



**MÁSTER CAMBIO GLOBAL:  
RECURSOS NATURALES Y SOSTENIBILIDAD**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

*Estudio de la fenología floral de distintas especies de la  
Familia Poaceae en Córdoba*

*Laura Raya Ruiz*

*Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Grupo de  
Aerobiología, Universidad de Córdoba. 2015/2016*

**Trabajo Fin de Máster  
Septiembre 2016**



**Instituto de Estudios de Postgrado**

**Trabajo Fin de Máster**

*Estudio de la fenología floral de distintas especies de la  
Familia Poaceae en Córdoba*

Realizado por  
Laura Raya Ruiz

Fdo:

Bajo la dirección de  
Dra. Carmen Galán Soldevilla, quien autoriza su presentación

Fdo:

Como requisito parcial para la obtención del título del

**Máster Cambio Global:  
Recursos naturales y sostenibilidad (2016)**



## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
RESUMEN .....	7
OBJETIVOS .....	11
Objetivo general .....	11
Objetivos específicos.....	11
INTRODUCCIÓN .....	13
I.-Fenología .....	13
II.- Aerobiología.....	5
III.- Fenología floral vs. aerobiología .....	<b>¡Error! Marcador no definido.7</b>
MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
I.-Zonas de estudio .....	17
II.-Estudio fenológico.....	19
III.-Polen aerovagante de la familia Poaceae .....	24
IV.-Datos meteorológicos .....	25
RESULTADOS.....	26
I.-Datos meteorológicos de la zona de estudio.....	26
II.-Polen aerovagante .....	29
III.-Análisis de la fenología floral en el año de estudio (2016).....	27
IV.-Análisis de la fenología floral por cobertura vegetal.....	27
DISCUSIÓN .....	48
CONCLUSIONES .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1:** Localización geográfica de los 9 puntos de muestreo mediante el programa informático *Google Earth*.

**Figura 2:** Captador de polen aerovagante tipo Hirst y granos de polen de la familia Poaceae teñidos con fucsina básica y vistos a microscopía óptica.

**Figura 3:** Temperatura media mensual y precipitación mensual en la ciudad de Córdoba durante el año hidrológico 2016 y la media de la última década.

**Figura 4:** Contenido de polen en el aire durante 2016 y la media de la última década, expresados en granos de polen por m<sup>3</sup>.

**Figura 5:** Datos del contenido de polen en el aire diario (polen/m<sup>3</sup>), precipitación mensual (mm), velocidad del viento media diaria (km/h) y temperatura media diaria durante 2016.

**Figura 6:** Fenología de las distintas especies de gramíneas en las diferentes zonas de muestreo.

**Figura 7:** Fenología de las especies que se encuentran representadas en al menos 7 de los 9 puntos de muestreo, junto a la curva de polen de Poaceae registrada en el año 2016.

**Figura 8:** Contenido de polen diario y fenología de cada una de las especies estudiadas durante el año 2016.

**Figura 9:** Contenido de polen diario y la media de las fenofases de cada una de las especies estudiadas durante el año 2016 en cada una de las 3 coberturas vegetales con las medias de las especies en cada una de ellas.

**Figura 10:** Fenología de aquellas especies que se encuentran en al menos 7 de los 9 puntos de muestreo , agrupadas en las tres coberturas vegetales (matorral, pastizal y ribera), junto con la curva de polen de Poaceae registrada en el año 2016.

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1:** Coordenadas UTM y altitud de los 9 puntos de muestreo.

**Tabla 2:** Especies estudiadas por punto de muestreo



## RESUMEN

En el presente Trabajo Fin de Máster se ha llevado a cabo un estudio sobre la fenología floral de distintas especies de gramíneas primaverales durante 2016. Al mismo tiempo, se ha venido realizando un muestreo sobre el contenido de granos de polen en el aire, herramienta para conocer la fenología floral de especies con polinización anemófila.

El principal motivo en la realización de este estudio ha sido conocer las especies de gramíneas que más contribuyen a la curva de polen, pues los granos de polen de la familia Poaceae se encuentran entre las principales causas de polinosis en Europa, y por tanto, una de los principales objetivos en estudios de salud ambiental.

