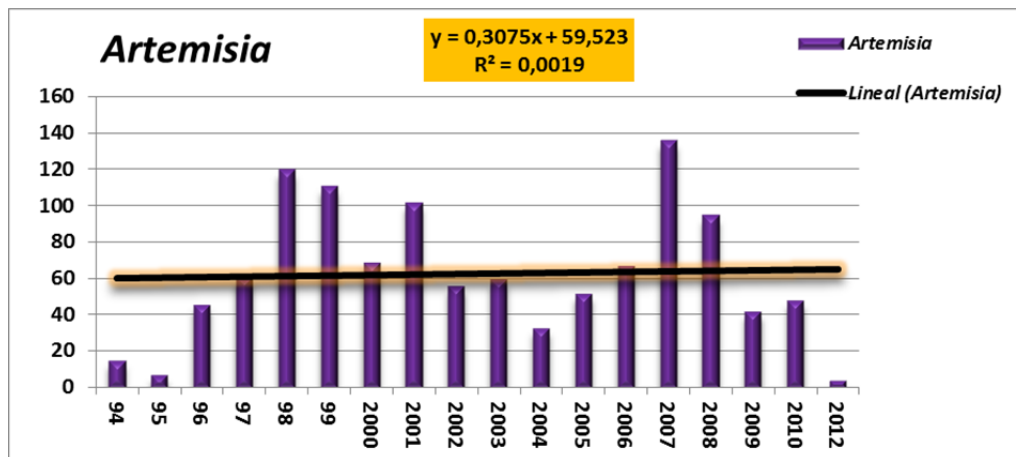


Figura 28. Producción anual y línea de tendencia del polen de *Artemisia* durante el periodo de estudio.

Calendario polínico.

Para la elaboración del calendario polínico de la ciudad de Jaén, tal y como ya se ha comentado, se han utilizado los datos promedios diarios correspondientes al periodo 1993-2013 de los 14 taxones que en él se representan; en este calendario están incluidos todos aquellos pólenes que han alcanzado un valor medio decenal de 1granos/m³. Las diferentes concentraciones polínicas se han clasificado en clases exponenciales (figura 29). Los 14 taxones están representados en orden cronológico en función de su periodo de polinización y por tanto de su aparición en el aire.

En el calendario (figura 30) podemos observar que la clase exponencial más alta que se alcanza es la 11 (1600-3199 granos/m³) y la consigue el género *Olea* en la segunda decena de mayo; le siguen con clases exponenciales altas *Cupressaceae*, *Platanus*, *Poaceae* y *Quercus* con clase exponencial 6 (50-99 granos/m³). El género *Pinus* solo alcanza la clase exponencial 5 (24-49 granos/m³). En la clase 4 (12-23 granos/m³) se encuentran *Populus* y *Plantago*. La tercera clase exponencial la ocupa *Urtica* y *Chenopodiaceae*; en la segunda clase están *Ulmus* y *Rumex*. Por último el que tiene una representación más efímera ocupando la primera clase exponencial, el género *Artemisia*.

Los pólenes que más tiempo y de manera continuada permanecen en la atmósfera son los de *Poaceae* que se mantiene durante 8 meses, *Chenopodiaceae* y *Olea* cuyo polen permanece durante 5 meses y durante 6 meses tenemos el polen de *Urtica*.

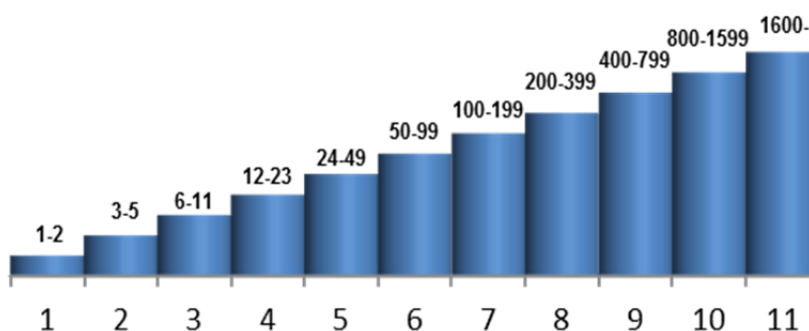


Figura 29. Clases exponenciales propuestas por Spieksma (1991).

