



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Relación entre la fenología de
floración e incidencia polínica
en la atmósfera de Jaén de
especies ornamentales
alergénicas.

José Chica López

Septiembre, 2015



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

**Relación entre la fenología de
floración e incidencia polínica
en la atmósfera de Jaén de
especies ornamentales
alergénicas.**

José Chica López

Septiembre, 2015

RESUMEN

La dinámica del polen en el aire suele estar relacionada con la distribución y abundancia de las fuentes productoras del entorno. El presente trabajo relaciona la fenología de floración de especies de carácter alergénico y uso ornamental con la dinámica de polen en la atmósfera de la ciudad de Jaén. Las especies estudiadas son *Acer negundo* L., *Pinus halepensis* Miller, *Platanus hispanica* Mill ex Münchh, *Populus alba* L., *Populus bolleana* Lauche y *Ulmus pumila* L., y los tipos polínicos analizados son *Acer*, *Pinus*, *Platanus*, *Populus* y *Ulmus*. Las observaciones fenológicas se han realizado en tres puntos distintos de la ciudad, y los datos aerobiológicos se han obtenido usando un captador volumétrico tipo Hirst. Se observa una relación directa entre fenología de floración y dinámica polínica, siendo *Acer negundo*, *Platanus hispanica*, y en menor medida *Ulmus pumila*, las especies que mejor ajustan su fenología a la dinámica estacional de polen.

ABSTRACT

Dynamics of pollen in the air usually are related to the distribution and abundance of the producing sources in the environment. The present work relates flowering phenology of allergenic and ornamental species to pollen dynamic in the atmosphere of Jaén city. The species studied are *Acer negundo* L., *Pinus halepensis* Miller, *Platanus hispanica* Mill ex Münchh, *Populus alba* L., *Populus bolleana* Lauche and *Ulmus pumila* L. and pollen taxa analyze are *Acer*, *Pinus*, *Platanus*, *Populus* y *Ulmus*. Phenological observations have been made in three different spots in the city and aerobiological data were obtained by using Hirst-type volumetric pollen trap. A direct relationship between flowering phenology and pollen dynamic is observed, especially with *Acer negundo*, *Platanus hispanica*, and to a lesser extent *Ulmus pumila*, which are species that best fit their phenology with seasonal pollen dynamics.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivo general	7
1.2. Objetivos específicos	7
2. MATERIAL Y MÉTODOS	7
2.1. Área de estudio	7
2.2. Características climatológicas	8
2.3. Estudio fenológico	9
2.3.1. Especies estudiadas	9
2.3.2. Seguimiento fenológico	12
2.4. Estudio aerobiológico	15
2.4.1. Tipo de captador	15
2.4.2. Localización del captador	15
2.4.3. Preparación y tratamiento de las muestras	15
2.4.4. Periodo de polinización principal (PPP)	16
3. RESULTADOS	17
3.1. Estudio aerobiológico	17
3.2. Estudio fenológico	19
3.3. Estudio de tipos polínicos	24
3.3.1. Tipo polínico Ulmus	24
3.3.2. Tipo polínico Populus	27
3.3.3. Tipo polínico Pinus	29
3.3.4. Tipo polínico Acer	32
3.3.5. Tipo polínico Platanus	34
4. DISCUSIÓN	37
4.1. Variables termo-pluviométricas	37
4.2. Estudio fenológico	38
4.3. Dinámica de polen en la atmosfera	39
4.3.1. Acer	40
4.3.2. Pinus	40
4.3.3. Platanus	40
4.3.4. Populus	41
4.3.5. Ulmus	41
4.4. Relación entre fenología de floración y dinámica de polen.	42
5. CONCLUSIONES	44
6. BIBLIOGRAFÍA	45
7. ANEXO I. Fases fenológicas	48

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado considerablemente el número de personas que se ven afectada por algún tipo de alergia producida por pólenes. Se estima que 400 millones de personas en el mundo actualmente padecen una rinitis alérgica, y que en torno al 80% tienen síntomas antes de cumplir los 20 años (Miralles, 2015).

La incidencia que tiene el polen sobre el hombre ha hecho que aumente el interés en la aerobiología, y más en concreto en la aeropalinología, rama de la aerobiología centrada en el estudio de las esporas (incluidos los granos de polen) presentes en la atmósfera, y su variación en esta a lo largo del tiempo, desde que se dispersan en el aire hasta su deposición (Hyde, 1969), con lo que los estudios e investigaciones en este campo han aumentado significativamente en las últimas décadas.

Los resultados y conocimientos obtenidos en estos estudios tienen aplicaciones principalmente en cuestiones de salud pública así como en agricultura, y por tanto estas investigaciones se han centrado en especies vegetales con un marcado carácter alergénico o que supongan un interés comercial.

Sin embargo a partir de la Revolución Industrial se viene dando un fenómeno en las ciudades, y es el de la creación de zonas verdes, zonas abiertas o públicas de las poblaciones donde el elemento principal son las masas vegetales, espontaneas o artificiales, cuyo uso es el disfrute de la población (Vaquero del Pino, 2010), y que actualmente son consideradas imprescindibles en cualquier núcleo urbano.

Por lo tanto la atmósfera de las ciudades presenta un espectro polínico en el que están incluidos distintos pólenes de procedencia ornamental. Estos se encuentran en porcentajes menores en comparación con el polen de cultivos o grandes masas de individuos de una misma especie, ya que se tratan de comunidades vegetales compuestas por individuos dispersos y/o pequeños

grupos de diversas especies. Aun aportando menor cantidad de polen a la atmósfera, se hace necesario el estudio de esta flora ya que comparte espacio con la población que puede verse afectada por ella, en Europa se estima que en torno al 17 y el 29% de la población sufre algún proceso de alergia polínica (Vauchau, V & Durham, S.R., 2004), y por tanto el estudio del ciclo de vida de estas especies ornamentales.

La fenología es la ciencia encargada de ello, estableciendo el comienzo y final de las distintas fases de desarrollo por las que pasa una planta, lo que contribuye a evaluar las tasas de crecimiento de esta (Salazar et al., 2006). A cada una de estas fases se le llama fase fenológica o fenofase y está caracterizada por cambios fisiológicos en el individuo.

La flora para ser considerada como causante de polinosis debe cumplir los principios descritos por Thommen; debe de producir grandes cantidades de polen cuyo vector de polinización sea el viento, por lo que el polen también debe de ser suficientemente ligero (10-40µm de tamaño) para facilitar su transporte y permanencia en el aire. Además la planta que lo produce debe de estar amplia y abundantemente distribuida, y por último debe de tratarse de polen alergénico (Newman, 1980).

La carga de pólenes atmosféricos depende de diversos factores, tanto la presencia de un determinado tipo de vegetación, en cuanto a su producción polínica o presencia abundante, así como de su fenología floral que es determinante en la dinámica estacional de los tipos polínicos presentes, y que también está condicionada por la climatología y la meteorología.

Los factores meteorológicos influyen en la cantidad de granos presentes en el aire, a su emisión, dispersión y deposición conjuntamente. Temperaturas altas y condiciones de sequedad favorecen concentraciones elevadas, al contrario que las bajas temperaturas, la precipitación y la elevada humedad relativa del aire que favorecen la sedimentación del polen (Ruíz Valenzuela, 2001)

Uno de los factores mencionados es la fenología floral, por lo que también se hace necesario conocer el ciclo biológico de estas especies ornamentales, para relacionar las concentraciones de polen presentes en el aire con el estado de desarrollo que presenta las especies.

Dado que está en aumento el interés en el polen de procedencia ornamental se ha realizado el estudio aerobiológico y el seguimiento fenológico de cinco taxones ornamentales en la ciudad de Jaén, planteando los siguientes objetivos.

1.1. Objetivo general

Relacionar la fenología de floración de especies ornamentales alergénicas con la dinámica polínica en la atmósfera de la ciudad de Jaén.

1.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la fenología de floración de 6 especies de carácter alergénico del entorno urbano.
2. Analizar la dinámica atmosférica de esos cinco tipos polínicos.
3. Comparar la intensidad de polen en el aire con la fenología de floración de las especies.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La ciudad de Jaén con una altitud media de 550 m.s.n.m. se encuentra al Sur-Sureste de la península Ibérica. Su localización exacta es 37° 46' de latitud Norte y 3° 47' de longitud Oeste. La ciudad se encuentra entre la Depresión del Guadalquivir y las Cordilleras Subbéticas, rodeada por extensos cultivos de olivar, cuyo tipo polínico es el predominante en su atmósfera (Ruíz Valenzuela, 2001).

2.2. Características climatológicas

El clima de Jaén se clasifica como mediterráneo continental caracterizado por fuertes contrastes estacionales. La temperatura media anual está en torno a 17 °C. Los inviernos son cortos y templados siendo enero el más frío con 8,3 °C de media y el verano es más largo y caluroso con 27,4 °C de media. La oscilación térmica anual es de 19,1 °C, en enero no supera los 7,3 °C mientras que en julio llega a alcanzar los 14 °C. En cuanto al régimen de precipitaciones, la mayor parte en forma de lluvia, el total anual es de 582,6 mm repartido de forma desigual. Los valores máximos se dan desde diciembre a marzo, siendo este el mes más lluvioso (83,4 mm). La época estival es especialmente seca alcanzando el mínimo de precipitación anual en julio (4,3 mm) (Ruiz Valenzuela, 2001).

Para elaborar el presente trabajo se han utilizado los datos de temperatura media diaria y precipitación diaria entre los meses de enero y abril (Figura 1). Los datos utilizados se han obtenido de la estación meteorológica de la Universidad de Jaén (UJA) y de la estación de la Agencia Estatal de Meteorología (extr.) situada en Jaén, en el Parque del Cerro de los Lirios.

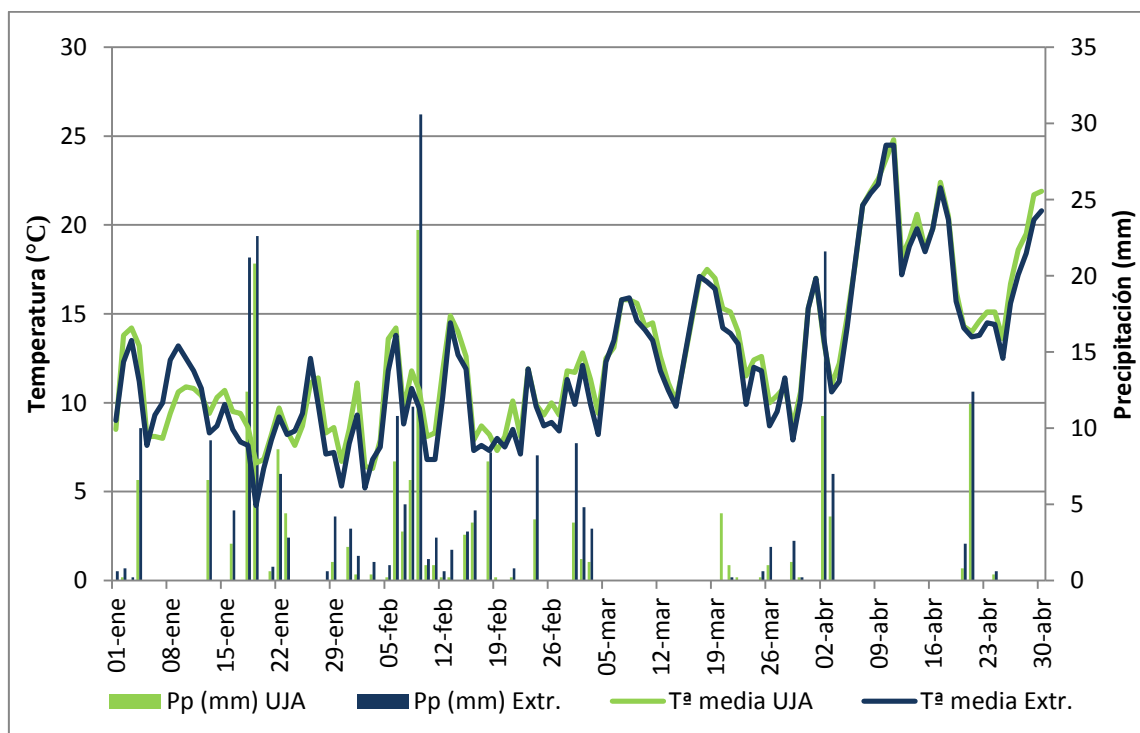


Figura 1. Variación diaria de la temperatura media y la precipitación para el periodo estudiado (enero – abril)

Para los análisis posteriores se ha optado por utilizar la media de las medidas de ambas estaciones, tanto de la temperatura media como de la precipitación diaria.

2.3. Estudio fenológico

Las especies sobre las que se ha llevado a cabo el seguimiento fenológico son *Acer negundo* L., *Pinus halepensis* Miller., *Platanus hispanica* Miller ex Münchh, *Populus alba* L., *Populus bolleana* Lauche y *Ulmus pumila* L. Cada una de ellas es la especie más representativa de su taxón en la ciudad de Jaén, por su presencia y abundancia en zonas verdes y en el entorno urbano.

2.3.1. Especies estudiadas

Acer negundo L.

Arce, arce de hoja de fresno. Árbol de hasta 15-20m de altura, caducifolio. Sus hojas son compuestas, con 3-7 folíolos de forma ovado-oblonga y de copa frondosa, más o menos redondeada. Son dioicos con lo que flores femeninas y masculinas se encuentran en pies distintos. Flores poco vistosas de unos 5mm dispuestas en racimos colgantes con largos pedicelos que se desarrollan en las ramas menores del año anterior, y aparecen antes que las hojas. Fruto seco y alado, en doble sámara, con alas formando un ángulo agudo. Florece entre marzo y abril, y la polinización es anemófila. (Díaz de la Guardia & Blanca, 1994; Vaquero del Pino, 2010).

Localización en la ciudad de Jaén: es una especie muy utilizada entorno urbano. No se encuentra muy concentrados, salvo en algunos lugares como el parque junto a la Avenida Universidad, ya que principalmente se emplean en alineación de calles, por ejemplo en Arquitecto Berges se encuentran ejemplares antiguos y de gran tamaño.

Pinus halepensis Miller

Pino carrasco, pino de Alepo. Árbol de hasta 20 m de altura, perennifolio. Acículas muy finas en grupos de dos, de color verde claro, que se disponen en espiral a lo largo de una vaina basal. Presenta una copa clara y con poco follaje. Flores unisexuales agrupadas en gran número alrededor de pequeños ejes llamados conos, las masculinas presentan color amarillo-pardo, y van tornando a rojizo conforme tiene lugar la floración. Los estróbilos son de 6-11 cm, ovado-cónicos, recurvados, castaño-rojizos, sobre pedúnculos de 1-2 cm. Florece entre los meses de marzo y mayo, y la polinización es anemófila (Díaz de la Guardia et al., 1994).

Localización en la ciudad de Jaén: *P. halepensis* es una especie autóctona muy abundante en la provincia, pero en la ciudad su presencia está limitada a los parques, en pequeños grupos o individuos puntuales. Se encuentran más en la periferia de la ciudad, y en la Universidad hay bastantes ejemplares de esta especie. En el Parque del Cerro de los Lirios se encuentran en gran número individuos más jóvenes.