Al mismo tiempo se ha intentado estudiar el papel que han jugado distintas variables en el comportamiento fenológico durante este año de estudio, caracterizado especialmente por la falta de disponibilidad de agua, además de contar con un invierno caluroso y una primavera más suave. Estas condiciones meteorológicas han generado un retraso en la floración de las especies estudiadas en comparación con años anteriores. Así mismo, se ha observado el papel que ha jugado la lluvia en el contenido de polen en el aire, provocando un lavado de la atmósfera a principios del mes de mayo. Por otro lado, los vientos de inicio de junio han provocado procesos de resuspensión, encontrándose polen en el aire cuando la mayoría de las especies se encontraban al final de la floración. Así mismo, se ha observado diferente comportamiento fenológico para las especies de floración durante la primavera temprana y aquellas que florecen en primavera tardía.

Durante el periodo de estudio se ha observado diferencias del periodo de floración en relación a la altitud, aunque estas diferencias no llegan a ser claras en todas las especies. Por otro lado, dado que el retraso de la floración ha generado periodos de floración más cortos, no se han llegado a observar grandes diferencias entre las especies presentes en las distintas coberturas de vegetación.

**Palabras clave:** Aerobiología, Fenología, Polen, Poaceae, Meteorología, Cobertura vegetal.

## **ABSTRACT**

This Final Master's Project has performed a study about the floral phenology of different grass species during spring 2016. At the same time, it has been conducting sampling on pollen concentration in the air, useful tool to know the floral phenology for anemophilous pollination species.

The main reason for conducting this study was to determine the species of grasses that contribute most to the curve of pollen, because the pollen grains of the Poaceae family are among the leading causes of hay fever in Europe, one of the main goals on environmental health.

At the same time it has tried to study the role played by different variables in the phenological behavior during this studied year, especially characterized by lack of water availability, and in addition represented by a warm winter and mild spring. These weather conditions have resulted in a delay in flowering of the studied species. Likewise, it has been studied the role of rainfall on the airborne pollen, with a washout of the atmosphere. Winds of early June have caused re-suspension processes, detecting airborne pollen when most species were at the end of flowering. Also, it has been observed different phenological behavior for species blooming in early or late spring.

During the study period it has been observed different flowering period in relation to altitude, although these differences are not clear in all species. On the other hand, since the delay of flowering has generated shorter periods of flowering, during this year has not been detected large differences between species in different land cover.

**Key words:** Aerobiologia, Phenology, Pollen, Poaceae, Meteorology, land cover.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo general:***

Estudio fenológico de distintas especies primaverales de gramíneas presentes en la periferia de la Ciudad de Córdoba durante 2016.

### ***Objetivos específicos:***

- 1.** Estudio sobre el comportamiento del polen aerovagante de gramíneas primaverales durante 2016.
- 2.** Estudio fenológico de distintas especies de gramíneas en la provincia de Córdoba y su repercusión en la curva polínica.
- 3.** Estudio comparativo de la fenología floral de las distintas especies con el contenido de polen en el aire.
- 4.** Relación del comportamiento fenológico con la altitud y cobertura vegetal.
- 5.** Estudio sobre el papel de la precipitación y temperatura en el comportamiento fenológico de las distintas especies objeto de estudio, así como de la velocidad del viento en la curva polínica.



# INTRODUCCIÓN

## *I.-FENOLOGÍA*

La fenología se define como el estudio de la repetición de fenómenos biológicos, los factores bióticos y abióticos que los causan y la relación entre éstos, dentro de la misma o entre distintas especies (Lieth, 1974). Los cambios en la temperatura provocados por variación en los patrones meteorológicos y climáticos juegan un gran papel en el comportamiento fenológico (Schwartz, 2003; Walther, 2010).

Los estudios fenológicos, como ciencia fundamentalmente descriptiva, requieren precisión, trabajo de campo metodológico y la observación directa de los ciclos anuales de las especies (Schwartz, 1999; Menzel, 2000, 2002). La unidad de observación puede ir desde una única especie o población, a un ecosistema entero, pudiendo comprender un área de estudio de distinto tamaño en función del objetivo del proyecto.

