



## **TESINA PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Determinación del Período de  
polinización principal del olivo (*Olea  
europaea* L.) y su relación con factores  
meteorológicos en un cultivo del  
departamento de Rocha

*Andrea Piñeyro*

Orientadora: *Dra. Ángeles Beri*

Laboratorio de ejecución: *Laboratorio de Palinología,  
Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias.*

*Marzo 2018*

## Agradecimientos

*Agradezco a cada persona que colaboró en esta etapa académica: a Ángeles Beri por todo lo enseñado y por abrir el camino para esta área dentro de la palinología; a Mercedes Arias por darme esta oportunidad y por confiar en mi trabajo; a Nuevo Manantial - Agroland S.A por permitirme trabajar en su plantío y facilitarme aquellas cosas que iba necesitando. También al Laboratorio de Palinología y Paleontología, a mi compañera y al lindo grupo humano que conocí.*

*Además quiero darle las gracias a mi familia por apoyarme desde el comienzo y en cada paso; a mi novio y cada uno de mis amigos por la contención y la paciencia.*

# Índice

<b>Resumen</b> .....	3
<b>Introducción</b> .....	4
<b>Objetivos</b> .....	7
<b>Materiales y métodos</b> .....	8
<i>Sitio de muestreo</i> .....	8
<i>Muestreo aeropalínológico</i> .....	9
<i>Análisis microscópico de las muestras</i> .....	10
<i>Obtención de datos meteorológicos</i> .....	10
<i>Análisis de datos</i> .....	10
<i>Fenología floral</i> .....	11
<b>Resultados</b> .....	13
<i>Relación concentración polínica – variables meteorológicas</i> .....	14
<i>Relación concentración polínica y fenología floral</i> .....	15
<b>Discusión</b> .....	17
<i>Concentración polínica</i> .....	17
<i>Relación con parámetros meteorológicos</i> .....	18
<i>Fenología floral</i> .....	19
<b>Conclusiones</b> .....	21
<b>Bibliografía</b> .....	22

## Resumen

El objetivo del presente trabajo es determinar el Período de Polinización Principal y la concentración de polen atmosférico de olivo durante la primavera y analizar su relación con los parámetros meteorológicos. Además se procuró establecer una primera aproximación a la relación entre las concentraciones polínicas y la fenología floral.

El muestreo se llevó a cabo en Rocha, en un cultivo comercial de olivo de 940 hectáreas perteneciente a Nuevo Manantial - Agroland S.A. Se utilizó un captador volumétrico de tipo Hirst, de la marca Burkard, el cual funcionó sin interrupción durante 60 días, entre los meses de setiembre y noviembre del 2017. Los datos meteorológicos fueron suministrados por una estación localizada dentro del plantío y ellos fueron temperatura promedio, humedad relativa, velocidad del viento y precipitaciones. Para poder analizar la influencia de las variables climáticas en la concentración polínica, se llevaron a cabo correlaciones no paramétricas de Spearman.

Los resultados mostraron que el período de polinización principal del olivo duró 41 días y se extendió desde el 15 de setiembre hasta el 26 de octubre, con bajos niveles en la concentración polínica. Además se obtuvo una relación negativa con la lluvia y una positiva con la velocidad del viento. Por otro lado, se observó que el comienzo de la floración de las variedades Arbequina y Coratina coincide con el inicio del Período de Polinización Principal, a pesar de haber sido evidenciada la presencia de hongos del género *Colletotrichum*.

La mayoría de los estudios de esta índole se han llevado a cabo en regiones con condiciones climáticas distintas a las que se encuentran en Uruguay. Este primer estudio permite comenzar a abrir una línea de investigación que relacione la palinología con la agricultura; sin embargo, es necesario un muestreo aeropalínológico continuo durante varios años para obtener resultados más conclusivos.

## Introducción

La disciplina denominada Aeropalinología tiene como objetivo investigar el contenido de los granos de polen y esporas de hongos en la atmósfera y la relación con los factores que condicionan su producción y transporte (Fonnegra, 2005). El proceso aerobiológico comprende cinco etapas fundamentales: producción, liberación, dispersión o transporte, depósito y resuspensión (Deacon, 2006; Edmonds, 1979). En general, las plantas cuyo polinizador es el aire (anemófilas), debido a la poca especificidad del vector, producen mayor cantidad de granos de polen que las entomófilas (Birks & Birks, 1980; Dafni, 1992; Faegri & Iversen, 1989).

La liberación de los granos de polen a la capa laminar de la atmósfera que está en contacto directo con la vegetación puede ser pasiva o activa (Birks & Birks, 1980; Deacon, 2006), donde la temperatura, la radiación solar y la humedad relativa regulan la dehiscencia de las anteras (Liem, 1980). Los granos de polen, luego, son incorporados a capas turbulentas donde quedan sujetos a variaciones de temperatura, precipitaciones, vientos y turbulencias (Deacon, 2006; Damialis *et al.*, 2005).

La dispersión polínica depende también de factores biológicos como la cantidad de polen producido y la altura a la cual es liberado por la planta, así como la forma, el tamaño y el peso específico del grano de polen, que determinan su velocidad terminal (Birks & Birks, 1980).

El olivo, *Olea europaea* L., es la única especie de la familia *Oleaceae* que presenta fruto comestible. Es uno de los árboles más antiguos cultivados por el hombre, con un origen en la zona de Oriente Medio, llegando con el correr de los años a la zona mediterránea y posteriormente, con el descubrimiento de América, a todos los continentes (Tovar de Dios, 2001).

Actualmente, los principales productores son España, Italia, Grecia, Portugal y en menor medida, Túnez, Turquía y Marruecos. Sin embargo, la demanda reside fundamentalmente en la región mediterránea, siendo dentro de la Unión Europea, Italia el principal comprador y España y Grecia los abastecedores (Fourment Reissig & Politi Israel, 2008).