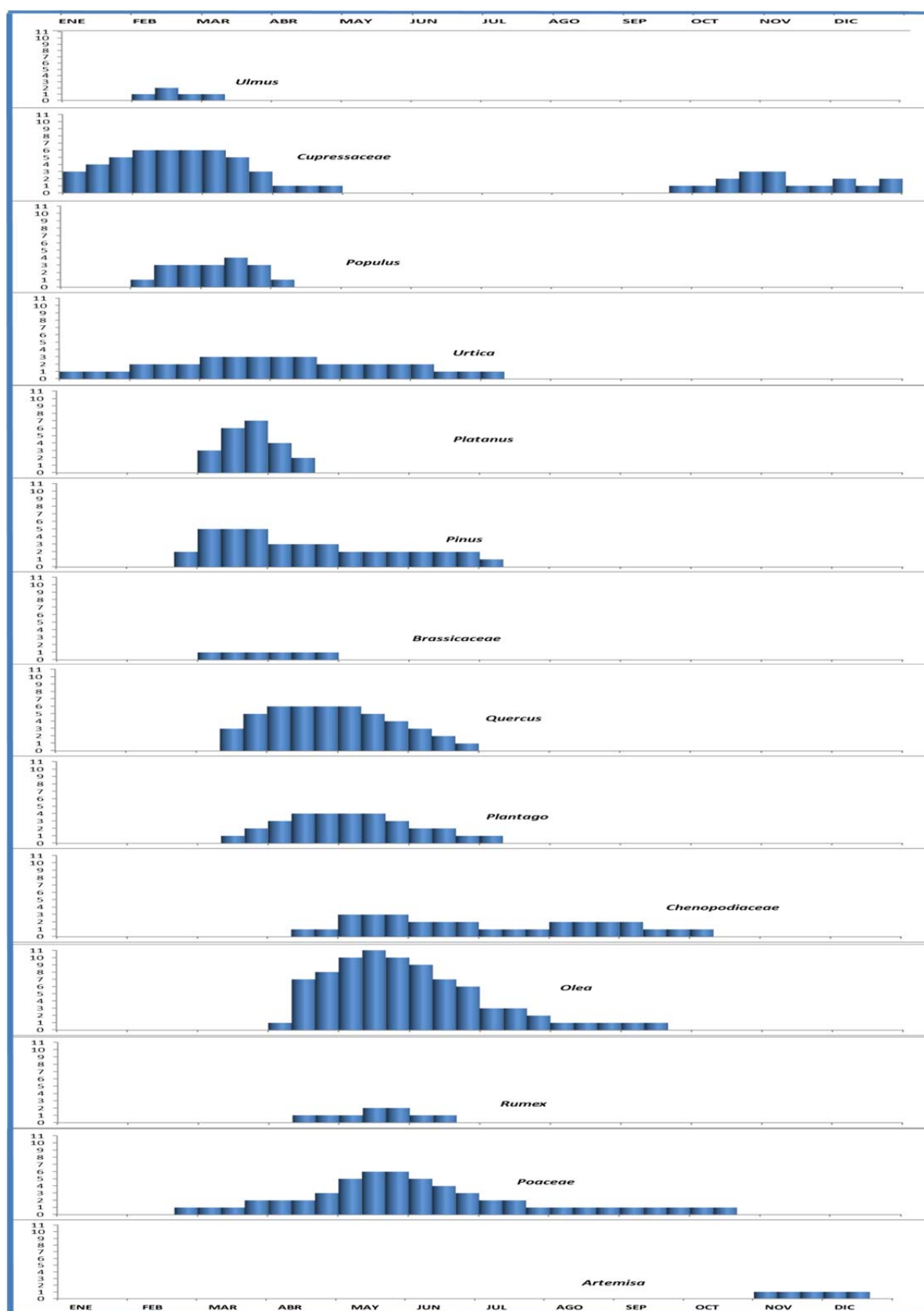


Figura 30. Calendario polínico de la ciudad de Jaén. Periodo (1993-2013).

8. DISCUSIÓN.

Espectro polínico.

De los 14 tipos polínicos principales del espectro polínico de Jaén, la mayoría son taxones anemófilos y sólo *Brassicaceae* es estrictamente entomófilo. *Cupressaceae* y *Platanus* forman parte de la flora ornamental de la ciudad; *Olea* pertenece a cultivos y los restantes pertenecen a la vegetación natural. Dentro de esta vegetación natural tenemos los que pertenecen a formaciones boscosas naturales como *Quercus*. El género *Pinus* L. forma parte de las masas forestales repobladas. *Poaceae*, *Artemisia*, *Rumex*, *Brassicaceae* o *Plantago* pueblan pastizales y herbazales de diversa índole y otras familias como *Urticaceae* y *Chenopodiaceae* son componentes de la vegetación ruderal preferentemente.