La fenología es una excelente herramienta para detectar y medir el impacto del clima sobre la vegetación, ya que las variaciones en el clima dan lugar a cambios o transformaciones en los individuos durante un período de tiempo determinado; estos cambios son más evidentes en intervalos más prolongados de tiempo, y para ciertos estadios del ciclo de vida anual, conocidos como fenofases o fases fenológicas (Roetzer *et al.*, 2000). La fase fenológica se define como el estadio fenológico medio de la población de cada especie, en una fecha y lugar específico.

Debido a que la fenología está genéticamente condicionada, pero también controlada por factores ambientales, los estudios fenológicos recientes han adquirido una nueva dimensión e importancia científica, ya que proporcionan información directa acerca de cómo las especies están siendo afectadas por el cambio global, estudiando las posibles relaciones entre la variación del clima y el comportamiento fenológico de una especie (Osborne *et al.*, 2000; Menzel *et Fabian*, 2001; Emberlin *et al.*, 2002; Galán *et al.*, 2005; Galán *et al.*, 2016). En plantas, la floración es considerada como una de las fases fenológicas más sensibles a los cambios del clima (Spano *et al.*, 1999).

Existe una fuerte correspondencia entre el clima y los patrones fenológicos en casi todos los ecosistemas que presentan variación estacional del clima. (Rathcke *et Lacey*, 1985). Así mismo, la ocurrencia de los distintos estadios fenológicos está determinada por las características bióticas de la propia especie, así como por el clima y las diferentes condiciones meteorológicas durante el período de estudio, donde el microclima juega un papel importante (Orshan, 1989).

Estudios realizados en diferentes especies de *Quercus* (Gómez-Casero *et al.*, 2007; Hidalgo *et al.*, 2003), olivo (García-Mozo *et al.*, 2006; Fornaciari *et al.*, 2000; Orlandi *et al.*, 2009) y gramíneas (Cebrino *et al.*, 2016; García-Mozo *et al.*, 2009; León-Ruiz *et al.*, 2011; Tormo *et al.*, 2009; Koznarová *et al.*, 2011; Rathcke *et Lacey*, 1985) ponen de manifiesto el interés de la investigación sobre el desarrollo floral como un buen indicador del comportamiento de las plantas frente a los cambios del clima.

El presente Trabajo Fin de Máster se ha enfocado en la fenología de gramíneas, familia Poaceae. Esta familia incluye aproximadamente unas 10.000 especies, a nivel mundial, reunidas en unos 600-800 géneros, incluyendo tanto plantas anuales como perennes (Watson *et Dallwitz*, 1992), las cuales son esencialmente anemófilas. Esta familia botánica se encuentra entre las más importantes de las plantas con flor, con una diversidad sólo superada por *Asteraceae*, *Orchidaceae* y *Fabaceae*, con 25.000, 18.000 y 17.000 especies, respectivamente (Heywood *et al.*, 1985).

La importancia de esta familia recae no sólo en el elevado número de especies que contiene, sino también en la repercusión económica, ya que a esta familia pertenecen plantas cultivadas de extraordinario interés, como el trigo, maíz, arroz, centeno, cebada, entre otras; así como en la función ecológica clave que desempeñan en las grandes formaciones herbáceas, cubriendo casi el 25% de la superficie terrestre (Dyer *et al.*, 1982).

La mayoría de las especies de gramíneas contienen numerosas flores por inflorescencia, liberando así una gran cantidad de polen a la atmósfera. Sin embargo, la mayoría de las especies perennes producen 3,5 veces más concentración de polen por inflorescencia que las especies anuales (Prieto-Baena *et al.*, 2003).

Muchas de las especies están bien distribuidas dentro de las ciudades y alrededor de ellas. Esta amplia distribución, junto con la elevada alergenidad que presentan sus granos de polen, hacen que los granos de polen de la familia Poaceae se encuentren entre las principales causas de alergia al polen, polinosis, en Europa (D`Amato *et al.*, 1998, 2007; Jato *et al.*, 2009), siendo considerada la segunda causa de alergia en Córdoba después del olivo (Domínguez-Vilches *et al.*, 1995; Sánchez-Mesa *et al.*, 2005).

## ***II.-AEROBIOLOGÍA***

Recientemente, los estudios sobre el contenido de polen en el aire se consideran como herramienta importante para comprender el comportamiento de la fenología floral de especies anemófilas. Estos estudios se encuadran dentro de la aerobiología.