En el caso de Uruguay, el olivo no llegó tan pronto como a los países vecinos, pero se tienen datos de que los primeros fueron plantados cerca de 1780 en una chacra frente al actual barrio Prado, en Montevideo (Grompone & Villamil, 2013). Actualmente, las plantaciones tradicionales de olivo en Uruguay incluyen variedades de distinta procedencia destacando las de España (Arbequina, Picual, Manzanilla y Farga) e Italia (Leccino, Frantoio, Ascolano y Pendolino). Sin embargo, las nuevas plantaciones intensivas realizadas en los últimos años emplean básicamente variedades españolas (Arbequina, Picual, Manzanilla de Sevilla y Hojiblanca), italianas (Frantoio y Coratina) e israelíes (Barnea) (Fourment Reissig & Politi Israel, 2008).

Históricamente la olivicultura no ha sido una actividad de gran desarrollo en nuestro país y el impulso actual según los técnicos que trabajan en el ramo, debería orientarse a lograr el máximo de calidad y participar en mercados de alto poder adquisitivo tanto a nivel regional como internacional (López Castiglioni & Silveira Silva, 2011).

Para el caso de *Olea europaea*, que presenta polinización anemófila y con una producción polínica de  $188 \times 10^3$  granos de polen por flor (Tormo Molina *et al.*, 1996) la capacidad de predecir la productividad frutal, utilizando los datos de conteo polínico, es un instrumento útil, ya que permite realizar, con mayor precisión y previsión, la toma de decisiones y la planificación futura de la plantación (González Minero *et al.*, 1999). Este método surgió a fines de 1980, basándose en la idea de una estrecha relación entre la emisión polínica a la atmósfera y la productividad final anual (Fornaciari *et al.*, 2002). Como la emisión polínica no es homogénea, necesario cuantificar el polen emitido además del período exacto cuando la emisión ocurre (Orlandi *et al.*, 2005). Para esto es menester establecer el Período de Polinización Principal (PPP), el cual se define de acuerdo a los días del año en que el polen colectado se encuentra entre el 5% y el 95 % del total anual emitido (Nilsson & Persson, 1981; Moriondo *et al.*, 2001).

El PPP varía año en año, ya que la emisión polínica depende de las condiciones meteorológicas a las que está expuesto el cultivo, tales como temperatura, precipitaciones, velocidad de viento y humedad relativa, siendo las dos primeras buenos predictores del comienzo del PPP (Ribeiro *et al.*, 2006).

Las bajas temperaturas influyen en el fin de la dormancia invernal por parte del botón floral y las altas temperaturas inducen la floración, favoreciendo la antesis y la dehiscencia de la antera (Ribeiro *et al.*, 2006, Frenguelli *et al.*, 1989). Estudios previos concluyeron que el inicio del período de máxima emisión polínica está relacionado con las temperaturas de los meses anteriores (Frenguelli *et al.*, 1989), llegando a adelantarse en años más calurosos (González Minero *et al.*, 1999).

Por otro parte, las precipitaciones juegan un papel importante influyendo negativamente en la concentración de polen en la atmósfera si ocurren los últimos quince días antes de la floración (Galán *et al.*, 1988), ya que si están expuestas a situaciones de estrés acuático durante el comienzo de la misma, puede influir en una baja producción de botones florales, trayendo como consecuencia un menor número de flores y por ende, un menor número de polen. (Ribeiro *et al.*, 2006).

Adicionalmente, la humedad relativa presenta un efecto sobre la concentración polínica atmosférica, ya que a mayor humedad ambiental, el peso del polen será mayor y por consiguiente menor será su dispersión (Vázquez *et al.*, 2003).

Por otra parte, el análisis de la influencia de la intensidad de viento sobre la nube polínica no otorga resultados concluyentes ya que presenta una relación heterogénea que puede variar año a año (Díaz de la Guardia *et al.*, 2003).

La gran mayoría de los estudios palinológicos con respecto al olivo, conciernen a países donde los cultivos están ubicados en regiones con condiciones climáticas mediterráneas, que son diferentes a las presentes en Uruguay.

Uruguay tiene un clima templado – subtropical húmedo, con veranos calurosos y sin estaciones secas/lluviosas (tipo “cfa” según Kötttek *et al.*, 2006), con precipitaciones a lo largo de todo el año.

Al no presentar antecedentes en lo que respecta al estudio palinológico en olivares uruguayos, aún no es conocido como las condiciones climáticas de esta región afectan la producción de polen de olivo y por ende, la producción final.

## Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es determinar la concentración de polen atmosférico y con ello, el Período de Polinización Principal de *Olea europaea* procedente de un cultivo.