El registro total de los 14 pólenes estudiado en la ciudad de Jaén, durante los años 1993-2013, ha sido de 1.427.492 granos. El 75% de este total le corresponde al género *Olea* L. con un total registrado de 1.068.431 granos (figura 31). Le sigue en importancia *Cupressaceae* (84.463; 5,92%), *Quercus* (83.815; 5,87%), *Poaceae* (52.437; 3,67%), *Platanus* (43.225; 3,03%), *Pinus* (27.103; 1,90%), *Plantago* (19.873; 1,39%), *Urtica* (17.949; 1,26%), *Chenopodiaceae* (11.861; 0,83%), *Populus* (9.006; 0,63%), *Rumex* (3.852; 0,27%), *Brassicaceae* (2.311; 0,16%), *Ulmus* (2.042; 0,14%) y *Artemisia* (1.124; 0,08%). (Figura 32).

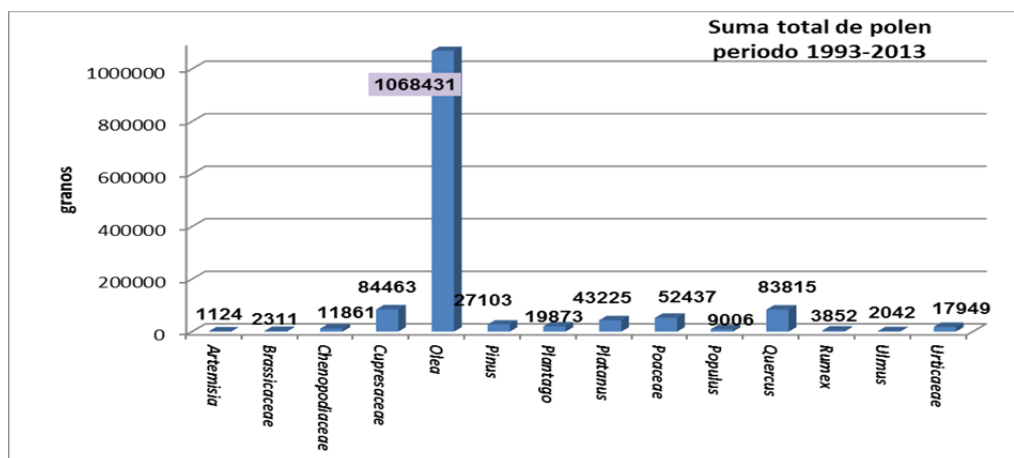


Figura 31. Total de polen de cada taxón durante el periodo de estudio.

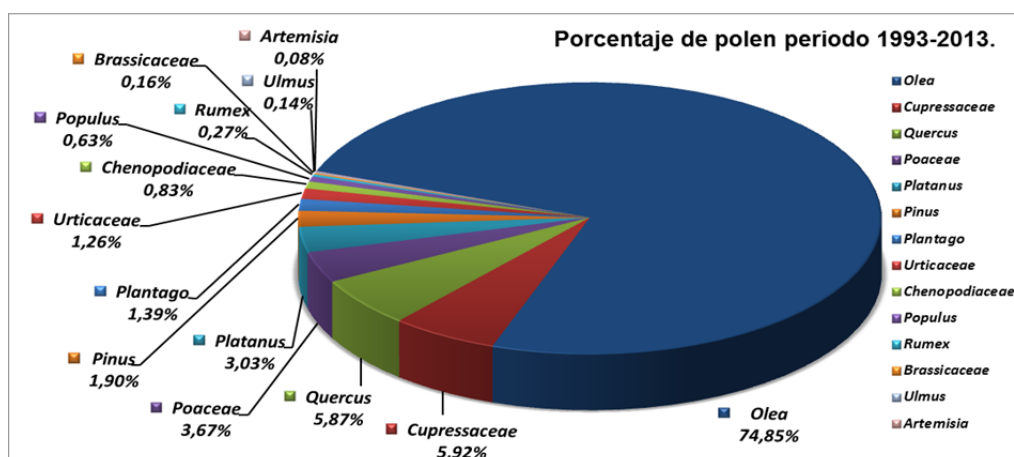


Figura 32. Porcentaje del polen del espectro polínico de la ciudad de Jaén.

Dentro del periodo de estudio, la mayor cantidad de polen registrada en la atmósfera de Jaén, se localiza desde febrero hasta junio, siendo desde principios de mayo hasta mediados de junio, cuando se alcanzan las concentraciones más intensas. Los picos máximos alcanzados a lo largo de todo el periodo estudiado siempre corresponden al polen de olivo, destacando los 16.871granos/m³ alcanzados en mayo de 2013. Que supone la concentración más elevada registrada en el ámbito mundial para un polen de carácter alergénico.