La aerobiología estudia los distintos procesos de emisión, dispersión, transporte y deposición de las partículas en el aire y su impacto sobre el medio ambiente y sobre los organismos vivos (Mandrioli *et Ariatti*, 2001). Por tanto, en el caso de los granos de polen aerovagantes, la aerobiología y fenología se complementan, considerando al polen como un medio valioso para evaluar el comportamiento de la fenología floral en especies de polinización anemófila.

Sin embargo, en el caso de la familia Poaceae, los granos de polen de las distintas especies son morfológicamente similares al microscopio óptico, por lo que se consideran granos de polen estenopalinos.

El estudio de la dinámica de la fenología floral en especies con polen estenopalino, tales como la familia Poaceae, nos permiten una mejor comprensión de las curvas polínicas (Fornaciari *et al.*, 2000).

Los niveles de polen en el aire se encuentran influidos en cualquier momento por distintos procesos aerobiológicos. Cada uno de los pasos secuenciales en la ruta aerobiológica está vinculado a diferentes eventos biológicos asociados a fenómenos atmosféricos y meteorológicos. Así mismo, las concentraciones de polen en el aire y su

distribución dependen de la fenología floral de cada especie. Por tanto, podría intuirse que el contenido de polen de gramíneas en el aire está determinado por un componente genético que determina el período de floración de distintas especies, así como por el entorno en el que se encuentran.

En la provincia de Córdoba se vienen desarrollado estudios sobre el contenido de polen de la familia Poaceae en el aire desde el año 1982, y estudios fenológicos de campo sobre distintas especies desde el año 2000. Estos estudios previos engloban numerosas especies y han puesto de manifiesto el importante papel que juegan tanto la altitud como la precipitación y temperatura en el desarrollo floral de distintas especies de gramíneas, observándose diferencias en la amplitud de cada fenofase, así como en la evolución del desarrollo floral entre diferentes especies (León-Ruiz *et al.*, 2011; Cebrino *et al.*, 2016).

### ***III.-FENOLOGÍA FLORAL VS. AEROBIOLOGÍA***

A pesar de la importancia ecológica comentada anteriormente de esta familia y el claro impacto de su polen sobre la salud humana, solo algunos estudios han sido publicados sobre su fenología floral (i. e. Prieto-Baena *et al.*, 2003; Sánchez-Mesa *et al.*, 2003, 2005; Tormo *et al.*, 2011; León-Ruiz *et al.*, 2011, 2012; Cebrino *et al.*, 2016).

Estos estudios muestran diferencias en el comportamiento fenológico de una misma especie en diferentes coberturas vegetales (León-Ruiz *et al.*, 2011), así como en años diferentes desde un punto de vista meteorológico (Cebrino *et al.*, 2016). Estos estudios han permitido conocer qué especies contribuyen a una mayor concentración de polen en la atmósfera, dependiendo de la intensidad floral de las especies y del momento de floración.

En estos estudios se ha puesto de manifiesto que las poblaciones localizadas en zonas a menor altitud florecen antes que aquellas que se encuentran en las zonas más altas.

Además, no todas las especies contribuyen de la misma forma a la curva polínica. Estudios previos han puesto de manifiesto que sólo algunas de las especies estudiadas son las principales contribuyentes al polen de gramíneas en el aire. En Córdoba, estas



especies son: *Dactylis glomerata*, *Lolium rigidum*, *Aegilops geniculata*, *Arrhenatherum album*, *Trisetaria panicea* y *Vulpia geniculata* (León-Ruiz *et al.*, 2011; Cebrino *et al.*, 2016).

El presente estudio se ha realizado durante el año 2016, un año diferente desde el punto de vista meteorológico en comparación con el comportamiento de las últimas décadas.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***I.- ZONAS DE ESTUDIO***

El estudio tuvo lugar en el término municipal de la ciudad de Córdoba y la falda de Sierra Morena. La ciudad de Córdoba (30S UTM X: 341642; UTM Y: 4192085), situada en el Suroeste de la Península Ibérica, cuenta con un censo poblacional de 327.362 habitantes y una densidad de población de 261 hab/km<sup>2</sup> (según último censo, 2015) (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Consejería de Economía y Conocimiento, Junta de Andalucía, 2015).