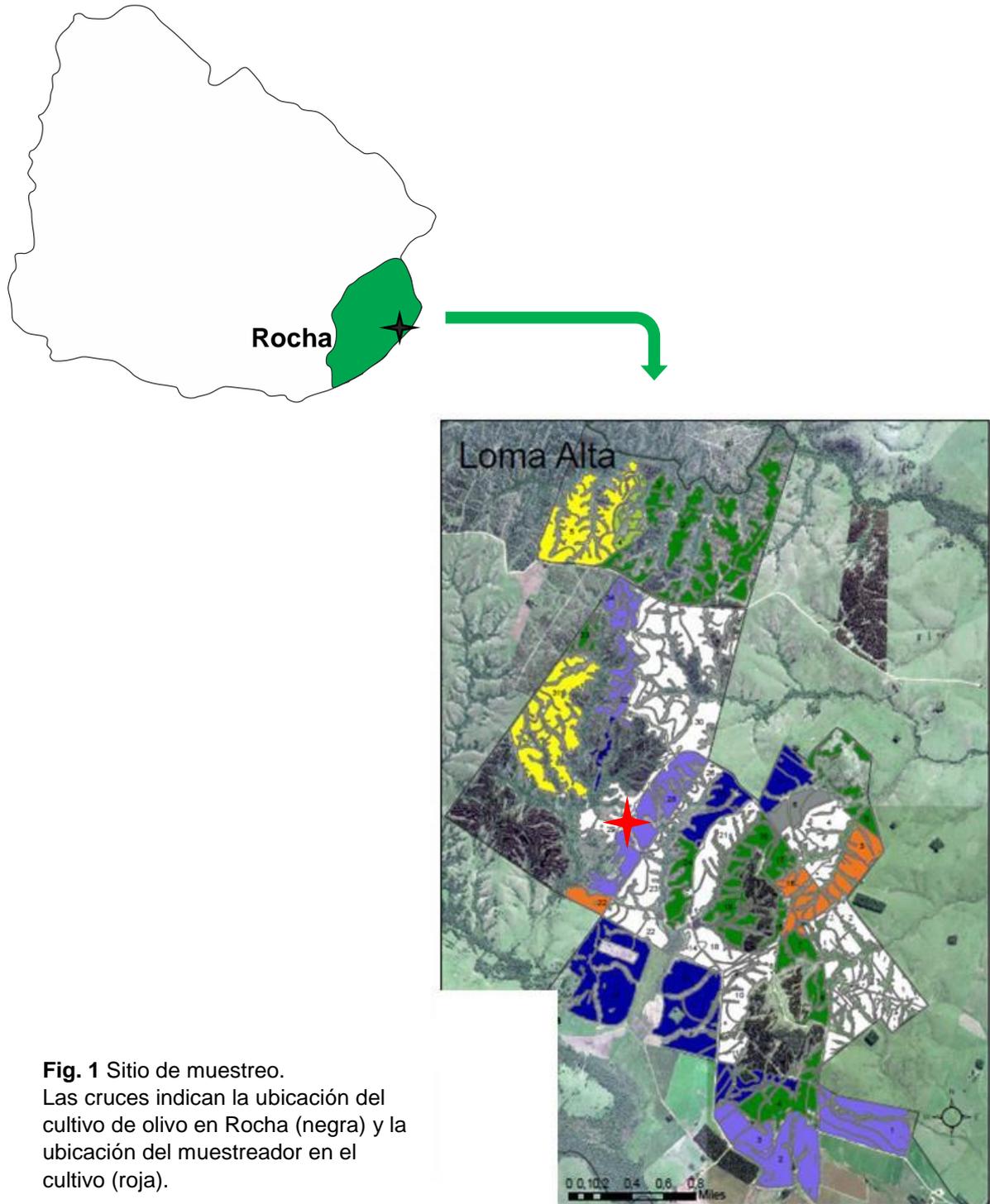
Además se pretende correlacionar los valores de concentraciones polínicas con parámetros meteorológicos, tales como temperatura, precipitaciones, velocidad de viento y humedad relativa.

Por otra parte, se procura establecer una primera aproximación a la relación entre las concentraciones polínicas y los estados fenológicos de las diferentes variedades de *Olea europaea* presentes en el cultivo.

## Materiales y métodos

### Sitio de muestreo

El muestreo palinológico se llevó a cabo en el establecimiento “Loma Alta”, en un plantío de olivo perteneciente a la empresa Nuevo Manantial - Agroland S.A, ubicado en el departamento de Rocha, km 241,5. Ruta 9.



**Fig. 1** Sitio de muestreo. Las cruces indican la ubicación del cultivo de olivo en Rocha (negra) y la ubicación del muestreador en el cultivo (roja).

## Muestreo aeropalínológico

Se utilizó un captador volumétrico de tipo Hirst (Hirst, 1952), de la marca Burkard, ubicado aproximadamente a 8 metros sobre el suelo y 65 metros sobre el nivel del mar ( $34^{\circ}24' S$ ,  $54^{\circ}06' O$ ).



**Fig. 2** Ubicación del captador Hirst en el plantío.

Se realizó el muestreo polínico durante ocho semanas, recogiendo las muestras semanalmente, en la mayoría de los casos a la misma hora. Una cinta colocada en el Hirst e impregnada en sustancia adhesiva (donde impactaban las partículas atmosféricas) fue reemplazada por otra nueva semanalmente.

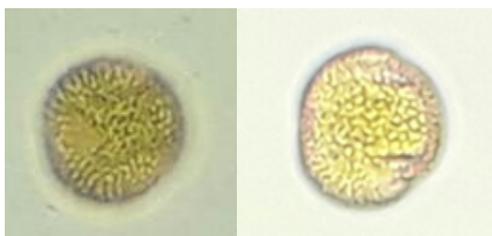


**Fig. 3** Tambor con cinta (flecha negra) en posición correcta.

### Análisis microscópico de las muestras

La cinta se dividió en siete segmentos de 48 mm, representando los siete días de la semana. El preparado se montó en un portaobjeto subdividido en veinticuatro fracciones de 2 mm de ancho que corresponden a las horas de cada día. Se tiñó con fucsina y se procedió a contar.

El recuento se realizó por fragmento, obteniendo un número de polen correspondiente a cada hora de cada día.



**Fig. 4** Granos de polen de olivo.

### Obtención de datos meteorológicos

Fueron registrados en la estación meteorológica presente en el plantío. Los datos diarios que fueron empleados corresponden a: temperatura media, suma de precipitaciones, humedad relativa y velocidad del viento, todos estos datos pertenecientes a mediciones por hora.

### Análisis de datos

El cálculo de la concentración (C) de granos registrados por unidad de volumen de aire, se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$C = N / V$$

donde:

**N** = Número de granos de polen totales

**V** = Volumen de aire muestreado = **10 L / min**

Los resultados son expresados en granos / m<sup>3</sup>.

El PPP se estableció considerando el comienzo cuando la concentración del polen de olivo alcanzó el 5% y el final cuando la concentración llegó a valores cercanos al 95% (Nilsson & Persson, 1981).

Para evaluar las influencias de las diferentes variables meteorológicas en los cambios de concentración del polen atmosférico, primeramente se testeó la normalidad de las variables, utilizando el test de Kolmogorov – Smirnov. Dada la no normalidad de las mismas se utilizaron correlaciones no paramétricas de Spearman. Se usaron diferentes criterios para el tratamiento de los datos. Se consideró, por un lado, las ocho semanas del muestreo. Por otra parte, se tomaron únicamente los días correspondientes al PPP. Por último, se tuvo en cuenta solamente el mes en el cual se registró la mayor concentración polínica. En los análisis de los datos correspondientes a los dos últimos criterios y con el fin de alcanzar una mayor precisión en los mismos, se tomaron en cuenta intervalos de 8 horas para cada una de las variables, además de los valores diarios. Se consideraron significativos valores p inferiores al 5%. El análisis se realizó con el programa SPSS Statistics para Windows y las gráficas con Microsoft Excel 2013.