Concentraciones absolutas destacadas (>1000granos/m³ de aire) también son registradas en los tipos polínicos *Cupressaceae*, *Poaceae*, *Platanus*, aunque éstas son similares a las registradas en otras estaciones del sur peninsular. (Díaz de la Guardia et al., 1999)

Evolución estacional y tendencia.

En la atmósfera de Jaén se registra polen durante todo el año, sólo con los tipos polínicos que hemos estudiado se cubren todos los meses del año ya que la producción de polen se va solapando entre los diferentes taxones. Uno de ellos, como es el caso de *Urtica*, produce polen durante todo el año aunque sus emisiones no son muy elevadas respecto a la de los demás taxones del espectro polínico (Figura 32).

El polen de *Olea* L. es el primero en importancia dentro de nuestro espectro polínico ya que representa el 75% del total del mismo. La causa la encontramos en el cultivo del olivar que ocupa aproximadamente un 44% de la

superficie de la provincia de Jaén, con aproximadamente 65 millones de olivos. La floración del olivo comienza en abril, en zonas bajas del Valle de Guadalquivir y termina en junio, en áreas montañosas de las Serranías Subbéticas. En cambio, para un área geográfica determinada podemos constatar que la polinización se realiza en un periodo relativamente corto, donde la floración y el polen, dispersa de manera explosiva. Los primeros granos aparecen casi de manera aislada y a los pocos días su número aumenta considerablemente. La polinización de esta planta es anfífila, principalmente anemófila, pero de manera alternativa puede ser polinizada por pequeños insectos. La T^a media óptima, a la que se alcanzan las concentraciones más elevadas, siempre es superior a los 18°C . El día 13 de mayo de 2013, se batieron cifras históricas, nuestro captador registró $16.604 \text{ granos/m}^3$ de aire, una cantidad que supera todos nuestros registros en esta ciudad. Todo esto gracias a que en la campaña anterior se obtuvo una producción muy baja, las condiciones meteorológicas fueron poco favorables, lo favorece el aumento de la floración, cuajado y fructificación para la campaña siguiente. Pero además 2013, fue un año con unas condiciones climatológicas muy favorables, sin intensas heladas invernales, abundante lluvia y T^a óptima para la floración. Estas circunstancias inducen el fenómeno de la “vecería” en el olivar. Este fenómeno consiste en la alternancia entre cosechas malas y buenas. Tras un año malo como fue 2012, le sigue uno bueno, aunque este fenómeno no tiene por qué darse de forma bienal. La ligera tendencia al aumento del polen en la atmósfera durante el periodo estudiado, posiblemente tiene su causa en un incremento continuado de la superficie de olivar en regadío, que favorece una intensa floración todos los años y limita el fenómeno de vecería.

Este polen, a pesar de no ser el de mayor capacidad alergénica, se convierte en la principal causa de polinosis en Jaén (Florido *et al.*, 1999) debido a las intensas concentraciones que se registran cada año.

El tipo polínico ***Cupressaceae*** es el segundo en importancia en el espectro polínico estudiado. Los dos periodos de polinización, separados en el tiempo, que pueden apreciarse en la variación estacional, son debidos al origen de la fuente productora. El primero que está centrado en el otoño, se corresponde con fuentes de carácter natural que necesitan una temperatura de unos 17°C para alcanzar su

óptimo. El segundo periodo y más llamativo por su intensidad, pertenece a las especies ornamentales, se produce durante el invierno, alcanzando su óptimo a una temperatura media de 11º C. La línea de tendencia indica un aumento progresivo del polen de esta especie a lo largo del periodo de estudio. Este aumento es debido a las especies ornamentales que se encuentran cultivadas, como parques y jardines, que están en aumento en esta ciudad. A modo de ejemplo ilustrativo destacamos el cultivo de más de 2.000 plantas de ciprés (*C. sempervirens*) solamente en la primera fase del Parque del Bulevar, inaugurada en 1992.

El polen de *Cupressaceae* seguirá incrementándose mientras se aumente la superficie cultivada en las zonas urbanas. Este hecho está ocurriendo en todas las ciudades andaluzas (Cariñanos et al., 2014).

Al estar representado este tipo polínico, género ***Platanus***, por pocas especies su floración es muy corta, comienza en marzo y termina en abril, su polinización es anemófila. El aumento considerable del polen de *Platanus* desde el inicio del estudio, viene dado por el importante incremento en su uso como especie ornamental y árbol de alineación en la ciudad dado que esta planta, se conoce como “Plátano de paseo” o “Plátano de sombra”, incluso en el ámbito del campus universitario. Con el paso de los años y el rápido crecimiento de esta planta, el aumento del polen se explica en gran medida por la cercanía de la fuente productora al captador. La tendencia al aumento, de este polen alergénico, es progresiva mientras se sigan plantando de forma preferente en los jardines y calles de las ciudades, de hecho en grandes ciudades como Madrid o Sevilla son una de las principales causas de alergia polínica (Gutierrez, et al., 2002).