La ciudad, con una superficie total de 1245 km<sup>2</sup>, se encuentra a unos 123 metros sobre el nivel del mar en la cuenca del Río Guadalquivir, siendo atravesada por el mismo de este a oeste, quedando la falda de Sierra Morena al Norte, con 693m en su pico más alto, y una extensa campiña al Sur. El clima es Mediterráneo con cierto grado de continentalidad e influencia atlántica. Se caracteriza por inviernos suaves con heladas puntuales importantes y veranos secos altamente calurosos, sobrepasando en ocasiones los 40°C, con ligeras diferencias entre distintas zonas de Sierra Morena y la periferia de la ciudad. La temperatura media anual es 18.1°C, y la precipitación media anual de 591mm como media del periodo 1982–2011, según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Predominan los vientos del sur.

Los puntos de muestreo se localizan en las estribaciones de Sierra Morena y en la periferia de la Ciudad de Córdoba (**figura 1**) (**tabla 1**). El estudio se ha centrado en especies primaverales anuales o perennes que presentan una cobertura vegetal de al menos 10 inflorescencias/m<sup>2</sup> por lugar de muestreo.

**Tabla 1:** Coordenadas UTM y altitud de los 9 puntos de muestreo.

<b>PUNTO MUESTREO</b>	<b>CUBIERTA VEGETAL</b>	<b>UTM X (longitud)</b>	<b>UTM Y (latitud)</b>	<b>ALTITUD (m)</b>
Asland	Ribera	4°45'27.74"O	37°54'24.15"N	121
Barrio del Naranjo	Pastizal	4°46'25.93"O	37°54'44.33"N	168
Santuario Santo Domingo	Pastizal	4°47'46.05"O	37°56'46.33"N	361
Fuente Santo Domingo	Pastizal	4°48'3.20"O	37°56'24.97"N	365
Finca “El Cordobés”	Matorral	4°49'51.65"O	37°57'11.08"N	574
Urbanización Las Jaras	Matorral	4°49'55.66"O	37°57'45.27"N	492
Puente “Los Arenales”	Ribera	4°52'2.16"O	37°58'10.60"N	302
Sta. María de Trassierra	Matorral	4°54'20.75"O	37°55'55.37"N	379
Urb. Llanos de Arjona	Pastizal	4°54'37.55"O	37°56'1.43"N	411

Los puntos de muestreo del presente estudio se han seleccionado teniendo en cuenta distintas cubiertas vegetales en las que se encuentran bien representadas las gramíneas.

En el trabajo se han considerado 3 coberturas de vegetación diferentes (**tabla 1**):

- Ribera: orillas de arroyos en el que crecen predominantemente gramíneas.
- Pastizal: pastos de gramíneas y otras herbáceas.
- Matorral: vegetación dominada por especies leñosas perennes.



**Figura 1:** Localización geográfica de los 9 puntos de muestreo mediante el programa informático *Google Earth*.

## ***II.-ESTUDIO FENOLÓGICO***

La toma de datos fenológicos se ha llevado a cabo con una periodicidad semanal en cada uno de los puntos de muestreo. Como estadio fenológico semanal, se ha considerado la media de un mínimo de 10 inflorescencias para cada una de las poblaciones de las especies estudiadas.

La recogida de datos se ha efectuado durante el período de marzo a julio de 2016, para el estudio de especies de floración primaveral.

Para la toma de datos fenológicos se ha utilizado la metodología propuesta por Barbieri *et al.* (1989), siendo adaptadas a la escala extendida BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry*) (Meier *et al.*, 2001).

- Fase de prefloración o fenofase 0 (<BBCH 60): Comprende en período de tiempo entre la emergencia de la planta y el inicio de la floración.