Platanus hispánica Miller ex Münchh

Plátano de paseo, plátano de sombra. Árboles de gran talla, hasta 30 m, monoicos, caducifolios y monoicos. Hojas simples, con un largo peciolo ensanchado en la base, palmeadas con 3-7 lóbulos agudos, enteros o con dientes gruesos. Flores de pequeño tamaño, dispuestas en inflorescencias unisexuales esféricas, que cuelgan de largos pedúnculos, entre 2 y 3 inflorescencias globosas por pedúnculo. Aparecen a la vez flores y hojas. Infrutescencias esféricas de 2,5-3 cm de diámetro, colgantes que liberan en la madurez numerosos arquenios con un penacho de pelos en la base. Los frutos maduran hacia final del verano y no se desprenden hasta el año siguiente. Su época de floración está comprendida entre marzo y abril. Polinización anemófila (Díaz de la Guardia et al., 1994; Trigo et al., 2008).

Localización en la ciudad de Jaén: especie muy abundante y extensamente cultivada en la ciudad. Se encuentra en jardines y parques, pero

especialmente, gracias al porte y sombra que consiguen, son muy utilizadas en alineación de calles y avenidas. Ejemplo de ello son todos los árboles que recorren el Paseo de la Estación. Un ejemplar a destacar por su tamaño y antigüedad es el situado en la esquina de Arquitecto Berges con la Avenida del Ejército Español.

Populus alba L.

Chopo blanco, álamo blanco. Árboles de hasta 25 m, dioicos caducifolios. Hojas de 6 a 12 cm, simples, alternas, largamente pecioladas, deltoideas, subelípticas u ovado-romboidales, verdes oscuras por el haz y blanco-tormentosas por el envés. La variedad “bolleana”, también llamada “pyramidalis”, posee un tronco uniformemente ramificado casi desde la base y el porte es mucho más erguido. Las flores se presentan en amentos colgantes que nacen antes que las hojas; las masculinas de 3-8 cm, muy vellosas; las femeninas de 8-14 cm, más laxas y poco pelosas; están dispuestos en brácteas dentadas, caducas. El fruto es una cápsula que se abre en dos valvas, liberando numerosas semillas pelosas (Trigo et al., 2008; Díaz de la Guardia et al., 1994). Su periodo de floración está comprendido entre febrero y marzo. En el caso de *P. bolleana* es frecuente que se retrase hasta abril (Ruiz Valenzuela, 2001).

Localización en la ciudad de Jaén: *P. alba* es una especie autóctona que se desarrolla en sotos y riberas de los ríos cercanos a la ciudad. La variedad alóctona *P. bolleana* es mucho más usada con fines ornamentales. En la ciudad se encuentra tanto en parques y jardines (jardines del Complejo Hospitalario de Jaén o el Parque del Cerro de los Lirios) como en calles y disperso por toda la ciudad o en pequeños grupos de dos o tres árboles.

Ulmus pumila L.

Olmo de Siberia, olmo enano. Árbol caducifolio de escaso porte, con la copa globosa y ramillas simétricas y péndulas. Con hojas más pequeñas que las de otras especies de su género, alternas, lanceoladas, con borde aserrado simple. Haz verde intenso, liso, envés glabro. Flores muy precoces, de color

rosado dispuestas en glomérulos casi dentados asentados en las ramas. Fruto en sámara que madura rápidamente, con la semilla en el centro. Florece entre febrero y marzo, pudiendo adelantarse a los últimos días de enero. Polinización anemófila (Vaquero del Pino, 2010; Díaz de la Guardia et al., 1994).

Localización en la ciudad de Jaén: especie muy abundante aunque no tanto como *Populus* o *Platanus*. Se utiliza principalmente en alineación de calles (por ejemplo Avenida Madrid o calle San Pedro Higuera), y se encuentra puntualmente en parques o descampados. En la naturaleza al ser una especie riparia también se puede encontrar en zonas de ribera en las cercanías de Jaén.

2.3.2. Seguimiento fenológico

Primero se seleccionaron las zonas en las que se iban a realizar las observaciones fenológicas. Se escogieron tres zonas distintas y los criterios aplicados para su selección fueron su cercanía a la estación de muestreo, que además existiera un gradiente altitudinal entre la zona más próxima a la estación y la más lejana, y que se encontraran individuos de los taxones objeto de estudio. Las tres zonas seleccionadas para el seguimiento fenológico fueron:

- **Primera zona:** el campus de la Universidad de Jaén (UJA), donde se encuentra el captador de partículas. (436 m altitud).
- **Segunda zona:** el centro de Jaén (centro), (539 m altitud) en el Parque de la Concordia y alrededores, a unos 1.900 metros del captador.
- **Tercera zona:** el extrarradio de la ciudad (extr.) (566 m altitud) concretamente el Parque del Cerro de los Lirios junto a la estación de bomberos, a 2.950 metros del captador. Es el lugar más alejado de la Universidad en el que encontrar todas las especies ornamentales. También está incluida en el extrarradio un grupo de *P. alba* situados a 3 km del captador hacia el oeste junto al Río Jaén (380 m de altitud).

En cada lugar se seleccionaron al menos 5 árboles de cada especie, siendo en la mayoría de casos entre 6 y 9. Se seleccionaron individuos adultos, que no hubieran recibido podas intensas y que presentaban un estado saludable y en el caso de *A. negundo* y *P. alba* al tratarse de especies dioicas, previamente se identificaron los árboles masculinos. En *A. negundo* los árboles femeninos tras la polinización producen el fruto de tipo disámara, que favorece su dispersión por el viento. Al caer las disámaras sus correspondientes pedicelos quedan colgando del árbol y van cayendo conforme se aproxima la siguiente floración. En los árboles con flores masculinas tras la polinización estas caen quedando el árbol totalmente desnudo en invierno. En el caso de *P. alba* y *P. bolleana* no hay ninguna característica morfológica que nos indique en invierno, con el árbol desnudo, cual es un pío femenino o masculino. Por tanto se seleccionaron más individuos en previsión de que algunos fueran femeninos y hubieran de descartarse cuando comenzaran a aparecer las yemas florales masculinas.

Al tratarse de especies ornamentales que no suponen un interés comercial o una gran incidencia en las alergias, son especies menos estudiadas y no existen unas pautas o clasificación específica para definir las fases fenológicas de cada una de ellas. Algunos trabajos fenológicos sobre *Platanus hispanica* (Cadenas et al., 2009) o *Ulmus pumila* (Murray & Savenanu, 2013) han definido sus propias fenofases de acuerdo a las necesidades de sus investigaciones. En el presente trabajo se ha hecho lo mismo, definiendo fases numeradas del 1 al 7 (Anexo I), prestando especial atención a las correspondientes a la floración. La descripción de cada fenofase es la siguiente:

- **Fenofase 1:** estado de yema, desde su aparición hasta que comienza a aparecer las inflorescencias. No se hacen distinción de fases en el desarrollo de las yemas.
- **Fenofase 2:** formación de inflorescencia
- **Fenofase 3:** inflorescencia totalmente formada.
- **Fenofase 4:** inicio de la floración. Menos del 15% de las flores están liberando polen.
- **Fenofase 5:** plena floración. Más del 15% de las flores están liberando polen.

- **Fenofase 6:** final de la floración. Menos del 15% de las flores están liberando polen.
- **Fenofase 7:** fructificación. La polinización ha finalizado.

Las fases 1, 2 y 3 se corresponden con el periodo de prefloración, las fases 4, 5 y 6 con el periodo de floración, y la fase 7 con la fructificación.

Las observaciones fenológicas en campo fueron realizadas desde febrero hasta abril del año 2014 sobre un total de 110 árboles. Se realizaron al menos dos visitas semanales a cada zona, no dejando pasar más de tres días entre visitas. Para determinar el estado fenológico de cada árbol se realizaron observaciones de su desarrollo sobre dos ramas, una orientada al norte y otra hacia el sur, obteniendo un valor medio para cada individuo. Los datos eran anotados en una ficha diseñada para tal fin (Tabla 1).

Zona de muestreo:																	
	Fecha:																
Especie	Individuo	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
	1																
	2																
	3																
	4																
	5																

Tabla 1. Ejemplo de ficha donde se anotan las observaciones fenológicas.

2.3.3. Tendencia y amplitud fenológica

Para poder representar el desarrollo fenológico de cada especie se necesita una serie continua de valores, que se obtuvieron interpolando los datos fenológicos tomados anteriormente para cada zona. Con esta serie continua de datos, se consigue la tendencia fenológica que nos permitió calcular los días que duró cada periodo (prefloración, floración y fructificación), es decir la amplitud fenológica de cada especie en cada una de las zonas.

Este cálculo se realiza del siguiente modo para cada especie:

1º Se interpolan los datos muestreados para conseguir una serie continua de datos en cada una de las tres zonas muestreadas.

2º Como disponemos de dos valores de estado fenológico por individuo (rama N y rama S) se realiza la media de ambos para obtener un único valor de fenología por individuo y día.

3º Lo siguiente es hacer un promedio del estado fenológico de todos los individuos pertenecientes a cada zona. Así conseguimos un único valor diario del estado fenológico de la especie en cada zona.

4º Finalmente tenemos pues tres series de datos del estado fenológico de la especie (UJA, centro y extrarradio). Realizando la media de las tres zonas obtenemos la tendencia fenológica de la especie en la ciudad.

2.4. Estudio aerobiológico

2.4.1. Tipo de captador

Para el muestreo aerobiológico se ha utilizado un captador volumétrico tipo Hirst, comercializado por Burkand Co. Ltd. El captador está compuesto por una bomba de vacío, que aspira un volumen de aire de 10 l/min, una veleta que permite la orientación de la entrada de aire, que pasa a través de una ranura hasta un tambor rotatorio interior. El tambor rotatorio gira a 2 mm/h (48 mm/día) y sobre él va montada una cinta transparente de Melinex impregnada en una sustancia adhesiva que permite la retención de las partículas presentes en el aire que impacta contra ella. El captador dispone de autonomía para una semana (Ruíz Valenzuela, 2001).

2.4.2. Localización del captador

El captador está instalado en la terraza del edificio de Laboratorios Docentes y Servicios Técnicos de Investigación de la Universidad de Jaén. Se encuentra a 20 m sobre el nivel del suelo y 1 m sobre la cubierta del edificio sin elementos alrededor que obstaculicen el flujo de aire (Ruíz Valenzuela, 2001).

2.4.3. Preparación y tratamiento de las muestras

Utilizando la metodología propuesta por la REA (Red Española de Aerobiología) (Galán et al., 2007):

Una vez a la semana se retira la cinta de melinex con el contenido polínico semanal y se lleva a laboratorio para obtener las muestras diarias. La cinta se dispone sobre una regla de metacrilato graduada con marcas equidistantes (48 mm) correspondientes a la duración de un día de muestreo, con lo que se consiguen 7 muestras correspondientes a los 7 días de la semana.

Cada muestra se coloca sobre un portaobjetos al que se ha añadido unas gotas de glicerogelatina, seguidamente se coloca un cubreobjetos sobre el que también se ha extendido glicerogelatina y se presiona para eliminar las burbujas de aire que se hayan formado y dejar la capa de glicerogelatina lo más delgada posible.

Cuando el medio ha solidificado se retira el exceso con una cuchilla y papel de celulosa humedecido con alcohol. A continuación se procede a sellar la preparación con esmalte transparente para su conservación y se etiqueta.

Para realizar el recuento polínico se utiliza un microscopio óptico con el objetivo de 40x aumentos, y se efectúan cuatro barridos de izquierda a derecha. Bajo la preparación se coloca una lámina de acetato graduada con 24 secciones de 2 mm cada una, correspondientes a las 24 horas del día. El resultado del conteo hace referencia a granos de polen por unidad de superficie, pero aplicando un factor de corrección conseguimos granos de polen/m³ de aire.

Se hace una identificación y clasificación del polen atendiendo a su similitud morfológica, y a estos grupos de pólenes con similares características se les denomina tipos polínicos. Un tipo polínico corresponde en ocasiones a una sola especie, o pueden abarcar a todo un género. En este estudio nos centraremos en cinco tipos polínicos: *Acer*, *Pinus*, *Platanus*, *Populus* y *Ulmus*.

2.4.4. Periodo de polinización principal (PPP)

El periodo de polinización principal es el espacio de tiempo donde se concentra el porcentaje más representativo del proceso de liberación de polen al aire desde la fuente productora. Delimitar el comienzo y final del PPP entraña una dificultad puesto que un tipo polínico puede integrar desde una o varias especies, hasta todo un género o familia.

Para establecer el PPP se ha empleado el método de Nilsson & Persson (1981) que lo definen como el periodo donde se concentra el 90% del polen total. Primero se calcula el porcentaje de polen de cada día respecto al total y con esos porcentajes se calcula el porcentaje acumulado de cada día. Se considera el comienzo del PPP el día que presenta un porcentaje acumulado superior a 5%, y el final el día con un porcentaje acumulado superior al 95%.

3. RESULTADOS

3.1. Estudio aerobiológico

En la Figura 2 están representadas las concentraciones de polen de los 5 tipos polínicos estudiados, desde el mes de enero hasta el mes de abril.

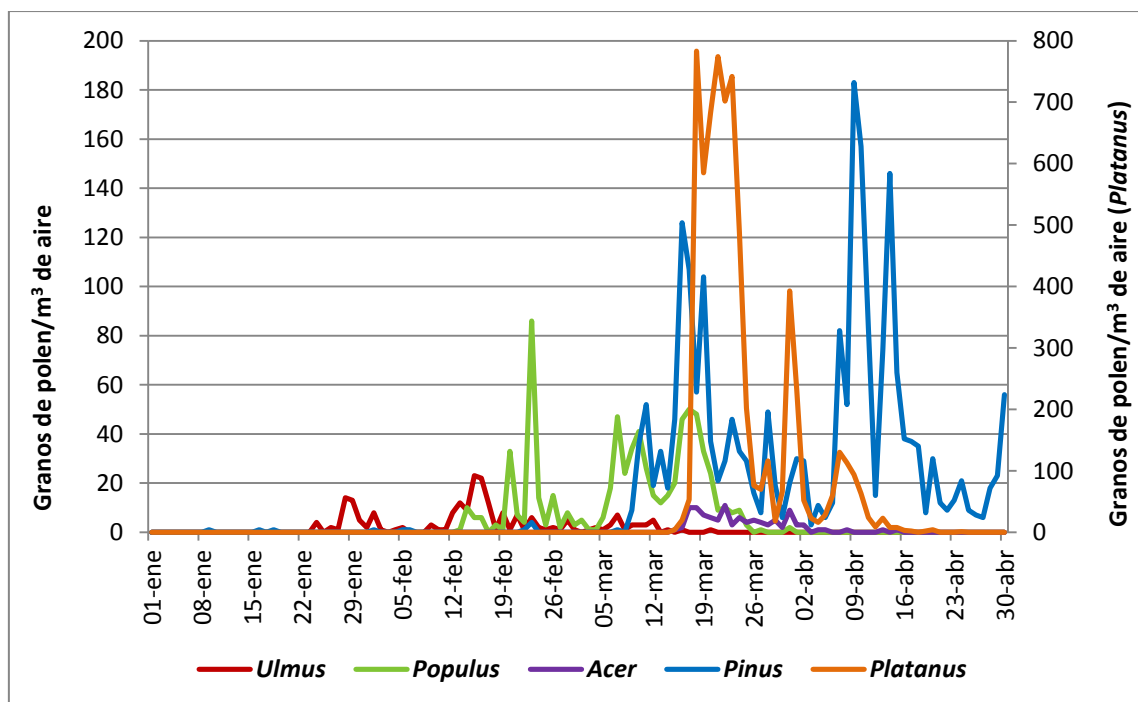


Figura 2. Comparación de las curvas aerobiológicas de los tipos polínicos estudiados (enero - abril).