Al integrar este tipo polínico a una familia botánica tan extensa, familia ***Poaceae*** (gramíneas), puede haber especies en floración en cualquier época del año, por lo que la presencia de este polen en el aire se dilata en el tiempo. Su polinización es típicamente anemófila. Es la cuarta familia en importancia dentro de nuestro espectro polínico y su polen tiende a aumentar. Este aumento puede tener su explicación en el uso de cubiertas vegetales en el olivar, que está en aumento. Las gramíneas que más contribuyen al espectro polínico son las anuales pertenecientes a géneros como *Lolium*, *Hordeum*, *Avena*, *Dactylis*, *Bromus*, etc., muy abundantes en herbazales y pastos. Al tratarse de hierbas anuales variaciones

interanuales entre los periodos secos y los húmedos son muy marcadas, puesto que la ausencia de precipitaciones condiciona en gran medida la abundancia y desarrollo de fuentes productoras (Sáenz, 1978)

Se trata de uno de los pólenes más alergénicos que se conocen y el de mayor importancia en el mundo.

Las plantas que integran el tipo polínico **Chenopodiaceae**, inician su floración tardíamente, en mayo, y la prolongan durante todo el verano con temperaturas altas (figura 17) La principal fuente productora de este polen proviene de los géneros *Chenopodium* y *Amaranthus* que crecen en el olivar como malas hierbas y en menor medida de otros géneros de ecologías áridas o salinas como *Atriplex*, *Salsola*, etc. La línea de tendencia (Figura 18) no muestra una caída muy acusada, el ligero descenso que se aprecia puede estar provocado por el uso de los tratamientos herbicidas y la lejanía de las principales fuentes productoras. La variación interanual se debe a los cambios en las precipitaciones. (Cariñanos et al., 2000)

Las especies del género *Parietaria* son las que aportan mayor cantidad de polen en el tipo polínico **Urtica**. Son plantas anemófilas que pueden florecer durante todo el año por lo que su presencia en el aire es muy dilatada en el tiempo. Esta fuente productora también está sufriendo los efectos de las urbanizaciones en los alrededores de la universidad, cada vez hay menos zonas alteradas con suelos muy nitrificados donde puedan prosperar estas especies y su tendencia es a disminuir.

Por el contrario este tipo polínico presenta una alta alergenicidad. (D' Amato, 1998), y no son necesarias elevadas concentraciones para desarrollar patologías alérgicas entre la población sensibilizada, estimándose una tasa de 25 granos/m³ de aire suficiente para causar polinosis. Estas concentraciones si se alcanzan con frecuencia en Jaén. (Ruiz et al. 2000)

Los árboles y arbustos naturales que componen este tipo polínico, género **Quercus**, de polinización anemófila, florecen preferentemente entre de marzo a mayo, aunque dependen considerablemente de las condiciones ambientales a las que se encuentra, especialmente la altitud. Mayoritariamente el polen registrado en la ciudad corresponde a la polinización de los encinares (*Q. rotundifolia*) que son abundantes en el entorno de la ciudad. El polen de *Quercus* presenta una ligera

tendencia, aunque no muy marcada, al aumento durante los últimos años. Esto podríamos interpretarlo como una mejora progresiva en el estado de regeneración y conservación de las masas naturales de encinar.

El polen de *Quercus* tiene escasa capacidad alergénica y a pesar de alcanzar concentraciones altas en el aire tiene poca incidencia entre la población sensibilizada (García-Mozo *et al.*, 1999).

La presencia de importantes pinares de repoblación en los alrededores de la ciudad hace que el polen de ***Pinus*** sea abundante en el aire cuando se produce su polinización. Ésta comienza a finales de febrero principios de marzo y suele terminar a finales de mayo para algunas especies, las poblaciones de las zonas de montaña prolongan su floración hasta mediados de julio. Su polinización es anemófila. Aunque la tendencia muestra un ligero aumento de la productividad durante el periodo de estudio; esto se debe al aumento de las superficies plantadas de pinos que se encuentran alrededor de la ciudad y a su rápido crecimiento. Por el contrario la variación interanual es muy acusada entre periodos secos y húmedos.