### **Fenología floral**

Los datos fenológicos de las variedades de olivo predominantes en el cultivo (Arbequina, Picual y Coratina) fueron suministrados por Nuevo Manantial – Agroland S.A.

Cada fecha corresponde a un día de muestreo, y cada registro de estado fenológico correspondió el promedio de 10 árboles en cada fecha.

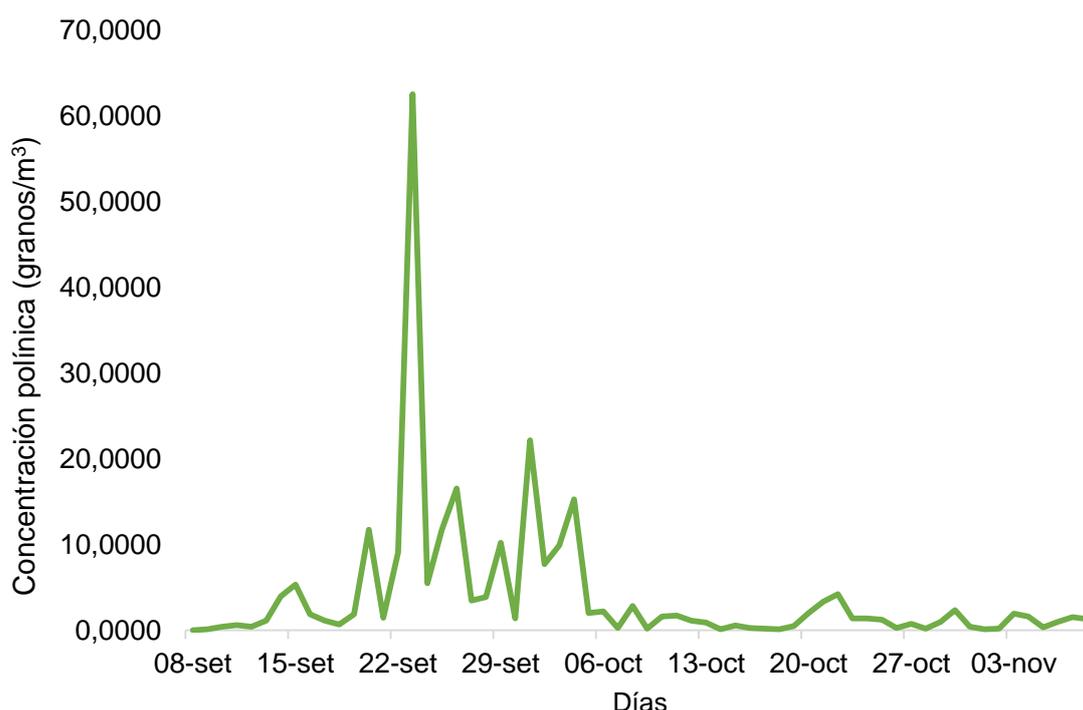
Para la determinación y diferenciación de cada estado fenológico se utilizó la escala BBCH adaptada para olivo (Sanz – Cortéz *et al.* 2002), según la cual se pueden diferenciar los siguientes estados:

1. Yema dormida.
2. Yema hinchada.
3. Brote sin diferenciar.

4. Diferenciación inicial, se identifican las flores, se inicia el alargamiento del eje central y de la base de las flores.
5. Diferenciación final Racimo floral totalmente expandido. Sus flores están bien desarrolladas y aún cerradas.
6. Flor abierta, inicio de floración. Al menos un 10% de flores abiertas.
7. Flor abierta, plena flor. Al menos un 50% de flores abiertas.
8. Fin de flor abierta.
9. Pétalo caído.
10. Cuajado. Ovario verde oscuro, con un diámetro mayor al del cáliz.

## Resultados

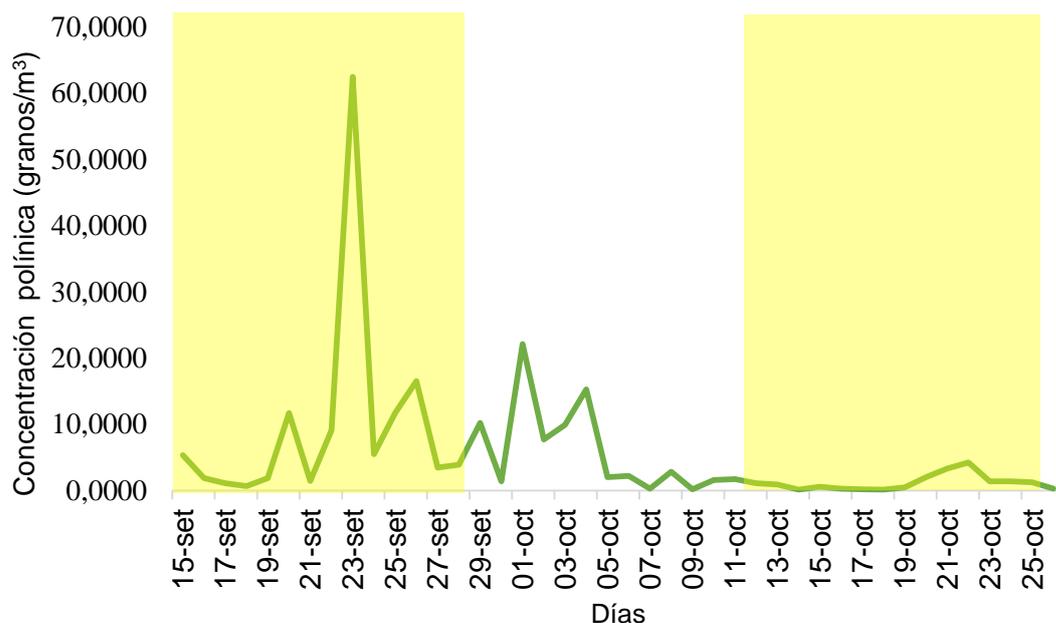
El PPP de *Olea europaea* del año 2017 duró 41 días y se extendió desde el 15 de setiembre hasta el 26 de octubre. A lo largo este período se alcanzó una concentración total de 232,0833 granos de polen por m<sup>3</sup>. El pico polínico ocurrió el día 23 de setiembre con una concentración de 62,5000 granos de polen por m<sup>3</sup> (Fig. 5).