- Fase de inicio de floración o fenofase 1 (aproximadamente de BBCH 60 a BBCH 63): Desde la observación de las primeras flores abiertas, hasta la apertura de aproximadamente el 25% de las flores.
- Fase de plena floración o fenofase 2 (aproximadamente de BBCH 63 a BBCH 67): Comprende el período de tiempo en el cual entre el 25% y el 75% de las flores están abiertas (máxima liberación de polen).
- Fase final de floración o fenofase 3 (aproximadamente de BBCH 67 a BBCH 69): Comienza cuando más del 75% de las flores están abiertas y finaliza cuando todas las flores han liberado sus granos de polen.
- Fase de fructificación o fenofase 4 (BBCH 69): Comienza cuando todas las flores han liberado sus granos de polen y se inicia el proceso de fructificación.

Se han estudiado un total de 33 especies anuales o perennes primaverales de la familia Poaceae, distribuidas en las distintas zonas de estudio:

- Anuales: *Aegilops geniculata* Roth., *Avena Barbata* Pott ex Link., *Avena sterilis* L., *Brachypodium distachyon* L. Beauv., *Briza maxima* L., *Bromus diandrus* Roht., *Bromus hordeaceus* L., *Bromus lanceolatus* Roth., *Bromus matritensis* L., *Bromus tectorum* Hudson., *Cynosurus echinatus* L., *Gaudinia fragilis* (L.) Beauv., *Hordeum leporinum* Link., *Lamarckia aurea* L., *Lolium rigidum* Gaudin., *Phalaris minor* Retz., *Poa infirma* Kunth., *Rostraria cristata* L., *Stipa capensis* Thumb., *Taeniatherum caput-medusae* (L.) Nevski., *Trisetaria panicea* (Lam.) Paunero., *Vulpia geniculata* (L.) Link., *Vulpia myuros* (L.) C.C. Gmelin.
- Perennes: *Arrhenatherum album* (Vahl). W. D. Clayton, *Brachypodium sylvaticum* Hudson, *Cynodon dactylon* L., *Dactylis glomerata* L., *Holcus lanatus* L., *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf in Oliver., *Piptatherum miliaceum* L., *Poa bulbosa* L., *Sorghum halepense* L., *Stipa gigantea* Link.

A continuación, se presentan las especies por puntos de muestreo (**tabla 2**).

**Tabla 2:** Especies estudiadas por punto de muestreo.

**Zona 1:** Asland.

<i>Avena barbata</i>	<i>Hyparrhenia hirta</i>
<i>Aegilops geniculata</i>	<i>Lamarckia aurea</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Brachypodium distachyon</i>	<i>Piptatherum miliaceum</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Rostraria cristata</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Sorghum halepense</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Stipa capensis</i>
<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Trisetaria panicea</i>
<i>Holcus lanatus</i>	<i>Vulpia geniculata</i>
<i>Hordeum leporinum</i>	<i>Vulpia myuros</i>

**Zona 2:** Barrio del Naranjo.

<i>Aegilops geniculata</i>	<i>Holcus lanatus</i>
<i>Avena barbata</i>	<i>Hordeum leporinum</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Phalaris minor</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Piptatherum miliaceum</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Vulpia geniculata</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Vulpia myuros</i>

**Zona 3:** Santuario Santo Domingo.

<i>Avena barbata</i>	<i>Piptatherum miliaceum</i>
<i>Brachypodium distachyon</i>	<i>Poa bulbosa</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Poa infirma</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Rostraria cristata</i>
<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Stipa capensis</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trisetaria panicea</i>
<i>Hordeum leporinum</i>	<i>Vulpia geniculata</i>
<i>Lamarckia aurea</i>	<i>Vulpia myuros</i>

**Zona 4:** Fuente Santo Domingo.

<i>Aegilops geniculata</i>	<i>Hyparrhenia hirta</i>
<i>Avena barbata</i>	<i>Lamarckia aurea</i>
<i>Briza maxima</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Poa infirma</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Stipa capensis</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Trisetaria panicea</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Vulpia geniculata</i>
<i>Hordeum leporinum</i>	<i>Vulpia myuros</i>

**Zona 5:** Finca “El Cordobés”.

<i>Aegilops geniculata</i>	<i>Gaudinia fragilis</i>
<i>Avena barbata</i>	<i>Hordeum leporinum</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Lamarckia aurea</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Phalaris minor</i>
<i>Bromus lanceolatus</i>	<i>Rostraria cristata</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Vulpia geniculata</i>
<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Vulpia myuros</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	