Especies del género ***Plantago*** como *P. major* L., *P. lanceolata* L., *P. lagopus* L., etc. poseen un periodo de floración relativamente amplio y son las que contribuyen en mayor medida a la presencia de polen en el aire. La línea de tendencia muestra un brusco descenso durante el periodo de estudio, lo que demuestra cómo ha ido disminuyendo la fuente productora durante los 22 años de estudio. La Universidad de Jaén, donde está el captador, se encuentra sobre el paraje de las lagunillas. En esta zona se formaban lagunillas en la temporada de lluvias ya que la capa freática está relativamente alta. Al principio del periodo de estudio, año 1993 y 1994, los alrededores de la universidad no estaban edificados por lo tanto había mucha superficie donde prosperaba este tipo de vegetación, propia de pastizales húmedos. Durante el paso de los años toda la superficie se ha urbanizado y como consecuencia la fuente productora ha ido desapareciendo. En años muy húmedos la planta aparece, como queda registrado en la gráfica con picos muy altos, pero no tanto como antes debido a la pérdida de superficie. (Ruíz *et al.*, 1999)

El polen de ***Populus*** registrado en la atmósfera de Jaén proviene mayoritariamente de las especies ornamentales. Es un árbol que comienza su

floración en el mes de febrero, cuando las temperaturas alcanzan los 13°C y termina a finales o principios de abril. Las variaciones interanuales observadas son debidas a las condiciones meteorológicas, en las que las emisiones de polen son menores los meses en los que la humedad no ha sido óptima para esta especie. La línea de tendencia, no muestra variación alguna durante el periodo de estudio, lo que podría indicar que su uso ornamental no ha aumentado y que se mantienen las choperas y alamedas naturales que hay cerca de la capital.

El polen de ***Ulmus*** en la atmósfera de Jaén proviene fundamentalmente de las especies ornamentales cultivadas en los jardines y parques. A pesar de que la fuente productora es abundante no se registra una alta productividad probablemente inducida por su fenología invernal tan acusada. El hecho de que la tendencia del polen de olmo sea ligeramente positiva se debe en primer lugar a los ejemplares que se encuentran cerca del captador y a que está siendo cada vez más utilizado como planta ornamental, algo parecido a lo que viene ocurriendo con *Platanus*.

Se comienza a tener registros de este tipo polínico desde mediados de febrero cuando la temperatura media diaria ya supera los 15°C. En Jaén, la principal fuente productora del polen de ***Brassicaceae*** está en el olivar, donde podemos encontrar en el mes de marzo los suelos poblados con diversas especies de jaramagos (*Sinapis* ssp., *Diplotaxis* ssp., *Brassica* ssp., *Moricandia* ssp.) Esta especie tiene un ciclo biológico rápido, su crecimiento, floración y producción de semillas se realiza en un corto periodo de tiempo escapando al tratamiento con herbicidas que recibe el olivar. Son plantas picolonizadoras a las que el tratamiento del olivar le supone un óptimo ecológico para asentarse de forma natural, ocupando la primera etapa del escalón de la sucesión ya que cuando empiezan a aparecer otras hierbas, no compiten bien con ellas. El ligero aumento en la línea de tendencia indica que en estos momentos le favorecen las labores agrícolas, que elimina competidores, el cultivo ecológico y el desarrollo de la cubierta vegetal en los olivares. La variación interanual es debida a las condiciones climatológicas. La escasa presencia en la atmosfera de este polen, que no supone riesgo para la población sensibilizada, no se corresponde con la abundancia de fuente productora en el territorio, debido a que se trata de plantas entomófilas y por tanto la liberación de polen al aire es puramente accidental. En cambio, en el entorno más próximo a poblaciones vegetales de este tipo se ha constatado que las concentraciones en el

aire son muy elevada y son causa de polinosis entre agricultores que entran en contacto directo con ellas (Anguita *et al.*, 2007)

La emisión de polen de ***Rumex*** en el aire de Jaén no es muy elevada, alcanza una media de 5 granos/m³ como máximo en nuestro periodo de estudio, cuando la temperatura media ronda los 18°C. Su polinización es anemófila. La urbanización de los terrenos cercanos a la estación captadora y la extinción de las lagunillas marcan la tendencia negativa que se ha observado ya que la ecología preferente de estas plantas es de suelo húmedo. Al igual que ocurre para el polen de *Plantago*, esta fuente productora de polen está disminuyendo.