**Fig. 5** Concentración polínica diaria (granos de polen por metro cúbico de aire) durante los dos meses de muestreo.

Se puede observar una curva con variados picos que corresponden a las diferencias diarias en las concentraciones polínicas durante los dos meses de muestreo (Fig. 5) y durante el PPP (Fig. 6).

La mayor concentración polínica dentro del PPP ocurrió en el primer tercio. A partir del segundo tercio, se observó una marcada disminución en los valores, alcanzando niveles cercanos a cero a partir del 6 de octubre. Sin embargo, se puede encontrar algún pico ocasional posterior a esa fecha, pero éstos no alcanzaron valores superiores a 5 granos de polen por m<sup>3</sup> (Fig. 6).



**Fig. 6** Concentración polínica diaria (granos de polen por metro cúbico de aire) durante el Período de Polinización Principal, dividida en tercios.

### Relación concentración polínica – variables meteorológicas

Los valores de los coeficientes de correlación entre las variables meteorológicas y la concentración polínica se pueden observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Coeficientes de correlación de Spearman entre la concentración polínica atmosférica y los parámetros meteorológicos y sus niveles de significancia

	<b>2M-D</b>	<b>PPP-D</b>	<b>PPP-8</b>	<b>MMC-D</b>	<b>MMC-8</b>
<i>Precipitaciones</i>	-0.273*	-0.231	-0.119	-0.226	-0.216*
<i>Velocidad de viento</i>	0.226	0.174	0.214*	0.141	0.241*
<i>Humedad relativa</i>	-0.102	0.040	-0.043	-0.030	-0.149
<i>Temperatura Promedio</i>	-0.129	-0.078	0.1	0.256	0.157

\*  $p < 0.05$ . **2M-D**: dos meses en intervalos diarios; **PPP-D**: PPP en intervalos diarios; **PPP-8**: PPP en intervalos de 8 horas; **MMC-D**: Mes de mayor concentración polínica en intervalos diarios; **MMC-8**: Mes de mayor concentración polínica en intervalos de 8 horas.

En general se observa un comportamiento heterogéneo entre las distintas variables climáticas y las concentraciones polínicas para los criterios analizados.

Al considerar el efecto de las precipitaciones, se observa una marcada relación negativa entre ambas variables. Sin embargo, las correlaciones significativas únicamente se presentan cuando se tienen en cuenta los dos meses de muestreo y al analizar el mes de mayor concentración polínica en intervalos de 8 horas. Los valores del coeficiente de correlación son similares entre sí.

El análisis de las consecuencias de la velocidad del viento en la concentración polínica resulta en una relación positiva, teniendo en cuenta todos los criterios de subdivisión del período de muestreo. Sin embargo, los únicos eventos significativos corresponden al estudio del PPP y al del mes de mayor concentración polínica, ambos casos en intervalos de 8 horas. Al igual de lo ocurrido en el análisis con las precipitaciones, estos coeficientes de correlación significativos son de orden similar, aun tratándose de criterios distintos

En cuanto a la temperatura promedio, no se encuentra una relación significativa entre las variables. A pesar de ello, tampoco se observa una tendencia clara hacia una correlación positiva o negativa, ya que la misma varía si se tienen en cuenta los distintos criterios.

En el caso de la humedad relativa, si bien se observa una correlación negativa con la concentración polínica en la mayoría de los criterios, dicha relación no es significativa en ninguno de ellos.

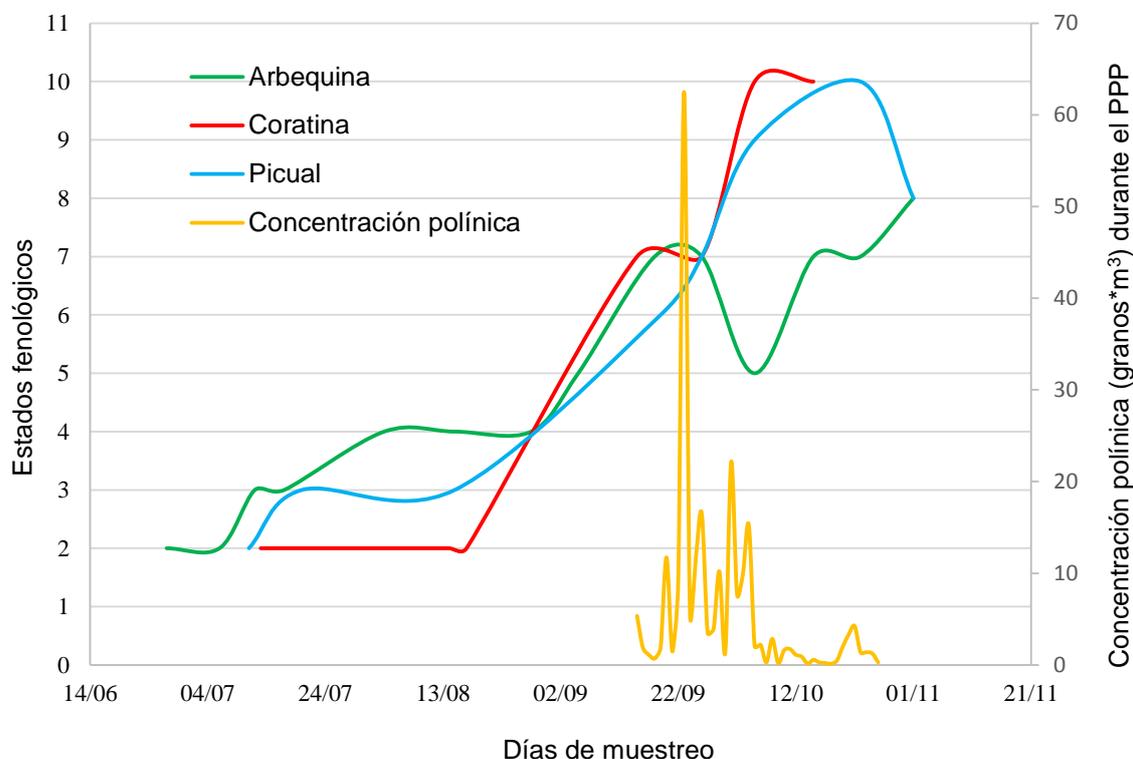
### **Relación concentración polínica y fenología floral**

El período de floración del olivo del año 2017 en el plantío del establecimiento “Loma Alta” comenzó los primeros días de setiembre.