El primer taxón en aparecer es el *Ulmus*, a partir del 24 de enero se detectan sus partículas de polen. De forma simultánea a la floración del *Ulmus*, comienza la del género *Populus* que alcanza concentraciones mayores en el aire. A continuación le sigue el polen de *Pinus*, que tras *Platanus* es el que mayor presencia tiene en la atmósfera. Los siguientes en aparecer son los géneros *Acer* y *Platanus* de forma simultánea, sin embargo *Acer* es el taxón que menores concentraciones tiene entre todos los taxones estudiados, y *Platanus* es el que alcanza las mayores concentraciones, con un pico máximo de 783 granos/m³. El polen de *Platanus* se encuentra en gran cantidad en un corto espacio de tiempo, tras el cual los niveles caen en picado para volver a repuntar en unos días. Finalmente aparecen de nuevo concentraciones de polen de *Pinus*, que alcanza un máximo de 183 granos/ m³, y cuyas concentraciones van en aumento más allá del 30 de abril que es el límite de los datos con los que se ha trabajado.

Taxón		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total	Día pico	Gr./ m ³
Acer	Gr.	0	0	93	11	104	22 mar.	11
	%	0,0	0,0	0,22	0,03	0,25		
Pinus	Gr.	3	8	921	1.270	2.202	9 abr.	183
	%	0,01	0,02	2,21	3,04	5,27		
Platanus	Gr.	0	0	5.775	896	6.671	18 mar.	783
	%	0,0	0,0	13,83	2,15	15,98		
Populus	Gr.	0	199	511	0	710	23 feb.	86
	%	0,0	3,7	3,06	0,0	1,70		
Ulmus	Gr.	41	138	33	0	212	15 feb.	23
	%	0,1	0,33	0,08	0,0	0,51		
Otros	Gr.	3.967	5.037	9.360	13.489	31.853		
	%	9,5	12,06	22,42	32,31	76,29		
Total	Gr.	4.011	5.382	16.693	15.666	41.752		
	%	9,61	12,89	39,98	37,52	100		

Tabla 2. Valores absolutos y relativos mensuales de los tipos polínicos considerados con respecto al polen total durante los cuatro primeros meses del año.

En la Tabla 2 aparecen los valores totales y relativos de los tipos polínicos considerados respecto al polen total de los 4 meses que abarca el trabajo (enero-abril). También se indica el día con la mayor concentración de polen.

3.2. Estudio fenológico

En las siguientes gráficas (Figuras 3-8) se muestra la tendencia fenológica de cada una de las especies en cada una de las zonas muestreadas y la tendencia fenológica media. Los datos más importantes son los referentes a la floración de la especie que abarca las fenofases 4, 5 y 6 que corresponden a los periodos de inicio, plena y fin de floración respectivamente. Se nombran a las especies por orden de inicio de la floración:

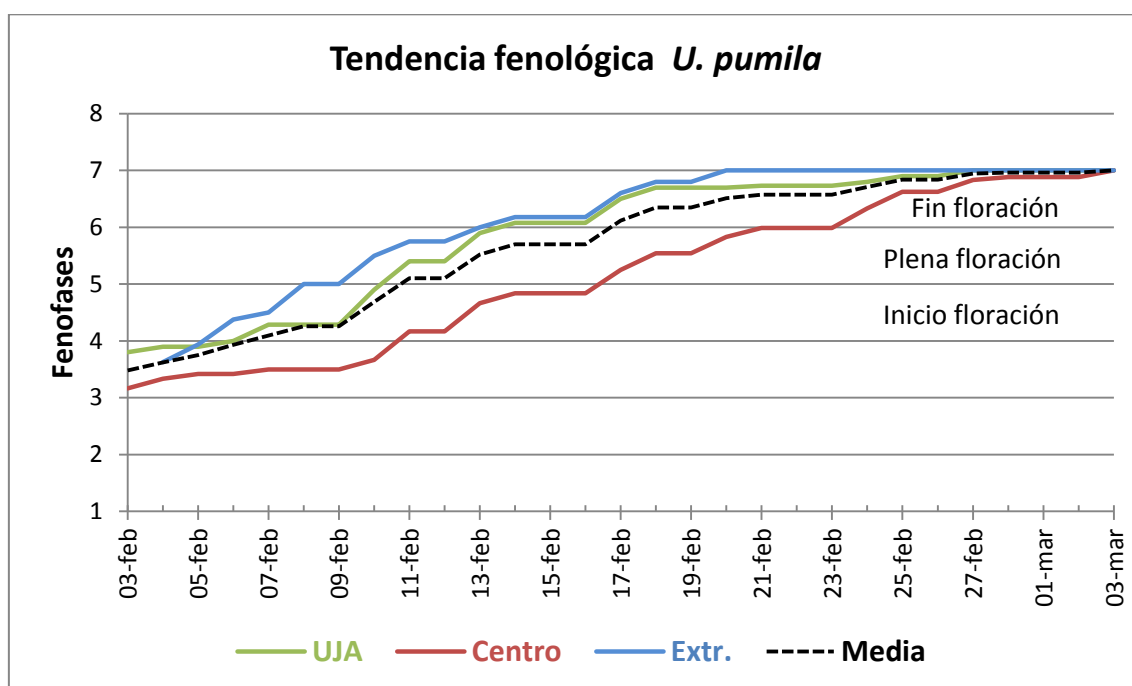


Figura 3. Tendencia fenológica de *Ulmus pumila*.

***U. pumila*:** como se observa en la gráfica (Figura 3) no están reflejadas las fases correspondientes al desarrollo de la inflorescencia, ya que las observaciones comenzaron el 3 de febrero con inflorescencias formadas y próximas a comenzar a liberar polen.

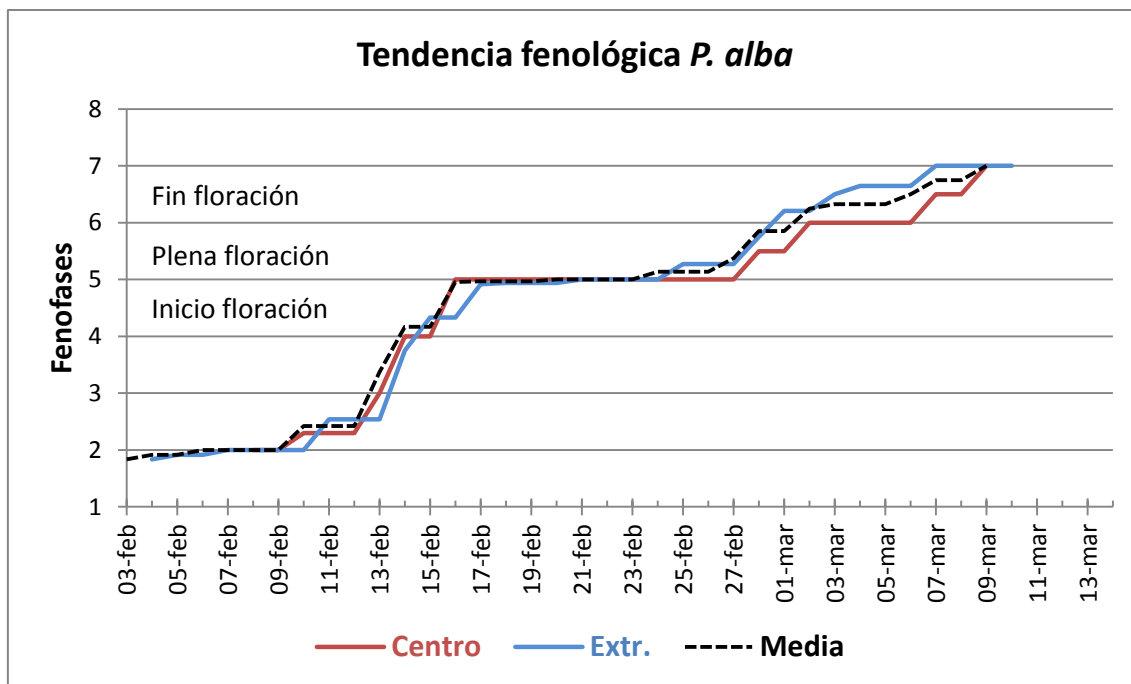


Figura 4. Tendencia fenológica de *Populus alba*.

***P. alba*:** (Figura 4) no está presente en la UJA y tampoco en la zona de extrarradio, sin embargo se realizaron observaciones en un grupo de álamos a unos 3 km de la UJA en la ribera del Río Jaén, lo que corresponde en cuestión de distancia a la zona de extrarradio, aunque se encuentre a menor altitud. Es destacable como se prolonga el periodo de plena floración.

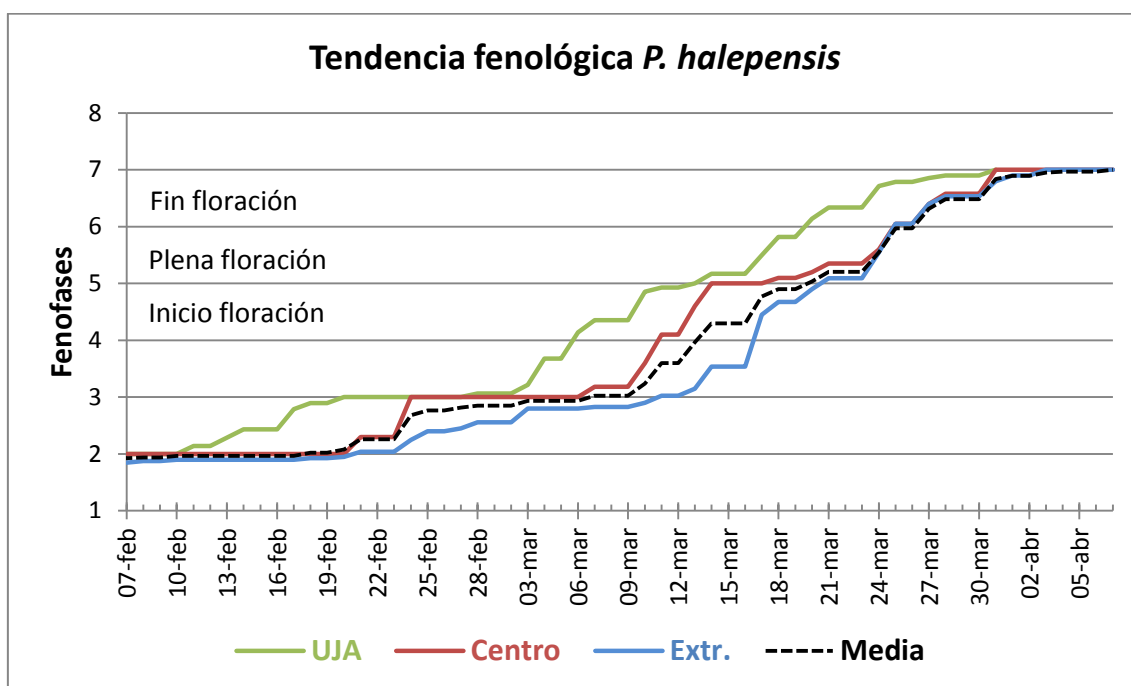


Figura 5. Tendencia fenológica de *Pinus halepensis*.

***P. halepensis*:** (Figura 5) la floración comienza en cada zona con unos días de separación, comenzando en UJA y terminando en extrarradio.

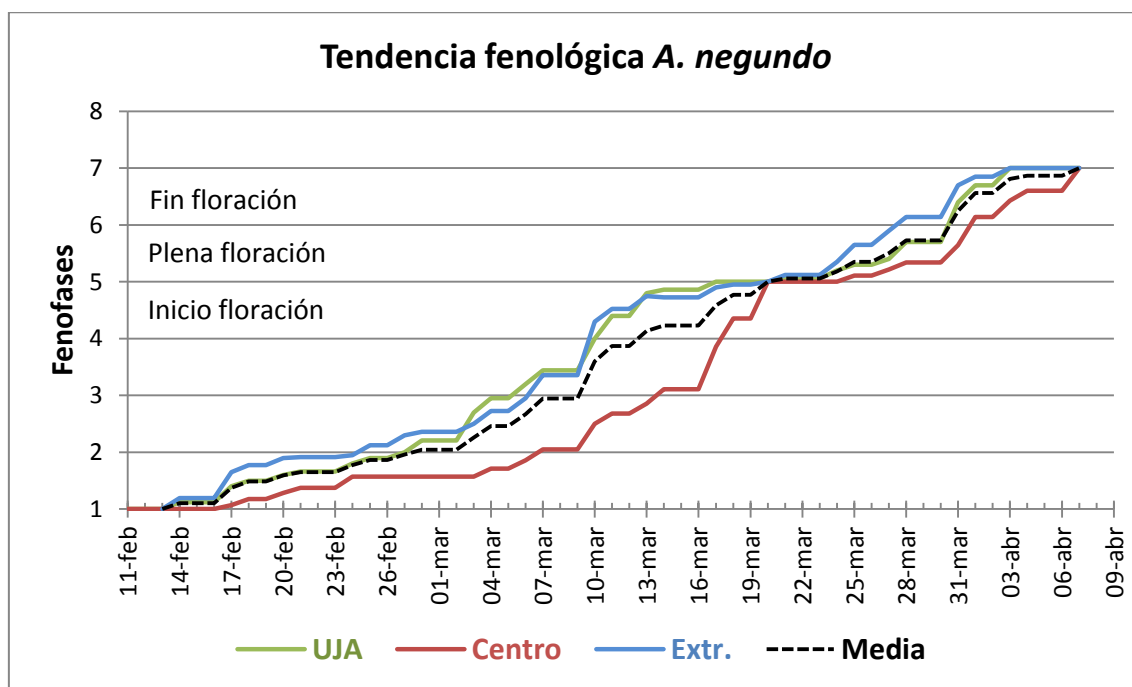


Figura 6. Tendencia fenológica de *Acer negundo*.

***A. negundo*:** (Figura 6) la floración es prácticamente simultánea en UJA y extr. y comienza una semana más tarde en el centro, aunque el inicio de la floración es más rápido.