**Zona 6:** Urbanización Las Jaras.

<i>Arrhenatherum album</i>	<i>Gaudinia fragilis</i>
<i>Avena barbata</i>	<i>Hyparrhenia hirta</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Hordeum leporinum</i>
<i>Brachypodium distachyon</i>	<i>Lamarckia aurea</i>
<i>Briza maxima</i>	<i>Piptatherum miliaceum</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Poa bulbosa</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Poa infirma</i>
<i>Bromus lanceolatus</i>	<i>Stipa gigantea</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>
<i>Bromus tectorum</i>	<i>Vulpia geniculata</i>

<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Vulpia myuros</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	

**Zona 7:** Puente Los Arenales.

<i>Aegilops geniculata</i>	<i>Cynosurus echinatus</i>
<i>Arrhenatherum album</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Avena barbata</i>	<i>Hordeum leporinum</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Briza maxima</i>	<i>Piptatherum miliaceum</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Poa infirma</i>
<i>Bromus lanceolatus</i>	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Vulpia geniculata</i>
<i>Bromus tectorum</i>	<i>Vulpia myuros</i>

**Zona 8:** Santa María de Trassierra.

<i>Aegilops geniculata</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Avena barbata</i>	<i>Hordeum leporinum</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Piptatherum miliaceum</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Poa infirma</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Rostraria cristata</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>
<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Vulpia myuros</i>

**Zona 9:** Urbanización Llanos de Arjona.

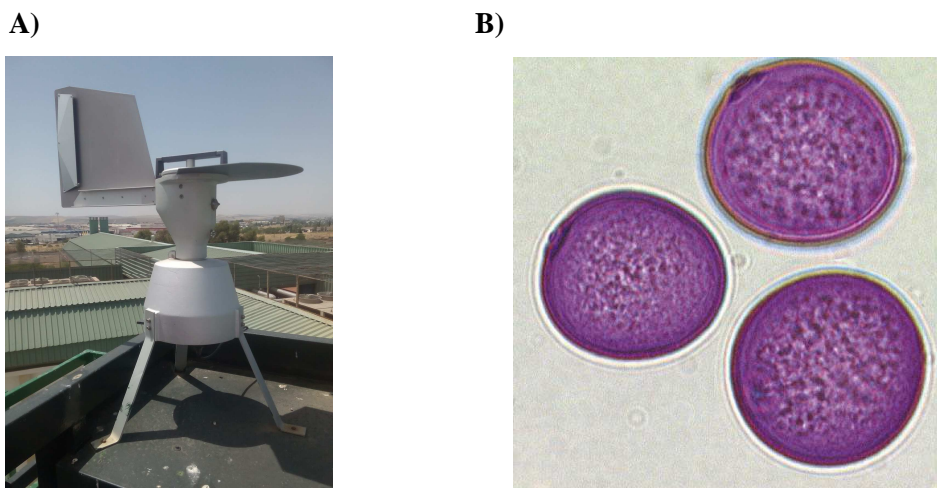
<i>Avena barbata</i>	<i>Gaudinia fragilis</i>
<i>Avena sterilis</i>	<i>Hordeum leporinum</i>
<i>Brachypodium distachyon</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Phalaris minor</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Piptatherum miliaceum</i>
<i>Bromus lanceolatus</i>	<i>Poa infirma</i>
<i>Bromus matritensis</i>	<i>Rostraria cristata</i>
<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Vulpia myuros</i>

La presencia de colmenas de abejas hizo imposible el acceso durante alguna semana a la zona 4 (Fuente Santo Domingo). Por otro lado, las fuertes precipitaciones que tuvieron lugar al inicio del mes de mayo, no permitieron la toma de datos durante la segunda semana, por imposible acceso a los puntos de muestreo, excepto a la zona 1 (Asland).

### ***III.-POLEN AEROVAGANTE DE LA FAMILIA POACEAE***

Desde el año 1982 se vienen realizando muestreos de polen aerovagante en la ciudad de Córdoba, lo que ha permitido generar una amplia base de datos histórica.

El polen aerovagante se detecta a través de un muestreador volumétrico tipo Hirst basado en el principio de impacto (Hirst, 1952). El captador se encuentra a 22 metros de altura sobre el nivel del suelo, en el Campus de Rabanales de la Universidad de Córdoba (**figura 2**).