El comienzo del PPP coincide con el comienzo de la floración de las variedades Arbequina y Coratina.

Además se aprecia que los días de mayor concentración polínica se superponen con los días donde los estados predominantes son el 6 y 7, es decir que corresponden a inicio y la plena floración, respectivamente.

Sin embargo el día de mayor de concentración polínica ocurrió cuando las variedades Arbequina y Coratina se encontraban en el estado fenológico 7, y Picual se encontraba en un estado tardío, en el inicio de la floración.



**Fig. 7** Estudio comparativo entre la concentración polínica diaria durante el PPP y la fenología floral de las diferentes variedades de olivo presentes en el cultivo.

Se puede observar el primero de noviembre un retroceso en el estado fenológico de Picual, pasando de un estado predominante con mayor número de frutos cuajados a un predominio de fin de flor abierta.

Por otra parte, se distingue un retroceso también de la variedad Arbequina. El 5 de octubre presenta nuevamente un estado fenológico correspondiente a la diferenciación final de sus flores, estado que ya había alcanzado al 15 de setiembre. Se puede observar que un pequeño pico de concentración polínica coincide con los días en que Arbequina vuelve a presentar un estado predominante de mayor número de flores abiertas.

## Discusión

### Concentración polínica

La concentración polínica depende de distintos factores, tanto biológicos como climáticos. Estos últimos son los que contribuyen en mayor medida en el número de granos de polen, ya que influyen en la duración, en la tasa de producción de polen y en la dispersión de los mismos (Padilla & Valenzuela, 2008; McDonald, 1980). El análisis de la concentración polínica es un instrumento útil para predecir la producción final de olivo (Fornaciari *et al.*, 2002) y a pesar que la olivicultura no ha sido una actividad de gran desarrollo en nuestro país, podría ser un factor relevante a tener en cuenta a la hora de participar en el mercado internacional (González Minero *et al.*, 1999).

Los valores de concentración obtenidos en la plantación estudiada resultan muy bajos si se los compara con los que presentan otros países como, por ejemplo, España. En ciudades como Jaén se alcanzan picos que promedian los 4400 granos/m<sup>3</sup> por año e incluso en aquellas ciudades con un nivel menor de concentración, como Málaga, se alcanzan picos con valores promedio mucho mayores a los registrados en Rocha (1110 granos/m<sup>3</sup>) (Díaz de la Guardia *et al.*, 2003).

Una de las razones que puede explicar esta diferencia es la enorme superficie geográfica que presenta España dedicada al cultivo de olivo: Jaén cuenta con una extensión aproximada a 590.000 hectáreas (ha) (dato al 2000, Instituto Nacional de Estadística – España), y Málaga con 120.000 ha (dato al 2000, Instituto Nacional de Estadística – España) dedicadas a este fin, mientras que el cultivo estudiado cuenta con una plantación de 940 ha, de las cuales solamente 740 ha corresponden a olivos con edad suficiente para florecer.

Sin embargo, en ciudades como Umbria (Italia) se han registrado valores de aproximadamente 1200 granos/m<sup>3</sup> el día de mayor concentración, en un área plantada de 750 ha (Fornaciari *et al.*, 2000), que es comparable con la superficie en Loma Alta.

Por otra parte, la Red Española de Aerobiología (REA) plantea un conjunto de condiciones que se deben llevar a cabo para la ubicación e instalación del

captador (Galán *et al.*, 2007). Una de ellas es no ubicarlo en los bordes de una construcción para evitar turbulencias generadas por el impacto del viento contra la edificación. Sin embargo, en el presente estudio, las condiciones del edificio no permitieron colocar el muestreador en el centro del techo, por la falta de una estructura sólida. Estos problemas de muestreo también pudieron condicionar los valores registrados de polen, debido a que las turbulencias del aire podrían haber disminuido el número de granos que llegaban a la rendija de succión del captador.

### Relación con parámetros meteorológicos

Las relaciones entre los distintos parámetros climáticos y la concentración han sido extensamente estudiadas para variadas especies vegetales (Recio *et al.*, 1997; Galán *et al.*, 2000; Jato *et al.*, 2000; McDonald, 1980; Ribeiro *et al.*, 2003). A su vez, numerosos trabajos han analizado la influencia de estas variables para *Olea europaea*, pero en diferentes regiones con características climáticas propias (García-Mozo *et al.*, 2008; Ribeiro *et al.*, 2006; Vázquez *et al.*, 2003; Murray & Galán, 2016). Se ha señalado que las distintas variables meteorológicas están muy correlacionados entre sí y son muy dependientes de las condiciones locales, por lo tanto los resultados no pueden aplicarse de un lugar geográfico a otro (Moseholm *et al.*, 1987).

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran una correlación negativa entre la concentración polínica y la lluvia. Estos datos son coherentes con diversos trabajos realizados (Aguilera & Valenzuela, 2012; Ribeiro *et al.*, 2006; Vázquez *et al.*, 2003; Murray & Galán, 2016). Las precipitaciones pueden influir de forma directa e indirecta en la cantidad de granos de polen en el aire. Por un lado, se produce el lavado de la atmósfera y por lo tanto, una disminución directamente en la cantidad de granos de polen. Por otra parte, la lluvia causa que el polen se vuelva más pesado y menos transportable, debido a la absorción de agua (Recio *et al.*, 1996; Bonofiglio *et al.*, 2008).