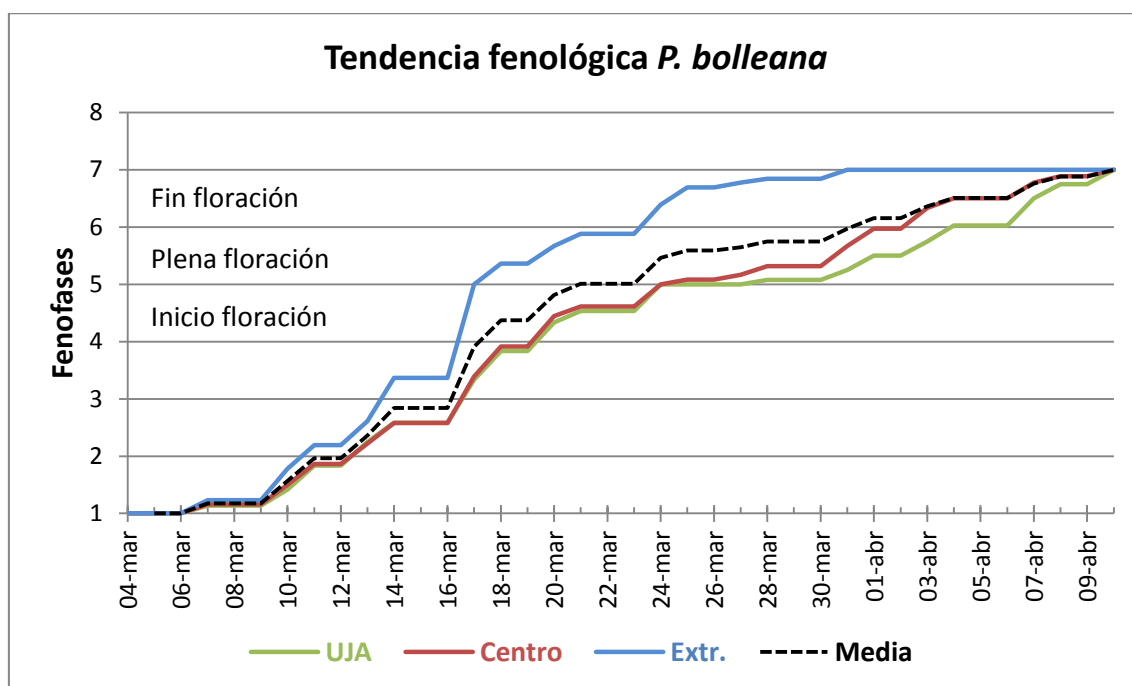


Figura 7. Tendencia fenológica de *Populus bolleana*.

***P. bolleana*:** (Figura 7) en la variedad ornamental de *P. alba*, la floración se adelanta un poco en extr. y se extiende más el fin de floración, mientras que en el centro y UJA son casi idénticas.

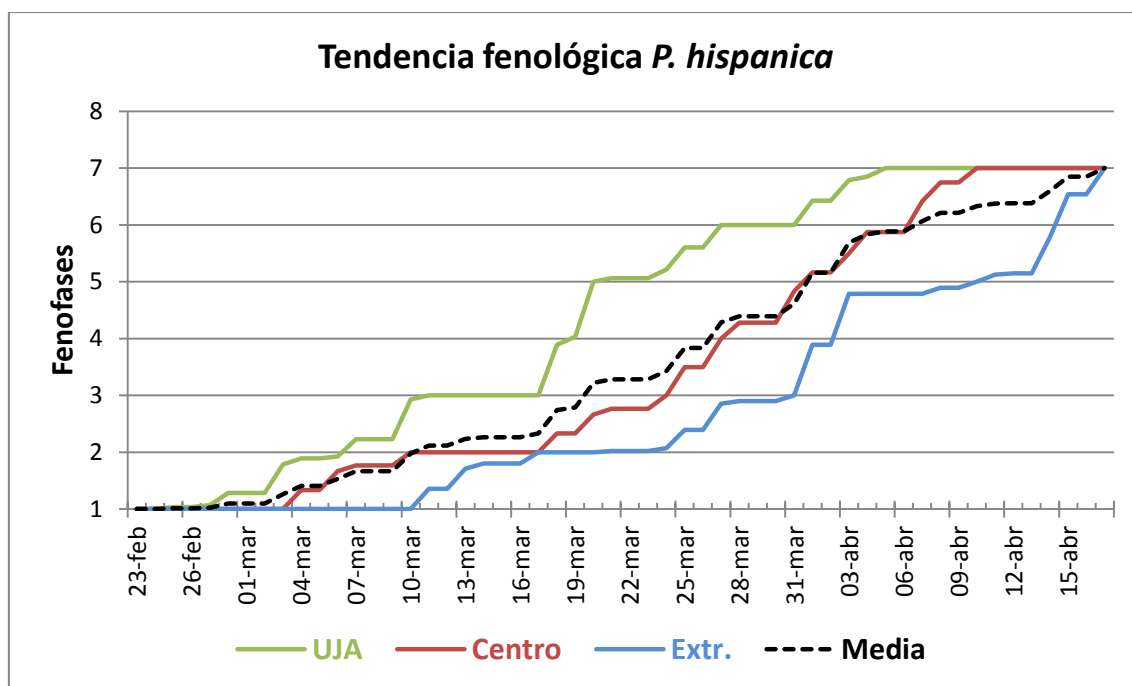


Figura 8. Tendencia fenológica de *Platanus hispanica*

***P. hispanica*:** (Figura 8) en este caso ocurre como con *P. hispanica*, se da una floración escalonada comenzando por la UJA, tras unos días el centro y finalmente en el extrarradio.

En la siguiente figura (Figura 9) se muestra el periodo de floración de cada especie enfrentado con el tiempo, donde la sección de color intenso corresponde a la fenofase 5, el periodo de máxima floración, y las secciones más claras a ambos lados a las fenofase 4 y 6, inicio y fin de floración respectivamente. Los datos tomados para esta representación son los correspondientes al periodo de floración medio de cada especie.

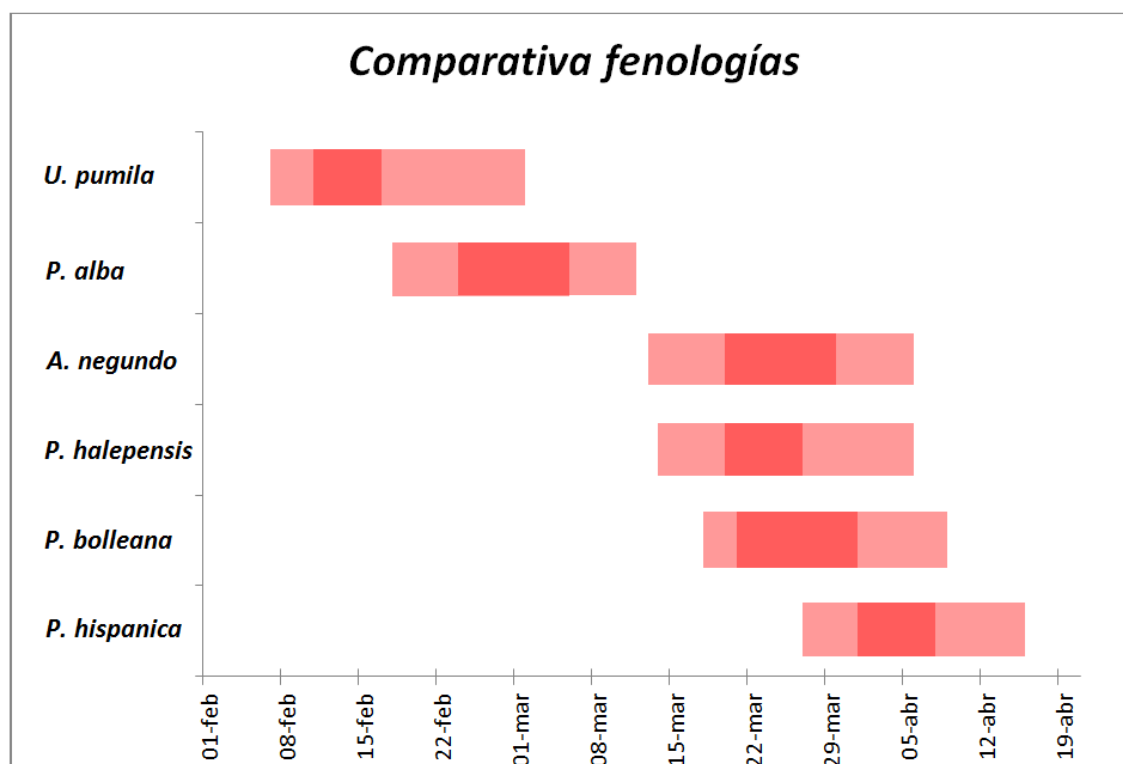


Figura 9. Comparación de la fenología de floración de las distintas especies.

U. pumila es la primera especie en comenzar la floración que se prolonga durante prácticamente todo el mes de febrero. Hacia mitad de febrero *P. alba* comienza a liberar polen con un periodo prolongado en plena floración y termina hasta mediados de marzo. Los periodos de floración medios de *A. negundo* y *P. halepensis* son casi idénticos salvo que la fenofase 5 es más corta en *P. halepensis*. *P. bolleana* comienza a continuación y una semana tras finalizar *P. alba*. Por último está *P. hispanica* cuya floración media transcurre desde final de marzo hasta mediados del mes de abril.

La siguiente tabla (Tabla 3) recoge las fechas de inicio y fin de la floración de cada zona y la amplitud fenológica del periodo de floración. Las fechas de inicio y fin medias han sido determinadas a partir de las series de datos fenológicos de las tres zonas muestreadas, para tener un solo periodo de floración para cada especie en la ciudad. Estas fechas son las empleadas en las representaciones gráficas siguientes.

Especie	Zona	Fecha inicio	Fecha fin	Duración (días)
<i>A. negundo</i>	UJA	10-mar	02-abr	20
	Centro	17-mar	06-abr	21
	Extrarradio	10-mar	02-abr	20
	Media	13-mar	06-abr	20
<i>P. halepensis</i>	UJA	13-mar	06-abr	25
	Centro	11-mar	30-mar	20
	Extrarradio	17-mar	02-abr	17
	Media	14-mar	06-abr	21
<i>P. hispanica</i>	UJA	19-mar	04-abr	17
	Centro	27-mar	09-abr	14
	Extrarradio	03-abr	16-abr	13
	Media	27-mar	16-abr	15
<i>P. bolleana</i>	UJA	20-mar	09-abr	21
	Centro	17-mar	06-abr	21
	Extrarradio	17-mar	30-mar	13
	Media	18-mar	09-abr	22
<i>P. alba</i>	Centro	18-feb	09-mar	20
	Extrarradio	18-feb	12-mar	23
	Media	18-feb	12-mar	22
<i>U. pumila</i>	UJA	06-feb	26-feb	21
	Centro	11-feb	02-mar	20
	Extrarradio	06-feb	19-feb	14
	Media	07-feb	02-mar	19

Tabla 3. Información referente al periodo de floración de para cada especie y zona estudiada.

3.3. Estudio de tipos polínicos

3.3.1. Tipo polínico *Ulmus*

Características generales

Comprende alrededor de 45 especies nativas de zonas templadas del hemisferio norte. Las especies más frecuentes son *U. glabra* Hudson, *U. minor*

Miller y *U. laevis* Pallas. En estado salvaje aparece en bosques mixtos y de ribera. En los últimos años se ha introducido el *U. pumila* L., originario de Asia, dada su resistencia a la grafiosis. Este ha sido muy cultivado en el entorno urbano (Trigo et al., 2008; Ruiz Valenzuela, 2001).

Morfología polínica: polen tetra-heptazonoporado, subisopolar, subcircular en visión polar y ligeramente elíptico en visión ecuatorial. Tamaño mediano $P=24-26\ \mu\text{m}$ y $E=27-31\ \mu\text{m}$. Poros de $2\ \mu\text{m}$ de diámetro. Exina de $1-1,5\ \mu\text{m}$ de espesor. Téctum completo. Superficie rugulada de aspecto cerebriforme con gránulos sobre las rúgulas (Trigo et al., 2008).

Estudio aerobiológico

En la Figura 10 está representada la concentración diaria de polen en la atmósfera de Jaén entre los meses de enero y abril. También están representadas la temperatura media diaria y la precipitación diaria, en ambos casos se trata de la media obtenida con los datos de ambas estaciones meteorológicas. Además la franja verde indica cual es el PPP.

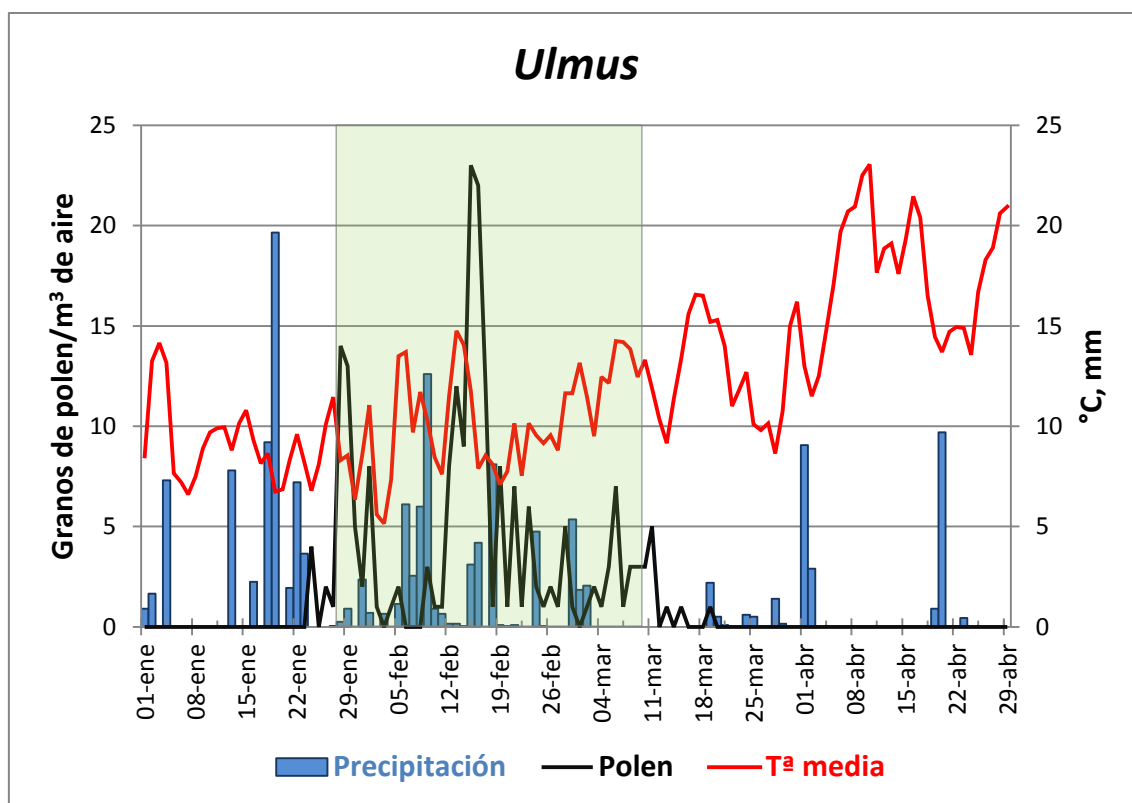


Figura 10. Variación estacional de las concentraciones medias diarias de polen de *Ulmus*.

Se puede observar el efecto de lavado atmosférico que provocan las precipitaciones, por ejemplo entre los días 5 y 11 de febrero que la lluvia continuada provoca un descenso en la concentración de polen, siendo incluso nula durante unos días. Tras estas precipitaciones se observa como repuntan los niveles de polen atmosférico. El periodo de polinización principal comienza con un súbito aumento de la concentración de polen y hacia la mitad del PPP se alcanza la concentración máxima.