En la dinámica estacional del tipo polínico ***Artemisia*** se aprecia la existencia de dos periodos de máximas concentraciones. El primero comienza a principios de agosto y alcanza su máximo a principios de noviembre, cuando las condiciones meteorológicas le son más favorables para la floración, alrededor de los 15°C de temperatura. El segundo, a finales de diciembre, donde la concentración de polen disminuye pero se mantienen hasta febrero-marzo. Se trata de plantas del género *Artemisia* que se encuentra muy lejos de la zona de captación ya que es propia de ambientes áridos y son todas naturales. La tendencia se mantiene estable, tan solo se aprecian variaciones interanuales que se corresponden con las condiciones climatológicas especialmente las precipitaciones. Cabe destacar años muy secos como 2012, 1995 y 1994 en los que los registros de polen son mínimos y años en los que las lluvias han sido más abundantes, como son 2007 y 1998 en los que se aprecia el aumento del polen en la atmósfera.

A pesar de que las concentraciones en Jaén son muy bajas, se trata de un polen alergénico presente en casi todas las ciudades de la península, especialmente en las localidades costeras y en el sureste (Trigo *et al.*, 2008; Cariñanos *et al.* 2000)

Relación entre dinámica atmosférica y Temperatura.

Diversos estudios han demostrado la influencia de la temperatura en el proceso de polinización de las fuentes vegetales y dinámica de polen en el aire. En general un aumento de la temperatura desde el inicio de la floración estimula la antesis de un mayor número de flores y favorece la dispersión de polen en el aire

(Mandrioli et al., 1998). Este efecto ha sido corroborado en nuestro estudio ya que ha sido observada la relación directa entre la Tª media y el periodo prepico en todos los tipos polínicos estudiados. En cambio estos mismos autores (Mandrioli et al., 1998) constatan como hacia el final de la polinización la temperatura puede ejercer un efecto contrario sobre la floración puesto que ésta ya es menos abundante, acelera su marchitamiento y por tanto la dispersión del polen. Este fenómeno no se ha observado de forma clara en el análisis de correlación y solamente los tipos polínicos *Cupressaceae* y *Olea* han mostrado una relación inversa en el periodo de postpico, una vez cumplido el grueso de la polinización el aumento de la temperatura produce el marchitamiento de la flor. (Ruiz, 2001).

Calendario polínico.

El calendario polínico realizado para la ciudad de Jaén es una herramienta divulgativa de gran utilidad para la población, especialmente aquella que está sensibilizada a distintos pólenes alergénicos. En él se representa gráficamente, de forma clara y sencilla, los periodos de riesgo para distintos pólenes alergénicos además de reflejar la intensidad media (dada en granos/m³) que cada uno de ellos alcanza en el aire. De este modo ayuda a la prevención de las polinosis puesto que la población sensibilizada puede autoevaluar su periodo de incidencia y riesgo para su salud.

En nuestro trabajo se ha observado claramente un periodo de máximo riesgo comprendido entre febrero y junio, cuando se produce la floración y polinización de los principales taxones alergénicos como *Cupressus*, *Platanus*, *Poaceae*, *Olea* y otros muchos de menor relevancia. En cambio, el periodo estival y otoñal son los de menor riesgo para esta población. No obstante destacamos el mes de mayo y primera quincena de Junio como el periodo de mayor riesgo para la población sensibilizada ya que coincide al mismo tiempo la floración del olivo y el de las gramíneas. Por tanto se acumulan las mayores concentraciones en el aire de pólenes alergénicos que se conocen de ámbito mundial.

Por otra parte, consideramos muy relevante el creciente aumento de la presencia de polen en periodos invernales debida fundamentalmente a especies

ornamentales de carácter alergénico como *Platanus* y *Cupressu*. En este sentido, y como muestran las tendencias crecientes que hemos observado en los últimos años se convertirán en una causa importante de alergias netamente de periodo invernal (febrero y marzo).

Este calendario polínico de Jaén no difiere significativamente al observado en otras ciudades del sur peninsular (REA, 2000) en cuanto a la composición polínica de los taxones encontrados. En cambio supera ampliamente la tasa que se registra anualmente de polen de olivo (clase exponencial 11), jamás registrada para ningún tipo polínico en toda la cuenca mediterránea.

9. CONCLUSIONES.

De este estudio, se recogen las siguientes conclusiones:

1.- El calendario polínico sirve para a establecer los periodos de riesgo de alergias para las personas sensibilizadas.

2.- Los periodos de polinización más intensos, en cuanto a concentraciones alcanzadas de polen en el aire, corresponde con los tipos polínicos *Olea*, *Cupressaceae*, *Platanus*, y *Poaceae*. En todos ellos la temperatura ejerce un efecto marcadamente positivo, favoreciendo el aumento de la floración de estos taxones y por tanto la cantidad de polen en el aire.

3.- En la atmósfera de Jaén se está produciendo un aumento importante de la presencia de *Platanus* y *Cupressaceae*, debido al aumento de estas especies ornamentales en la ciudad. Por el contrario la abundancia de polen de algunas hierbas como *Plantago* y *Rumex* está disminuyendo considerablemente.