Por otra parte, existen trabajos que señalan una correlación negativa entre la velocidad del viento y la concentración polínica (Vázquez *et al.*, 2003) y otros que apuntan a una relación positiva entre ambos factores (McDonald, 1980). En la bibliografía no existen resultados concluyentes, ya que la correlación con la

velocidad del viento es muy heterogénea y depende del régimen del viento característico, el estado fenológico del olivo durante la actividad del viento y la distribución del cultivo y topografía cercana a la estación de muestreo (Díaz de la Guardia *et al.*, 2003). En el presente análisis, la influencia de la velocidad del viento en la concentración polínica resultó en una relación positiva. Esto puede explicarse porque el estado fenológico del cultivo fue el adecuado. Es importante destacar que los resultados significativos, considerando los criterios de análisis del PPP y del mes de mayor concentración polínica cada 8 horas (PPP-8 y MMC-8) se obtuvieron en el momento en donde la mayor concentración polínica coincidía con la antesis floral.

La falta de significancia en las relaciones de la temperatura promedio y la humedad relativa con la concentración polínica pudo deberse al bajo número de días de muestreo. Si bien varios trabajos muestran una relación significativa entre las variables mencionadas, éstos se llevaron a cabo a lo largo de varios años (Vázquez *et al.*, 2003; Murray & Galán, 2016; Aguilera & Valenzuela, 2012; Ribeiro *et al.*, 2006).

### Fenología floral

Además de los parámetros meteorológicos, la fenología floral cumple un papel importante en la concentración polínica atmosférica.

Se pudo observar en el campo la aparición de hongos del género *Colletotrichum* que atacan directamente las flores e inducen que aquellas afectadas aborten. La caída de flores provoca un sesgo en el muestreo fenológico, ya que si previamente la mayoría se encontraba en el final de la floración y luego caen, en un muestreo siguiente es posible encontrar que el estado predominante es uno anterior. La presencia de estos hongos podría ser la causante de los retrocesos en estados fenológicos observados en algunas variedades como Picual o Arbequina.

A pesar de la importante presencia del hongo en el cultivo, durante la primavera del año 2017 en Loma Alta, el comienzo de la floración de las variedades Arbequina y Coratina coincidió con el inicio del PPP. Además, se observó que los datos de concentración polínicos son coherentes con los cambios de los diferentes estados fenológicos.

Numerosos factores influyen en la concentración polínica, por lo tanto los factores positivos y negativos se superponen y sus correlaciones no son siempre claras (Recio et al 1996). Sin embargo, es importante señalar que el presente trabajo cuenta con datos de un único año y de un único cultivo, por tanto, permite obtener una primera aproximación de los efectos del clima y de la fenología sobre la concentración polínica de olivo en Rocha, pero es necesario un muestreo aeropalínológico continuo durante varios años para obtener resultados más conclusivos.

## Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La concentración polínica registrada durante el PPP del 2017, en la atmósfera de Loma Alta fue muy baja, en comparación con los antecedentes de otros países.

Se encontraron correlaciones significativas entre las precipitaciones y la velocidad del viento y la concentración polínica, siendo éstas negativa y positiva, respectivamente.

A pesar de la baja concentración polínica, se observó una relación entre la concentración de polen de *Olea europaea* y los estados fenológicos de los olivos. Por lo tanto, el muestreo parece haber sido un buen indicador de la presencia de polen en el aire.

El hecho de ser el primer trabajo con estas características en Uruguay permite comenzar a abrir una línea de investigación que relacione la palinología con la agricultura. Sin embargo, es necesario un muestreo que comprenda un período mayor, para entender la dinámica de la dispersión polínica.

## Bibliografía

Aguilera, F., & Ruiz Valenzuela, L. 2012. Altitudinal fluctuations in the olive pollen emission: An approximation from the olive groves of the southeast Iberian Peninsula. *Aerobiologia* 28: 403–411.

Birks, H.J. & Birks, H.H. 1980. *Quaternary Paleoecology*. Edward Arnold, London, 289 pp.

Bonofiglio, T., Orlandi, F., Sgromo, C., Romano, B., & Fornaciari, M. 2008. Influence of temperature and rainfall on timing of olive (*Olea europaea*) flowering in Southern Italy. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 36: 59–69.

Dafni, A. 1992. *Pollination Ecology: A Practical Approach*. Oxford University Press Inc., New York, 250 pp.

Damialis, A.; Gioulekas, A.; Lazopoulou, C.; Balafoutis, C. & Vokou, D. 2005. Transport of airborne pollen into the city of Thessaloniki: the effects of wind direction, speed and persistence. *Int. J. Biometeorology* 49: 139 - 145.

Deacon, J.W. 2006. *Fungal biology*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 371 pp.

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

Dimou, M. 2012. Comparison of phenological, aerobiological and melissopalynological patterns of *Olea europaea*. *Apidologie* 43: 103–112.

Edmonds, R. 1979. *Aerobiology*. Stroudburg: Dowden, Hutchinson and Ross. 386 pp.

Faegri, K. & Iversen, J. 1989. *Textbook of pollen analysis*. In: Faegri, K.; Kaland, P. & Krzywinski, K. (eds.). John Wiley & Sons Ltd., Chichester. 237 pp.

Fonnegra, R. 2005. Introducción a la Palinología – Métodos de estudio palinológico. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias exactas y naturales; Departamento de Biología.