Relación polinización-fenología

En la siguiente figura (11) se representa la concentración diaria de polen del tipo *Ulmus* junto a los periodos de desarrollo fenológico de la especie *U. pumila*. Se representa la concentración de polen total y la media móvil de tres días. Lo mayor parte del polen representado aparece dentro del periodo en el que los arboles están floreciendo, sin embargo tras este periodo aparecen unos pequeños picos de polen. También señalar que no aparecen los picos anteriores al 3 de febrero que se observan en la anterior gráfica (Figura 10). Esto se debe a que se han representado los datos desde el primer día que comenzó el seguimiento fenológico.

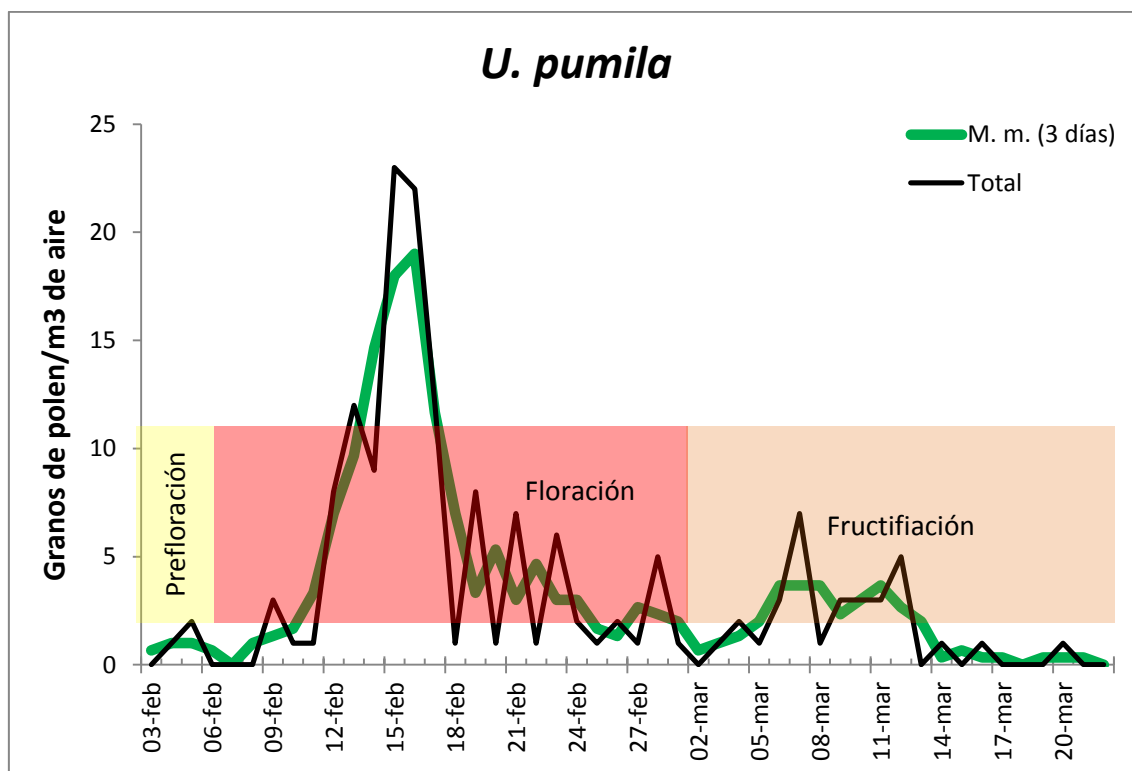


Figura 11. Relación de la fenología de *Ulmus pumila* con la curva aerobiológica del tipo polínico *Ulmus*.

3.3.2. Tipo polínico *Populus*

Características

Perteneciente a la familia de las salicáceas, comprende especies distribuidas fundamentalmente por las regiones templadas del hemisferio norte. En la Península están muy extendidas las especies autóctonas *P. alba* L., *P. nigra* L. y *P. tremula* L. En Jaén *P. alba* L. y *P. nigra* son las más extendidas, desarrollándose en sotos y riberas próximas a la ciudad. También son muy utilizadas como ornamentales, y se encuentran distribuidos por la ciudad, sobre todo la especie *P. bolleana* Lauche. (Trigo et al., 2008; Ruiz Valenzuela, 2001).

Morfología polínica: polen inaperturado, apolar con simetría radial, esferoidal. De tamaño pequeño a mediano (22-30 µm diámetro). Exina de 1,5 µm; téctum parcial e infratéctum columelado. Superficie densamente granular; los granos pueden estar anastomosados adoptando una ornamentación finamente reticulada, con lúmenes muy pequeños y muros anchos e irregulares (Trigo et al., 2008).

Estudio aerobiológico

En la figura 12 está representada la concentración diaria de polen, del tipo *Populus* en este caso, para la ciudad de Jaén entre enero y abril. También están representadas la temperatura media diaria y la precipitación diaria, en ambos casos se trata de la media obtenida con los datos de ambas estaciones meteorológicas. La franja verde es el PPP.

Se puede observar como el PPP engloba a la mayor parte del polen emitido a la atmósfera. Las concentraciones alcanzan el máximo a los pocos días de su comienzo y descienden bruscamente coincidiendo con unos días de lluvias. Tras ese descenso vuelven a aumentar los niveles de polen, siendo estos los más altos exceptuando el máximo.

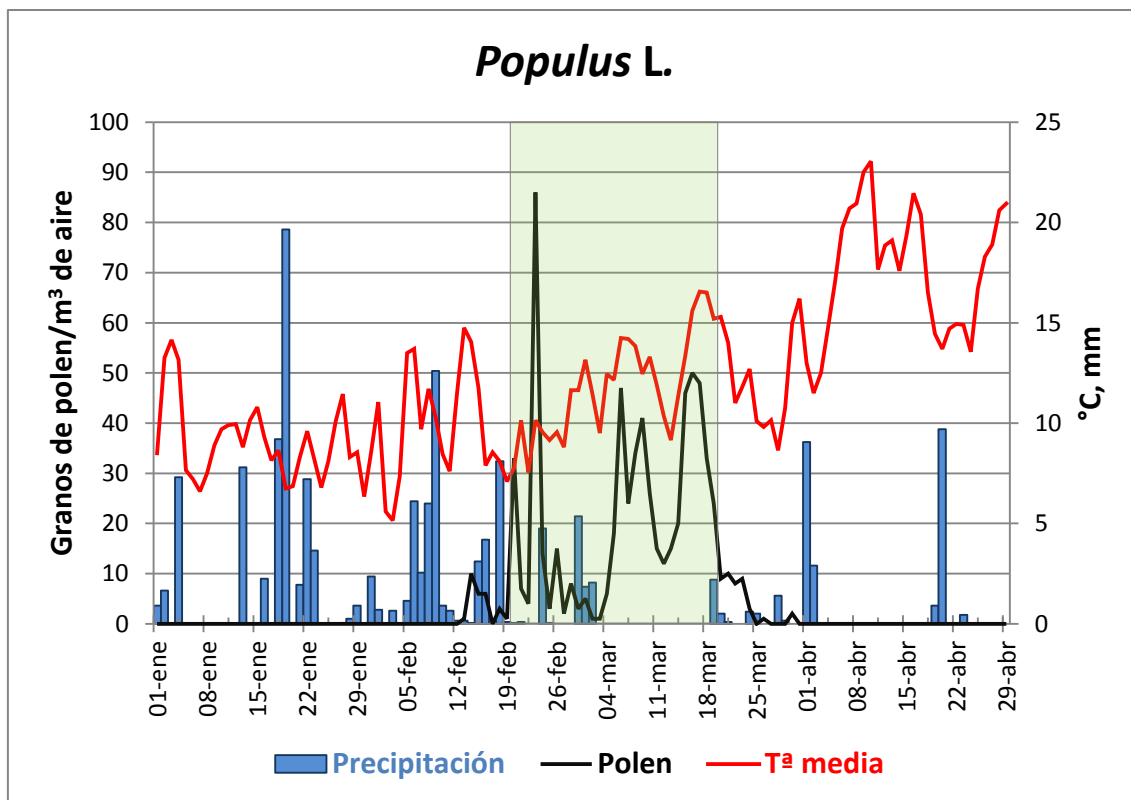


Figura 12. Variación estacional de las concentraciones medias diarias de polen de *Populus*.

Relación polinización-fenología

La Figura 13 muestra la concentración diaria de polen del tipo *Populus* junto a los periodos de desarrollo fenológico de las especies *P. alba* y *P. bolleana*. Está representada la concentración de polen total y la media móvil de tres días.

Este tipo polínico lo constituyen varias especies, entre ellas *P. alba* y *P. bolleana*, siendo *P. alba* la especie autóctona y por tanto encontrándose de forma natural en zona de ribera y fuera del entorno urbano. Por otra parte la variedad *bolleana*, utilizada como árbol ornamental, está solo presente en la ciudad. Entre ambas especies hay diferencias en el periodo de floración, *P. bolleana* comienza una semana más tarde del fin de floración de *P. alba*.

En cuanto al aspecto aerobiológico los principales picos pertenecen a la floración de *P. alba* con un pico máximo de 86 granos/m³. El periodo de floración de *P. bolleana* comienza con una concentración elevada que va en descenso continuo desde entonces, y en la semana que separa a los dos

periodos de floración representados siguen apareciendo concentraciones de este polen en el aire.

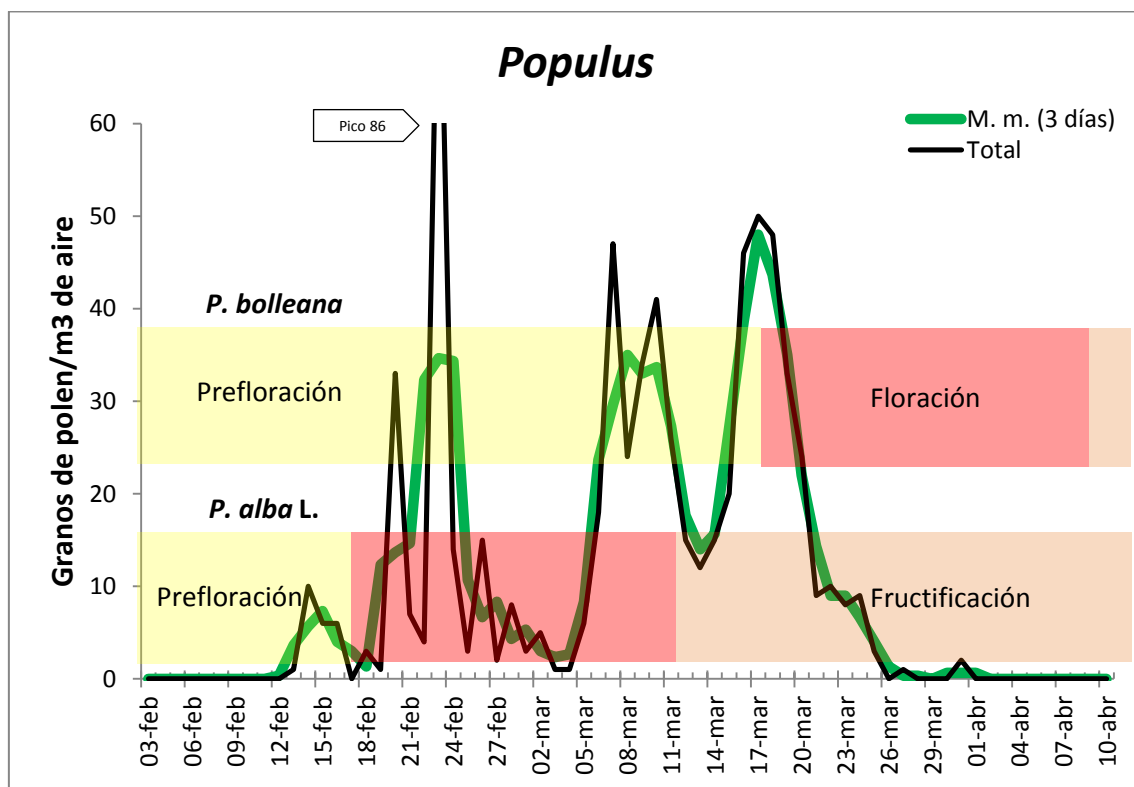


Figura 13. Relación de la fenología de *Populus alba* y *Populus bolleana* con la curva aerobiológica del tipo polínico *Populus*.

3.3.3. Tipo polínico *Pinus*

Características

Este tipo polínico lo integran varios géneros perteneciente al grupo de las coníferas, junto a los géneros *Abies* Miller, *Picea* A. Dietr. y *Cedrus* Trew., todas pertenecientes a la familia Pinaceae. En la Península el género *Pinus* L. está representado por especies autóctonas y alóctonas que se cultivan con fines forestales u ornamentales: *P. uncinata*, *P. sylvestris*, *P. nigra* subsp. *salzmannii*, *P. halepensis*, *P. pinea*, *P. pinaster*, *P. canariensis*, *P. radiata* y *P. strobus*. *P. halepensis* Miller es la especie autóctona más abundante de la provincia de Jaén gracias en parte, a las repoblaciones en las que se ha empleado (Ruiz Valenzuela, 2001).

Morfología polínica: polen analeptomado, heteropolar, de simetría bilateral, con dos vesículas aeríferas laterales excepcionalmente 3 ó 4; elíptico en visión ecuatorial y planoconvexo en visión polar. Tamaño de mediano a muy grande $P= 35-65 \mu m$ y $E= 45-82 \mu m$. Apertura de tipo leptoma situada en el polo distal. Téctum completo e ingratéctum columelado. Superficie del corpus granuloso-verrucoso y de las vesículas aeríferas psilado-microperforada (Trigo et al., 2008).

Estudio aerobiológico

Se ha representado la concentración diaria de polen de tipo *Pinus* durante los meses de enero y abril (Figura 14). Junto a la curva polínica aparecen las temperaturas medias y precipitaciones diarias. El PPP está representado con color verde.