4.- El polen alergénico en la atmósfera de Jaén se concentra fundamentalmente en los meses de febrero y junio. Destacando el mes de mayo como el de mayor riesgo por coincidir en el tiempo las altas tasas de polen de olivo con las de las gramíneas lo que supone aproximadamente el 81% del espectro polínico analizado.

5.- El polen de *Olea* se coloca en la clase exponencial 11, el registro en un calendario polínico, más alto que haya alcanzado nunca ningún otro taxón de la provincia y de la Península.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Red Española de Aerobiología (REA).(2000). Revista Española de Aerobiología. **6** Málaga.
- Alcázar, P. & Comtois P. (2000). "The influence of sampler height and orientation on airborne Ambrosia pollen counts in Montreal." Grana **39**(6): 303-307.
- Anguita, J.L.; Palacios, L.; Valenzuela, L.R. ; Bartolome, B.; Lopez Urbano, M.J.; Sáenz de San Pedro, B.; Cano Carmona,E. & Quiralte,J. . (2007). "An occupational respiratory allergy caused by Sinapis alba pollen in olive farmers." Allergy **62**:447-450
- Cariñanos,P.; Casares-Porcela,M.& Quesada-Rubio, J.M. (2014). "Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain." Landscape and Urban Planning **123**:134-144
- Cariñanos, P.; Galán, C.; Alcázar, P.& Domínguez,E. (2000). "Allergenic polen in the subdesert areas of the Iberian Peninsula." Invest. Allergol. Clin. Immunol. **10**: 242-247.
- D'Amato, G. (1998). "Parietaria: un polline d'attualità." Aria, Ambiente e salute **2**: 10-12.
- Díaz de la Guardia, C.; Sabariego, S.; Alba, F.; Ruíz, L.; García-Mozo, H.; Toro, F.J.; Valencia,R.; Rodríguez-Rajo, F.J.; Guàrdia, A.& Cervigón, P. (1999). "Aeropalynological study of the genus Platanus L. in the Iberian Peninsula. ." Polen **10**: 93-101.
- Domínguez Vilchez, E.; Alcázar Teno, P.; Cariñanos González, P. & Galán Soldevilla, C.(2007). Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología. Córdoba, Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba.

- Florido, J.F. ; Delgado, P.G.; Desanpedro, B.S. de; Quiralte, J.; Saavedra, J.M.A. de; Peralta, V.& Valenzuela, L.R.(1999). "High-levels of olea europea pollen and relation with clinical findings." *Int. Arch. Allergy Imm.* **119(2)**: 133-137.
- Frenguelli, G. (1998). "The contribution of aerobiology to agriculture." *Aerobiologia* **14**: 5.
- García Mozo, H.; Galán, C. ; Cariñanos, P.; Alcázar,P.; Méndez,J.; Vendrell, M.; Alba,F.; Sáenz,C.; Fernández,D.; Cabezudo, B. & Domínguez,E. (1999). "Variations in the Quercus sp. Pollen season at selected sites in Spain." *Polen* **10**: 59-69.
- Gutierrez Bustillo, M.; Cervigón Morales, P. & Pertiñez Izquierdo, C.(2002). "Aerobiología en Madrid: Estación de Ciudad Universitaria." *Red Española de Aerobiología* **7**.
- Mandrioli,P.; Comtois, P. & Levizzani,V. (1998). *Methods in Aerobiology.*, Pitagora Editrice.
- Ruiz, L. (2001). *Estudio aerobiologico de la atmósfera de Jaén: Espectro polínico, modelos de pronóstico e incidencia de los principales aeroalergenos.* Jaén, Universidad de Jaén.
- Ruiz, L.;Cano, E.; Díaz de la Guardia, C.(2000). "Aerobiología en Andalucía: Estación de Jaén(1999)." *Red Española de Aerobiología* **6**.
- Ruiz, L.; Díaz de la Guardia, C.; Cano,A. & Cano,E. (2002). "Aerobiología en Andalucía: Estación de Jaén (2000-2001)." *Red Española de Aerobiología* **7**: 77-82.
- Sáenz, C. (1978). *Polen y esporas (Introducción a la Palinología y vocabulario palinológico).* Madrid, Ed. Blume.
- Spieksma, F. Th.M (1991). *Regional European Pollen Callendars.* En: D'Amato, G.; F.Th.M Spieksma & Bonini, S.(eds.). Cambridge, Inglaterra., Blackwell Scientific Publications.

Trigo, M.M.; Jato, V.; Fernández-González, D & Galán, C.(2008). Atlas aeropalínológico de España. . León.