- Fornaciari, M., Galan, C., Mediavilla, A., Domínguez, E., & Romano, B. 2000. Aeropalinological and phenological study in two different Mediterranean olive areas: Cordoba (Spain) and Perugia (Italy). *Plant Biosystems*, 134 (2), 199–204.
- Fornaciari, M., Pieroni, L., Orlandi, F. & Romano, B. 2002. A new approach to consider the pollen variable in forecasting yield models. *Economic Botany* 56 (1): 66 – 72.
- Fourment Reissig, M. & Politi Israel, A. 2008. Caracterización fenológica – reproductiva de tres variedades de olivo (*Olea europaea* L.) en la región sur de Uruguay. Tesis de grado, Facultad de Agronomía.
- Frenquelli, G., Bricchi, E., Romano, B., Mincigrucci, G. & Frits Th. M. Spieksma. 1989. A predictive study on the beginning of the pollen season for *Gramineae* and *Olea europaea* L. *Aerobiología* 5: 64 - 70.
- Galán, C., Infante, F., Ruiz de Clavija, E. & Domínguez, E. 1988. Variación estacional y diaria del polen de *Olea europaea* L. en la atmosfera de Córdoba en relación con los parámetros meteorológicos. *An. Asee. Palinol. Leng. Esp.* 4: 46 – 53.
- Galán, C., Alcázar, P., Cariñanos, P., García, H. & Domínguez – Vilches, E. 2000. Meteorological factores affecting daily Urticaceae pollen counts in the southwest Spain. *Int. J. Biometeorology* 43: 191 – 195.
- Galán, C., Vázquez, L., García-Mozo, H., & Domínguez, E. 2004. Forecasting olive (*Olea europaea*) crop yield based on pollen emission. *Field Crops Research*, 86(1), 43–51.
- Galán, C., Cariñanos, P., Alcázar, P. & Domínguez, E. 2007. Spanish Aerobiology Network (REA): Management and Quality Manual. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, 14 – 15 pp.
- García – Mozo, H., Perez – Badía, R & Galán, C. 2008. Aerobiological and meteorological factor's influence on olive (*Olea europaea* L.) crop yield in Castilla – La Mancha (Central Spain). *Aerobiología* 24: 13 – 18.

González Minero F. J., Morales, J., Tomas, C. & Candau, P. 1999. Relationship between air temperature and the start of pollen emission in some arboreal taxa in Southwestern Spain. *Grana* 38: 306 – 310.

Grompone, M. & Villamil, J. 2013. *Aceites de oliva: de la planta al consumidor* (20 pp.). Uruguay: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur SRL.

Hirst, J. M. 1952. An automatic volumetric spore trap. *Ann. appl. Biol.* 39, 257.

Jato, M., Rodriguez, F. & Seijo, M. 2000. Pinus pollen in the atmosphere of Vigo and its relationships to meteorological factors. *Int. J. Biometeorology* 43: 147 – 153.

Köttek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. 2006. World Map of the Köppen–Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 259–263.

Liem, A. S. N. 1980. Effects of light and temperature on the anthesis of *Holcus lanatus*, *Festuca rubra* and *Poa annua*. *Grana* 19: 21-29.

López Castiglioni S. & Silveira Silva V. 2011. Estudios de las variedades de *Olea europaea* L. establecidas en Uruguay, con énfasis en su historia, caracterización morfológica, y diversidad genética a partir de marcadores moleculares. Tesis de grado, Facultad de Agronomía.

McDonald, M. S. 1980. Correlation of air-borne grass pollen levels with meteorological data. *Grana*, 19(1), 53–56.

Moriondo, M., Orlandini, S., De Nuntiis, P. & Mandrioli, P. 2001. Effect of agrometeorological parameters on the phenology of pollen emission and production of olive trees (*Olea europaea* L.). *Aerobiologia* 7: 225 – 232.

Moseholm, L., Weeke, E. & Petersen, B. 1987. Forecast of pollen concentrations of Poaceae (Grasses) in the air by time series analysis. *Pollen et Spores* 29: 305 – 322.

Murray, M. & Galán, C. 2016. Effect of the meteorological parameters on the *Olea europaea* L. pollen season in Bahía Blanca (Argentina). *Aerobiologia* 32: 541 – 553.

- Nilsson, S. & Persson, S. 1981. Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden) 1973 – 1980. *Grana* 20: 179 – 182.
- Orlandi, F., Romano, B. & Fornaciari, M. 2005. Relationship between pollen emission and fruit production in olive (*Olea europaea* L.). *Grana* 44: 98 –10.
- Padilla, F. A., & Valenzuela, L. R. 2008. Estudio de la Producción Polínica del olivo (*Olea europaea* L.), Iniciación a la investigación – *Revista electrónica de Universidad de Jaén* 2: 1–7.
- Recio, M., Cabezudo, B., Trigo, M. & Toro, F. 1996. *Olea europaea* pollen in the atmosphere of Málaga (S.Spain) and its relationship with meteorological parameters. *Grana* 35: 308 - 313.
- Recio, M., Cabezudo, B., Trigo, M. & Toro, F. 1997. Accumulative air temperature as predicting parameter for daily airborne olive pollen (*Olea europaea* L.) during the pre – peak period in Málaga (Western Mediterranean area). *Grana* 36: 44 – 48.
- Ribeiro, H., Cunha, M. & Abreu, I. 2003. Airborne pollen concentrations in the region of Braga, Portugal, and its relationship with meteorological parameters. *Aerobiologia* 19: 21 – 27.
- Ribeiro, H., Santos, L., Abreu, I. & Cunha, M. 2006. Influence of meteorological parameters on *Olea* flowering date and airborne pollen concentration in four regions of Portugal. *Grana* 45: 115 – 121.
- Sanz – Cortéz, F., Martínez – Calvo, J., Badenes, M., Bleinholder, H., Hack, H., Llacer, G. & Meier, U. 2002. Phenological growth stages of olive tree (*Olea europaea*). *Ann. Appl. Biol.* 140: 151 -157.
- Tormo Molina, R., Muroz Rodríguez, A., Silva Palacios, I. & Gallardo Lopez, F. 1996. Pollen production in anemophilous trees. *Grana* 35: 38 – 46.
- Tovar de Dios, M. 2001. Estudio del efecto de la aplicación de diferentes estrategias de riego al olivo (*Olea europaea* L.) de la variedad arbequina sobre la composición del aceite. Tesis doctoral – Universidad de Lleida.

Vázquez, L. M., Galán, C. & Domínguez – Vilches, E. 2003. Influence of meteorological parameters on olea pollen concentrations in Córdoba (South – western Spain). *Int. J. Biometeorology* 48: 83 -90.

Zhu, W., Zhou, P., Xie, J., Zhao, G., & Wei, Z. 2013. Advances in the pollination biology of olive (*Olea europaea L.*). *Acta Ecologica Sinica*, 33(2), 64–71.