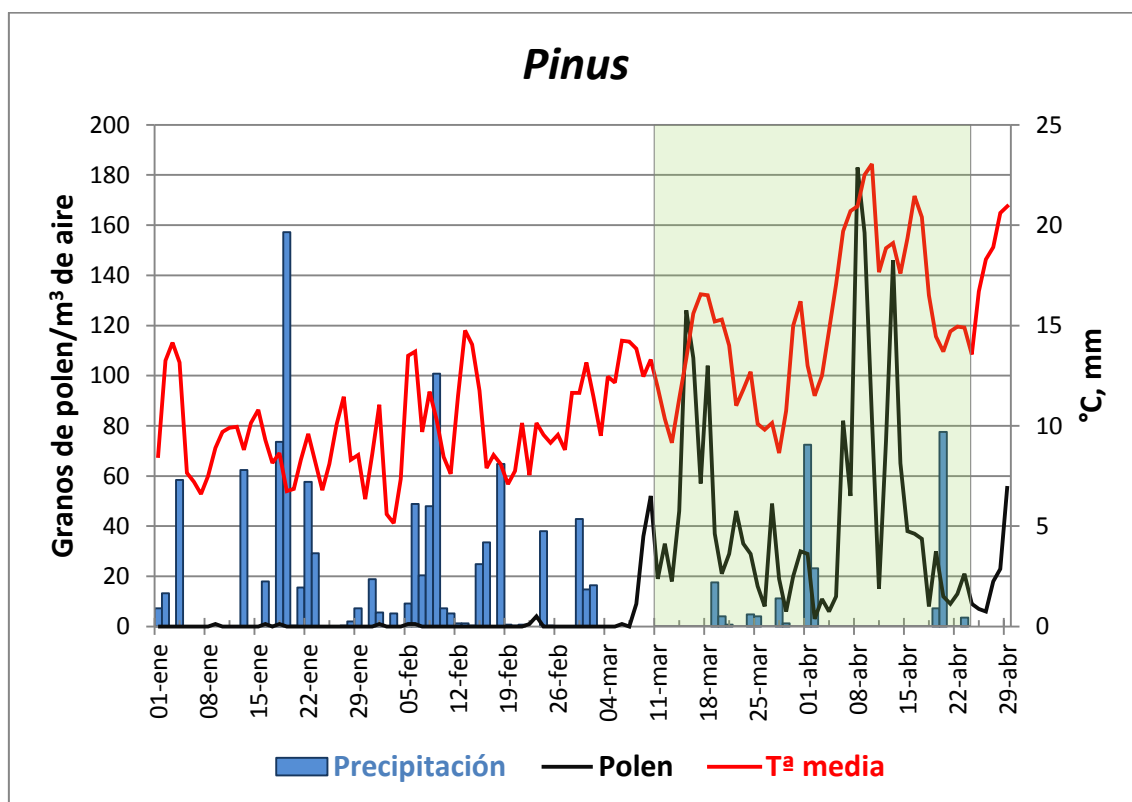


Figura 14. Variación estacional de las concentraciones medias diarias de polen de *Pinus*.

Dentro del PPP aparecen dos grupos de picos que se separan hacia la mitad de este periodo. En esta gráfica se observa como el incremento de la temperatura también está relacionado con el polen presente en la atmósfera,

como, por ejemplo, en el grupo de picos de principio de abril que se dan con un aumento de la temperatura.

Relación polinización-fenología

En la siguiente Figura 15 se muestra la concentración diaria de polen del tipo *Pinus* junto a la representación del desarrollo fenológico de la especie *P. halepensis*. La concentración de polen aparece en totales y como media móvil de tres días.

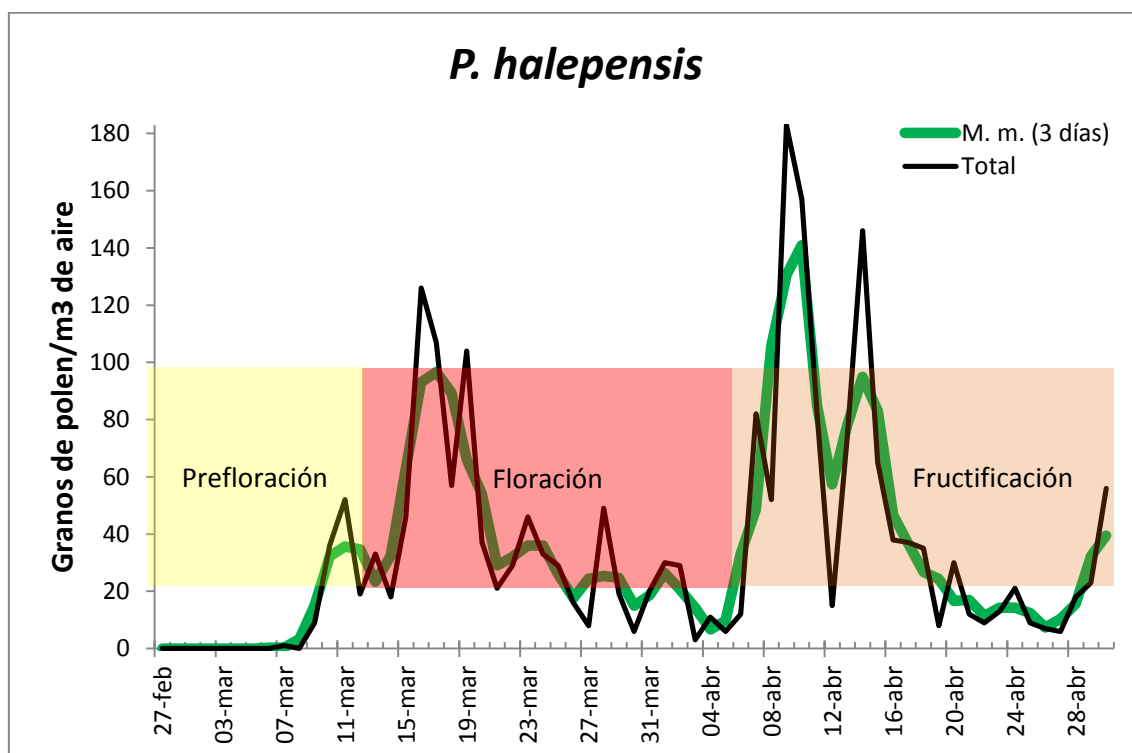


Figura 15. Relación de la fenología de *Pinus halepensis* con la curva aerobiológica del tipo polínico *Pinus*.

A comienzos de marzo aparece por primera vez el polen de *Pinus* en la atmósfera de Jaén, con picos importantes a los pocos días de comenzar su floración, y su presencia es continua en la atmósfera durante todo marzo, abril y la curva hacia el final registra un nuevo aumento de la concentración en el aire, pero que ya se sale del tiempo delimitado para este estudio. Sin embargo con las observaciones fenológicas realizadas se ha determinado que el final del periodo de floración es el 6 de abril, incluso las máximas concentraciones aparecen a principios de abril, ya fuera de este periodo.

3.3.4. Tipo polínico *Acer*

Características

El género *Acer* L. se extiende geográficamente desde Asia, Norte de África, Europa, hasta Norte y Centro América, y lo integran distintas especies, siendo las más frecuentes en la Península *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. campestre* L., *A. monspessulanum* L. y *A. granatense* Boiss (atlas aeropalinológico de España). Una especie más a destacar es *A. negundo* L., que pese a ser originaria de América del Norte, es muy empleada como flora ornamental. En la atmósfera de Jaén la mayor contribución polínica proviene de esta especie (Ruiz Valenzuela, 2001), y por tanto es la escogida para realizar las observaciones.

Morfología polínica: polen trizonocolporado, isopolar, con simetría radial. Elíptica a circular en visión ecuatorial y circular a triangular en visión polar. Tamaño mediano 25 y 30 μm , E=20-24 μm . Colpos terminales ensanchados en el ecuador; membrana apertural granulada. Téctum completo, superficie rugulado-perforada (Trigo et al., 2008).

Estudio aerobiológico

La Figura 16 muestra la concentración diaria de polen, del tipo *Acer* en la ciudad de Jaén desde enero hasta abril. También están representadas la temperatura media diaria, la precipitación diaria y el periodo de polinización principal.

Este tipo polínico en la ciudad de Jaén se caracteriza por tener una corta presencia en la atmósfera y unos niveles de concentración bajos, el máximo alcanzado es de 11 granos/ m^3 . Como en el caso anterior queda patente el efecto de la temperatura en el polen presente en la atmósfera, el aumento y disminución de la concentración es parejo al incremento y descenso de la temperatura.

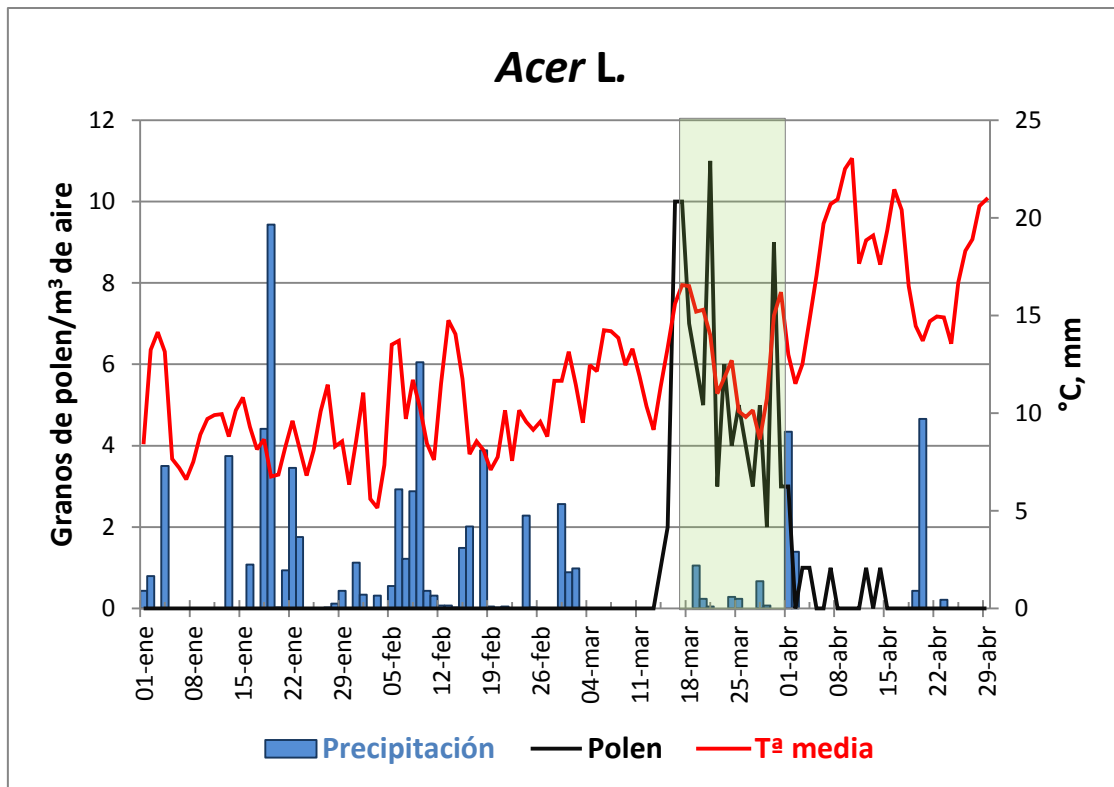


Figura 16. Variación estacional de las concentraciones medias diarias de polen de *Acer*.

Relación polinización-fenología

La Figura 17 representa la concentración diaria de polen *Acer* junto al desarrollo fenológico de la especie *A. negundo*. También está representada la concentración de polen total y la media móvil de tres días. La floración se da de forma explosiva y muy concentrada en el tiempo.

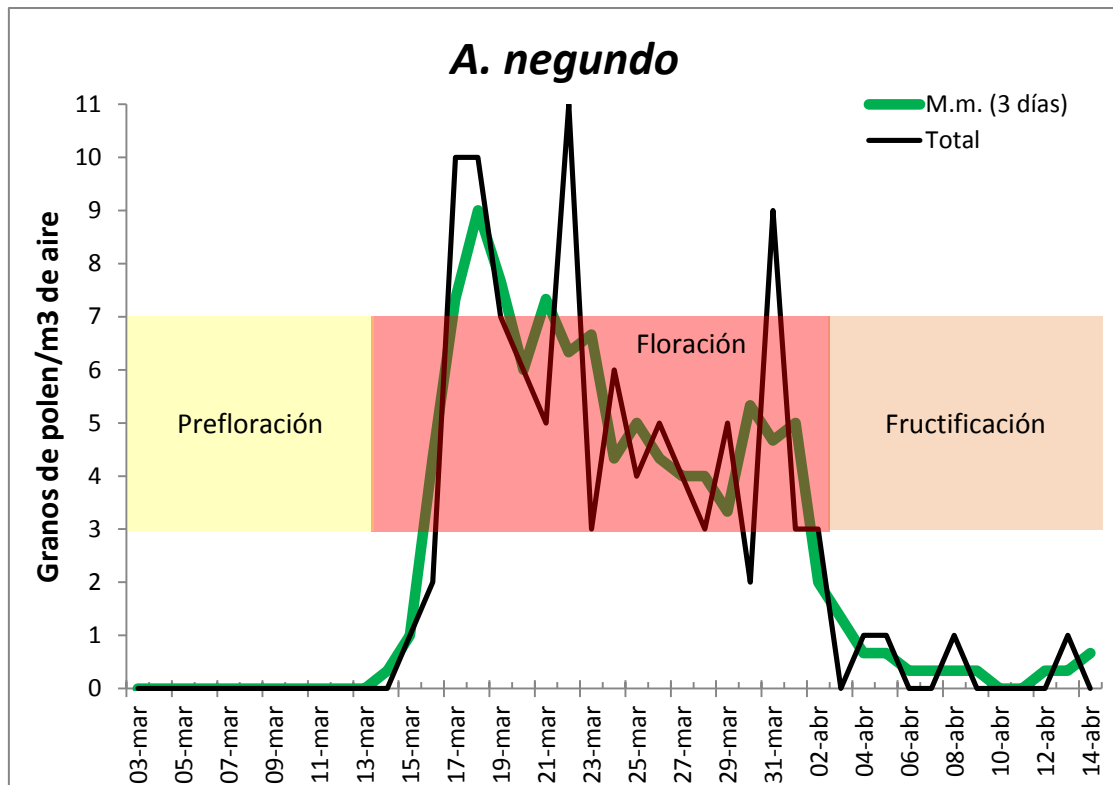


Figura 17. Relación de la fenología de *Acer negundo* con la curva aerobiológica del tipo polínico *Acer*.

3.3.5. Tipo polínico *Platanus*

Características

Incluye entre 6 y 7 especies nativas principalmente de Norteamérica. La especie más frecuente en todo el país es *P. hispánica* Miller ex Münchh. (*P. hybrida* Brot.), considerada un híbrido entre *P. orientalis* L. y *P. occidentalis* L. Es una especie alóctona muy utilizada en ciudades por su porte como árbol de sombra, y a veces se encuentra naturalizados en proximidades a los cursos de agua (Trigo et al., 2008).

Morfología polínica: polen trizonocolpado, isopolar con simetría radial. Subcircular en visión polar y elíptico en visión ecuatorial. Tamaño pequeño $P=17-20\ \mu\text{m}$ y $E=19-24\ \mu\text{m}$. Colpos subterminales con membrana apertural granulada. Téctum parcial, infratéctum columelado. Superficie reticulada con lúmenes irregulares y muros apiculados en los ángulos (Trigo et al., 2008).

Estudio aerobiológico

En la Figura 18 está representada la concentración diaria de polen, del tipo *Platanus* para la ciudad de Jaén entre enero y abril. También están representadas la temperatura media diaria y la precipitación diaria, en ambos casos se trata de la media obtenida con los datos de ambas estaciones meteorológicas. El PPP aparece en color verde.

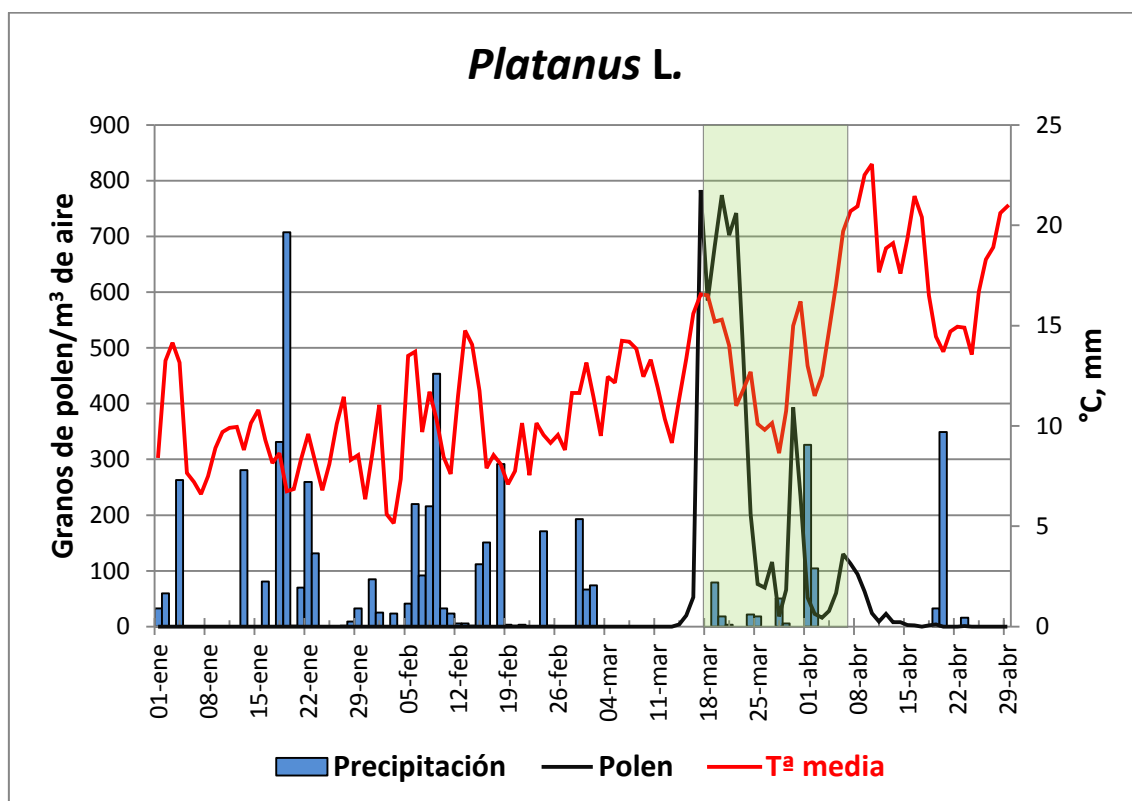


Figura 18. Variación estacional de las concentraciones medias diarias de polen de *Platanus*.

Al igual que en el caso anterior la estación polínica de *Platanus* se caracteriza por su corta duración, sin embargo los niveles de polen en la atmósfera, por el contrario, son muy elevados tratándose de una especie ornamental. El máximo alcanzado es de 783 granos de polen por metro cúbico.

Relación polinización-fenología

En la siguiente figura (Figura 19) se muestra la concentración diaria de polen del tipo *Pinus* junto a la representación del desarrollo fenológico de la especie *P. hispanica*. La concentración de polen aparece en totales y como media móvil de tres días.

P. hispanica es la única especie que contribuye a este tipo polínico, y su periodo de floración se ajusta bien a los niveles de polen registrados en el aire. Al comienzo de este aparece polen en abundancia y de forma súbita, tras lo cual la concentración cae bruscamente a niveles bajos y vuelve a recuperarse al final de marzo, continuando presente con niveles bajos durante la primera quincena de abril.

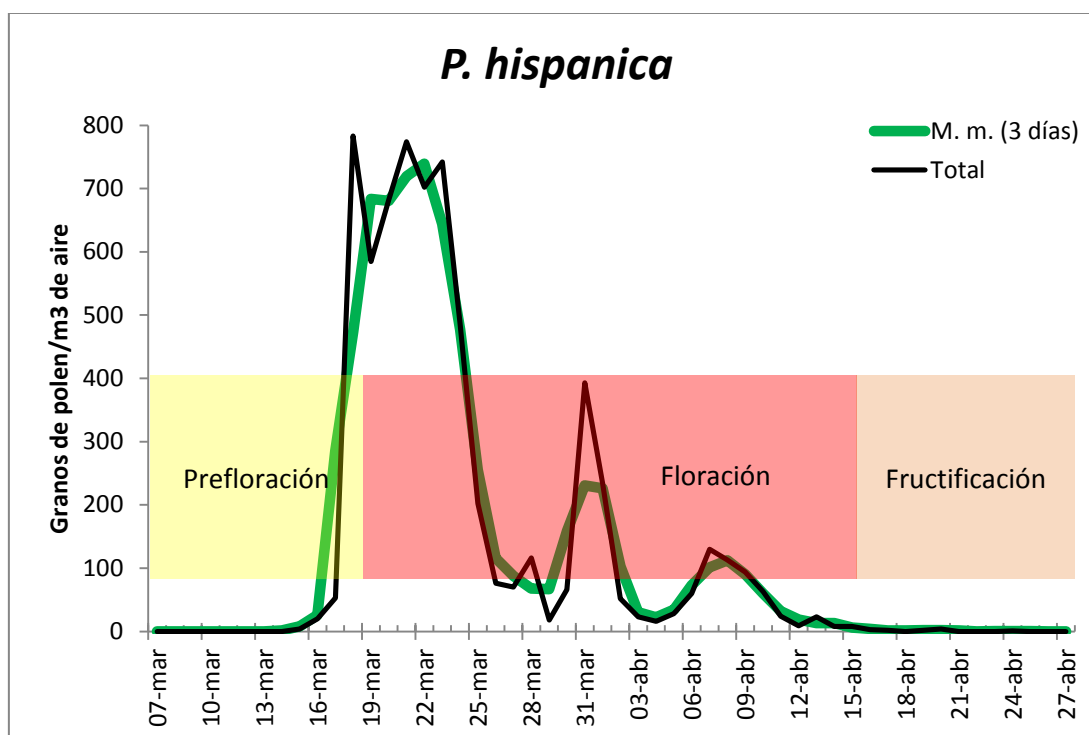


Figura 19. Relación de la fenología de *Platanus hispanica* con la curva aerobiológica del tipo polínico *Platanus*.

La tabla 4 muestra las fechas de comienzo y final del PPP (90%), su duración, cantidad de polen producido, concentración media estacional (CME) y los valores máximos de cada tipo polínico.

Especie	Estación polínica (PPP, 90%)				Valores máximos			Acumulado	
	Inicio/Fin	Días	Gr./m ³	CME	Día pico	Prepico	Gr./m ³	Granos	%
Acer	17 mar./1 abr.	16	93	6	22 mar.	5	43	104	0,25
Pinus	11 mar./24 abr.	41	2026	44	9 abr.	29	183	2202	5,27
Platanus	18 mar./7 abr.	21	6240	297	18 mar.	0	783	6671	15,98
Populus	20 feb./20 mar.	29	641	22	23 feb.	3	86	710	1,70
Ulmus	28 ene./5 mar.	26	194	5	15 feb.	18	23	212	0,51

Tabla 4. Resultados referentes a la estación polínica de los distintos taxones. **Prepico**, días transcurridos desde el inicio de la estación hasta el día pico.

4. DISCUSIÓN

4.1. Variables termo-pluviométricas

Las variables meteorológicas tienen influencia sobre el desarrollo de las especies vegetales y la dinámica polínica en la atmósfera. Por tanto el empleo de estas medidas ambientales (temperatura media y precipitación concretamente), se hace necesario para comprender estos fenómenos (Díaz de la Guardia, C., 2003). En el caso de este trabajo el disponer de dos estaciones meteorológicas en Jaén, estando estas además situadas justo en dos de las zonas estudiadas, ha permitido disponer de datos para poder comparar ambas zonas y comprobar si se dan diferencias significativas entre ellas.

En la Tabla 4 están tabuladas la temperatura media y precipitaciones mensuales registradas por cada estación, junto a la media de ambas.

Mes	Temperatura media			Precipitaciones		
	UJA	Extr.	Media	UJA	Extr.	Media
Enero	9,5	9,3	9,4	66,0	88,1	77,1
Febrero	10,1	9,3	9,7	63,0	93,6	78,3
Marzo	13,1	12,5	12,8	14,6	23,0	18,8
Abril	18,0	17,5	17,8	27,8	44,0	35,9
Ene-Abr	12,7	12,1	12,4	171,4	248,7	210,1

Tabla 5. Datos meteorológicos tomados en las estaciones meteorológicas.

Hay diferencias entre las medidas de las estaciones. La temperatura media mensual varía entre 0,2 y 0,8 °C, siendo mayor en UJA, al contrario que las precipitaciones que son mayores en extrarradio y con una diferencia media de 19,3 mm al mes. Hay días en los que la temperatura media diaria alcanza hasta 2 °C entre estaciones. En las precipitaciones se dan días con hasta 8 o 10 mm de diferencia, y para el periodo estudiado, la diferencia de precipitación registrada es de 77,3 mm. La diferencia de altura entre los dos puntos puede ser el origen de estas desigualdades. La zona de extrarradio se sitúa unos 130 metros por encima de la UJA y se encuentra más pegada a la zona de montaña. Otra posible causa de las diferencias entre temperaturas puede ser la

forma de recoger los datos. En la estación meteorológica de la Universidad de Jaén la medición de la temperatura se realiza de manera automática cada 15 minutos, mientras que en la estación de la AEMET la toma de medidas es manual, realizándose la media con menos datos, lo que puede dar lugar a las diferencias entre estaciones. Comparando la media de la temperatura media y las precipitaciones con los datos normalizados del periodo (1931-1980) (Capel, 1981), los valores de temperatura media mensual no discrepan del periodo normalizado a excepción de abril donde la temperatura media es 3 °C superior. Las precipitaciones muestran una notable diferencia en los meses de abril y especialmente marzo, que fue particularmente seco con 18,8 mm frente a los 83,4 mm del periodo normalizado.

4.2. Estudio fenológico

El estudio de la fenología permite un conocimiento del desarrollo reproductivo de las especies vegetales. Esta información es especialmente útil por su aplicación a la agricultura, y junto a la utilización de parámetros aerobiológicos puede contribuir a crear modelos de previsión de la cosecha (Galán et al., 2001). En la provincia de Jaén el olivar es el cultivo más extendido y como consecuencia con mayor presencia en el espectro polínico de Jaén, motivo por el cual ha sido objeto de numerosos estudios aerobiológicos y fenológicos (Barranco, 2005; Aguilera, 2010). Sin embargo de especies de uso ornamental y sin interés económico, no existen muchos estudios al respecto.

Desde el punto de vista de las observaciones fenológicas, la duración media del periodo de floración está en torno a 20 días. *P. hispánica* es la excepción pues su amplitud media se reduce a 15 días. Sin embargo entre los distintos puntos de muestreo sí se observan diferencias en el comienzo y duración de la floración de algunas especies. La amplitud del periodo de floración en la tercera zona de muestreo (extr.) es menor en todas las especies exceptuando *A. negundo* y *P. alba*, aunque hay que recordar que los ejemplares de *P. alba* de extrarradio observados, se encontraban en una localización distinta. La diferencia de temperatura entre UJA y extrarradio no es

la causa de esto, puesto que temperaturas más altas favorecen la actividad vegetal y precipitaría la emisión de polen, y la temperatura en UJA es mayor que en extrarradio durante todo el periodo estudiado. La precipitación es un factor que afecta también el desarrollo y evolución fenológica de las plantas y de nuevo existen diferencias entre ambos puntos, con un total de 77,3 mm más de agua caída en el extrarradio. Por último la disparidad en la duración del periodo de floración entre ambas zonas puede estar causando también por otros factores meteorológicos no tenidos en cuenta en este estudio, como es el viento. Días especialmente ventosos pueden desencadenar grandes emisiones y dispersión de polen de estas especies anemófilas (Aboulaich et al. 2012), y la situación de la tercera zona de muestreo hace que se esté muy descubierta y sin edificios que actúen como pantallas al viento.

Tanto en UJA como en el extrarradio la floración de *A. negundo* comienza una semana antes que en el centro de Jaén. Esto puede ser debido a que en UJA y extrarradio esta especie se encuentra en parques o jardines, mientras que en el centro se emplea fundamentalmente en alineación de calles, con lo cual las condiciones difieren siendo más favorable el desarrollo de las plantas cultivadas en parques y jardines. Exactamente lo mismo ocurre con *U. pumila* cuya floración comienza antes en UJA y el extrarradio. Con *P. hispánica* se da un claro escalonamiento en la floración de las distintas zonas, comenzando en UJA, situada menor altura y con temperaturas ligeramente más altas, continuando en el centro y por último en el extrarradio. La cantidad de polen captada está condicionada por la proximidad de la fuente emisora a la estación de muestreo y esto es claramente visible en el caso de *P. hispánica* (Figura 19). Con respecto a la amplitud fenológica en las distintas zonas, en el extrarradio es más corta destacando el caso de *P. halepensis*, *P. bolleana* y *U. pumila*.

4.3. Dinámica de polen en la atmósfera

Para comparar las estaciones polínicas de los distintos táxones se usan datos del periodo 1994 - 1998 (Ruiz Valenzuela, 2001).

4.3.1. *Acer*

Acer tiene una estación polínica con una duración de 16 días. Su breve duración se debe a que una única especie contribuye al polen de este taxón. Al igual que en los otros años la incidencia atmosférica de este polen se concentra en marzo. El día pico tiene lugar a mediados de marzo como viene siendo habitual para este taxón, pero la cantidad de polen es muy superior 43 granos/m³ frente a los 11 granos/m³ de media para el periodo 1994-1998. Esto contrasta con el total acumulado de polen que mantiene los niveles de años anteriores, y vuelve a ser un claro indicio de lo corta y concentrada que ha sido la presencia de este en la atmósfera.

4.3.2. *Pinus*

La duración del PPP de *Pinus* es la mayor de los taxones analizados, y hay que tener en cuenta que limitar el tiempo de estudio a cuatro meses, no permite caracterizar completamente a este tipo polínico cuya presencia se prolonga hasta mayo o junio. No obstante la intensidad polínica y el total acumulado duplican a los de la estación completa en años anteriores. En Jaén es muy abundante este polen y muy superior al de ciudades circundantes como Córdoba (Alcázar et al., 2002) o Granada (Alba et al., 2002).

4.3.3. *Platanus*

La estación polínica de *Platanus* es semejante a la de años anteriores, caracterizada por su corta duración al tratarse de un tipo polínico monoespecífico. Por otra parte la cantidad de polen emitida sí varía considerablemente, el valor acumulado para el año 2014 es de 6671 granos cuando la media para los años comparados es de 654 granos. El acumulado para el año 2000 (1865 granos) y para el 2001 (2888 granos) (Ruiz et al., 2002) indican una tendencia a la alza de la presencia de este tipo polínico en la atmósfera de la ciudad, que queda confirmada con los datos del 2014. También es muy llamativo que no haya habido un prepico, es decir el primer día que aparece este polen en la atmósfera se alcanza el valor máximo.

Queda patente el gran aumento en la utilización de *P. hispanica* como árbol ornamental, paralelo al crecimiento de la ciudad, con la creación de nuevos espacios verdes, como por ejemplo el Parque del Bulevar, que permite que su polen tenga una incidencia importante en la atmósfera, aunque todavía lejos de la incidencia que tienen en otras ciudades donde es mucho más abundante la especie como Sevilla (Candau et al., 2002).

4.3.4. *Populus*

El inicio de la estación polínica de *Populus* se retrasa respecto a la media de forma importante, no así el final con lo que la duración es bastante más corta que la media para los años 1994-1998. Tan solo en 1998 la estación polínica fue más corta aún debido a temperaturas invernales bajas, temperaturas similares a las del comienzo de la estación de 2014. Sin embargo la concentración media diaria (22 granos/m³) dista bastante de los valores registrados para el periodo 94-98, con una media de 9 granos/m³. Lo mismo ocurre con los valores absolutos diarios y con la cuantía polínica total acumulada (710 granos frente a 329 de media), lo que indica el aumento del número de individuos que emiten a la atmósfera, y al igual que para *Platanus* esto se debe al crecimiento de la ciudad que conlleva la creación de nuevas zonas verdes en la que *P. bolleana* ha sido muy cultivada. La incidencia de este polen en la ciudad de Jaén ha aumentado aproximándose a la de ciudades próximas como Granada (Alba et al., 2000) o Córdoba (Cariñanos et al., 2000).

4.3.5. *Ulmus*

La estación polínica de *Ulmus* se adelanta en relación a la media del periodo 94-98, pero la duración, la concentración media diaria, y valores máximos se encuentran dentro de los valores entre los que fluctúa este tipo polínico. El valor polínico acumulado es muy cambiante cada año. La explicación a esta variabilidad puede deberse a las fuertes podas a las que se someten estos árboles en la ciudad (Ruíz Valenzuela, 2001), ya que no parece responder a los cambios en las condiciones meteorológica, lo cual deja patente el uso de especies del género *Ulmus* L. como flora ornamental. En localidades

como Granada (Alba et al., 2002) los niveles de polen de este tipo son similares a los de Jaén, y en otras como Ciudad Real se alcanza un total anual cercano a 900 granos (Prieto et al., 2002).

4.4. Relación entre fenología de floración y dinámica de polen.

En el caso de las especies *A. negundo* (Figura 17) y *P. hispanica* (Figura 19) queda bien patente la existencia de una correspondencia entre fenología de floración y los niveles de polen registrados en la atmósfera. Esto es debido a que los tipos polínicos *Acer* y *Platanus* están integrados en la ciudad de Jaén exclusivamente por las especies *A. negundo* y *P. hispanica* respectivamente, sin embargo los otros tipos polínicos estudiados están integrados por más especies, y junto a otros factores a tener en cuenta (otras especies que participen del tipo polínico, variables meteorológicas como humedad del aire o dirección del viento, etc.), hace que no se ajuste el desarrollo fenológico observado a la dinámica polínica existente. En el tipo polínico *Ulmus* (Figura 11) están integradas las especies del género *Ulmus* L. y al igual que en *Pinus*, tras la floración aparecen nuevas concentraciones atmosféricas que pueden tener su origen en especies autóctonas pertenecientes a este taxón, o si se tratan de picos de pequeña concentración pueden ser debidos a fenómenos de resuspensión o algún individuo aislado que retrasa su polinización. Si bien *U. pumila* es una especie introducida de uso ornamental, se ha naturalizado e incluso reemplazado al *Ulmus minor*, gracias a su resistencia a la grafiosis, enfermedad que sí afecta a la especie autóctona (Aguilera et al., 2013). Los picos de polen en el periodo de fructificación pueden proceder de ejemplares en la periferia de la ciudad, o más lejanos. Para *P. halepensis* (Figura 15) tras el periodo de floración definido con nuestras observaciones, la curva aerobiológica indica una segunda floración, e incluso se intuye que continúa más allá de abril la presencia de este tipo polínico en el aire. Estas concentraciones podrían deberse a otras especies como *Pinus pinaster* o *Pinus nigra*, aunque estos suelen retrasar aún más su floración influenciados por la altitud (Ruiz Valenzuela, 2001), por lo que lo más probable es que se trate de polen procedente de *P. halepensis* situados a una altitud mayor que hace que la polinización sea más tardía. Hubiese sido interesante comprobar esto

definiendo un cuarto punto de muestreo para esta especie en el cerro de Santa Catalina, en cuya cima se alcanza los 800 m.s.n.m. Por último para el polen de *Populus* existe una correspondencia entre este y la evolución fenológica de *P. alba* (Figura 13). La mayoría de picos de concentración se encuentran dentro de su periodo de floración. Las concentraciones que aparecen en prefloración y fructificación pueden tener su origen en otros especímenes a diferente altitud o a otras especies de *Populus* L. como la autóctona *P. nigra*. Por el contrario *P. bolleana* no parece tener gran representación en el aire de Jaén, ya que no presenta picos fuertes. Esto puede resultar sorprendente dada la gran cantidad de individuos de esta especie que se encuentran en la ciudad, pero hay que tener en cuenta el carácter híbrido de la especie, que puede ser la causa de una baja productividad polínica. De hecho en las observaciones realizadas en las zonas a muestrear se observó como difería el desarrollo fenológico de esta especie respecto a *P. alba*. Las inflorescencias en tipo amento, no tenían un crecimiento regular y homogéneo, y en muchas ocasiones se encontraban los amentos a medio descolgar caídos del árbol.

5. CONCLUSIONES

1. Existe una diferencia importante en la cantidad de precipitación caída entre las dos estaciones meteorológicas, provocada por el gradiente altitudinal y sobretodo la cercanía de la zona de extrarradio a la zona de montaña.

2. En el tercer punto de muestreo (extr.) se dan diferencias de entre 5 y 7 días menos en la duración de la floración. Ocurre con todas las especies exceptuando a *Acer negundo*.

3. El polen de *Populus bolleana* tiene escasa influencia en la atmósfera de Jaén, hecho que contrasta con la abundante presencia que tiene esta especie en la ciudad

4. El tipo polínico *Platanus* ha incrementado enormemente su cantidad (920%) en la atmósfera de Jaén con respecto al periodo 1994-1998. Dado su carácter alergénico, se está convirtiendo en una de las principales causas de alergias invernales.

5. Los tipos polínicos monoespecíficos con especies de marcado carácter ornamental y no naturalizadas, presentan una estación polínica de corta duración y bien ajustada con la fenología de floración. Esto ocurre con el polen de *Acer*, *Platanus* y en menor medida *Ulmus*.

6. Estudios de este tipo son importantes para interpretar la procedencia e intensidad de contaminantes de carácter biológico (polen) que pueden incidir en la salud, a la vez son una buena herramienta para el diseño de plantaciones de especies ornamentales en espacios urbanos, pues como queda patente especies de carácter de carácter alergénico, pueden llegar a producir concentraciones de polen importantes en la atmósfera.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aboulaich, N., Trigo, M.M., Bouziane, H., Cabezudo, B., Recio, M., El Kadiri, M. & M. ATER (2013). Variations and origin of the atmospheric pollen of Cannabis detected in the province of Tetouan (NW Morocco): 2008-2010. *Science of the Total Environment*, 443: 413-419.
- Aguilera Padilla, F. (2010). *Estudio del flujo polínico atmosférico y fenología floral del olivo (Olea europaea L.) en la provincia de Jaén: aplicación para la creación de modelos de predicción de fruto*. Tesis doctoral. Universidad de Jaén, Jaén, España.
- Aguilera, F., García, A., Guerrero, F.J., Lendínez, M.L., Ruiz, L., Salazar, C. & J.A. Torres (2013). *Flora ornamental de la Universidad de Jaén: Campus de Las Lagunillas*. Universidad de Jaén. (96, 112, 116, 142, 162).
- Alba, F., Díaz de la Guardia, C., & S. Sabariego (2000). *Aerobiología en Andalucía: estación de Granada (2000)*. REA, 6: 31-34.
- Alba, F., Díaz de la Guardia, C., Sabariego, S. & D. Nieto-Lugilde (2002). *Aerobiología en Andalucía: estación de Granada (2000-2001)*. REA, 7: 65-70.
- Alcázar, P., Galán, C., Cariñanos, P., Velasco, A. & E. Domínguez (2002). *Aerobiología en Andalucía: estación de Córdoba (2000-2001)*. REA, 7: 49-54.
- Barranco, D. & L. Rallo (2005). *Épocas de floración y maduración, en variedades de olivo en España*. Junta de Andalucía, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa.
- Cadenas, I., Camacho, R., Cano, D., Cervigón, P., Gutiérrez, A.M. & J. Subiza (2009). *Predicción del inicio de la temporada de polinización del plátano de sombra en la Comunidad de Madrid y en la ciudad de Córdoba*.

Técnicas y resultados. Nota Técnica nº1 de Biometeorología. Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Candau, P., Pérez, A.M., González, F.J., Carrasco, M. & J. Morales (2002). *Aerobiología en Andalucía: estación de Sevilla (2000-2001)*. REA, 7: 95-100.

Capel Molina, J.J. (1981). *Los climas de España*. Eds. Oikos-Tau S.A. Barcelona.

Cariñanos, P., Galán, C., Alcázar, P. & E. Domínguez (2000). *Aerobiología en Andalucía: estación de Sevilla (2000)*. REA, 6: 19-22.

Díaz de la Guardia, C. & G. Blanca (1994). *Flora ornamental de Granada. Polen e incidencia en las alergias*. Monografías Tierras del Sur. Universidad de Granada (167, 168, 177, 178, 192, 193, 219)

Díaz de la Guardia, C., Alba, F., Trigo, M.M., Galán, C., Ruiz, L. & S. Sabariego (2003). *Aerobiological analysis of Olea europaea L. pollen in different localities of southern Spain*. Grana, 42:4, 234-243

Fernandez, C., Guixa, R. & E. Postigo (1982). *Parques de Jaén: árboles y arbustos ornamentales*. Exmo. Ayuntamiento de Jaén.

Galán, C., Cariñanos, P., García Mozo, H. & E. Domínguez. (2001). *Model for forecasting Olea europaea L. airborne pollen in South-West Andalusia, Spain*. Int. J. Biometeorol., 45 (2): 59-63.

Galán, C., Cariñanos, P., Alcázar, P. & E. Domínguez (2007). *Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología*. Córdoba: Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. España.

- Heywood, V.H. (1993). *Flowering plants of the world*. Updated ed. (2001). Oxford University Press. United States of America.
- Hyde, H.A. (1969). *Aeropalynology in Britain - an outline*. New Phytologist, 68: 579-590.
- Miralles, J.C. (2015). *Polinosis, una morbilidad en aumento: la importancia de los recuentos aerobiológicos en la práctica clínica*. Revista de Salud Ambiental, 5: 42-45.
- Nilsson, S. & S. Persson (1981). *Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden), 1973-1980*. Grana 20: 179-182.
- Prieto, J.C., de Pablos, L., Domínguez, E. & C. Galán (2002). *Aerobiología en Andalucía: estación de Ciudad Real (2000-2001)*. REA, 7: 113-118.
- Ruiz Valenzuela, L. (2001). *Estudio aerobiológico de la atmósfera de Jaén*. Tesis doctoral. Universidad de Jaén, Jaén, España.
- Ruiz, L., Díaz de la Guardia, C., Cano, A. & E. Cano (2002). *Aerobiología en Andalucía: estación de Jaén (2000-2001)*. REA, 7: 77-82.
- Salazar, D.M., Melgarejo, P., Martínez, R., Martínez, J.J., Hernández, F. & M. Burguera (2006). *Phenological stages of the guava tree (Psidium guajava L.)*. Scientia Horticulturae, 108: 157-161.
- Saveanu, L. & M. G. Murray, (2014). *Fenología de la floración de Ulmus pumila L. (Ulmaceae) en la ciudad de Bahía Blanca (Argentina)*. Polibotánica, 38.
- Trigo Perez, M. M., Jato Rodríguez, V., Fernández González, D., Galán & C. Soldevilla (2008). *Atlas aeropalínológico de España*. Universidad de León. (27, 127, 131, 157)
- Vaquero del Pino, C., (2010). *Estudio de la flora alergógena de la ciudad de Talavera de la Reina*. Diputación de Toledo.

7. ANEXO I. Fases fenológicas.

Especie	PREFLORACIÓN			FLORACIÓN			FRUCTIFICACIÓN
	Fenofase 1	Fenofase 2	Fenofase 3	Fenofase 4	Fenofase 5	Fenofase 6	Fenofase 7
<i>A. negundo</i>	Yema invernal	-Yemas plenamente desarrolladas. -Comienzan a abrirse dejando ver los grupos de pequeñas flores rojas.	-Racimos de flores masculinas de aspecto rojizo completamente desarrolladas. -Aparece el pedúnculo se comienza a descolgarse.	-El pedúnculo se prolonga y quedan las flores colgando. -Pétalos rojo brillante <15% liberando polen	-El pedúnculo sigue prolongándose (7 cm aprox.) quedando las flores colgando. >15% liberando polen	-Las flores que dejan de liberar polen, se secan, los pétalos se ennegrecen y las inflorescencias caen fácilmente del árbol. <15% liberando polen	-No quedan flores liberando polen.
<i>P. halepensis</i>	Yema invernal	-Pequeños conos masculinos comienzan a engrosarse. -Empiezan a tornar de color parduzco a amarillo dorado.	-Los conos masculinos alcanzan un tamaño de 1 cm aprox. de largo -Siguen tornándose amarillos.	-Los conos siguen aumentando de tamaño. -Al tocarlos liberan gran cantidad de polen que es visible. <15% liberando polen	-Tornan a color rojizo poco a poco. -Apertura del polen más visible. >15% liberando polen	-Estróbilo muy engrosado -Color rojizo, sobre todo en la punta. -Aperturas de los sacos polínicos muy ensanchadas. - No liberan polen al tocarlo.	-No quedan flores liberando polen.
<i>P. hispanica</i>	Yema invernal	-Las yemas aumentan de tamaño y comienzan a abrirse.	-Se han desarrollado inflorescencias esféricas que se encuentra en grupo de 2-3 o solitarias. -No están descolgadas totalmente.	-Las inflorescencias cuelgan. -Pierden los arquenios que recubren la estructura esférica. <15% liberando polen	-Continúa perdiendo la vellosidad >15% liberando polen	- Tras finalizar su floración la esfera desnuda cae del árbol. <15% liberando polen	-No quedan flores liberando polen.
<i>P. alba</i> y <i>P. bolleana</i>	Yema invernal	-Yemas engrosadas se abren dejando asomar el principio del amento vellosos.	-La inflorescencia tipo amento peloso de color amarillento cuelga completamente.	-La vellosidad del amento empieza a desaparecer dejando desnuda la espiga. < 15% liberando polen	-La vellosidad del amento sigue desapareciendo. >15% liberando polen	-Deja de emitir polen cuando el amento queda desnudo o cae del árbol. <15% liberando polen	-No quedan flores liberando polen
<i>U. pumila</i>	Yema invernal	-Las escamas de la yema se separan dejando ver los estambres de color granate.	-Inflorescencias globosas con las flores más abiertas. -Los estambres están unidos y apretados.	-Flores totalmente abierta con estambres exertos. - Color granate < 15% liberando polen	-Flores totalmente abierta con estambres exertos. - Color granate > 15% liberando polen	-Cuando dejan de liberar polen se ennegrecen, se secan y caen con facilidad del árbol. < 15% liberando polen	- No quedan flores liberando polen.