**Figura 2:** (A) Captador de polen aerovagante tipo Hirst y (B) granos de polen de la familia Poaceae teñidos con fucsina básica y vistos a microscopía óptica.

Para la toma de muestras y la preparación del material para su lectura al microscopio óptico, se ha seguido el protocolo de la Red Española de Aerobiología (REA), presentado en el Manual de Gestión y Calidad (Galán *et al.*, 2007) y con las



recomendaciones mínimas de la Red Europea de Aeroalérgenos (EAN) (Galán *et al.* 2014). Los datos se expresan como la media diaria de granos de polen/m<sup>3</sup> de aire.

El inicio de la temporada de polen se definió como el primer día con al menos 10 o más granos de polen/m<sup>3</sup> de aire y con tres días consecutivos con valores iguales o superiores. El final de la estación polínica se determinó el último día con nivel igual o superior a 10 granos de polen y días sucesivos con cantidades inferiores.

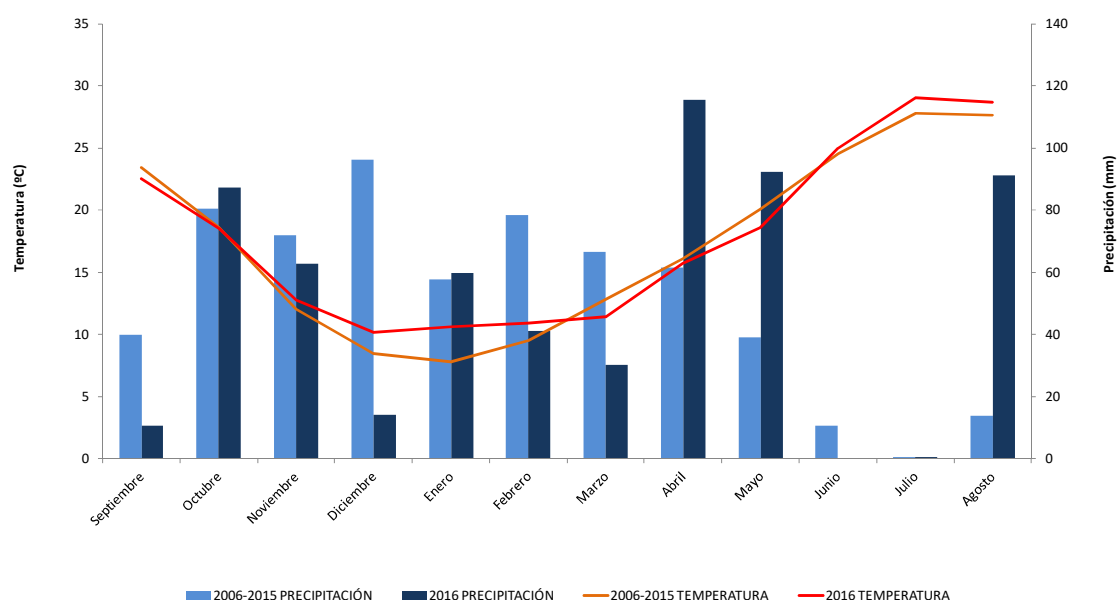
#### ***IV.-DATOS METEOROLÓGICOS***

Para este estudio se han tenido en cuenta los parámetros de temperatura (°C) y precipitación (mm), importante para estudiar la disponibilidad de agua durante el desarrollo fenológico, además de la velocidad del viento (km/h). Estos datos, suministrados por la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA), se obtuvieron en una estación meteorológica situada en la ciudad de Córdoba, con coordenadas UTM: X: 341399,0; Y: 4191480,0, y situado a una altitud de 117 m sobre el nivel del mar.

## RESULTADOS

### I.-DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se han analizado los datos de temperatura y precipitación del año de estudio en comparación con la media de los diez años anteriores, recogidos por la estación agroclimática situada en Córdoba (Red de Información Agroclimática de Andalucía, RIA). La **figura 3** representa la media mensual de temperatura y precipitación del año hidrológico de 2006, en comparación con la media de la última década, tratando de comparar el total mensual del presente año de estudio con años previos.



**Figura 3:** Temperatura media mensual y precipitación mensual en la ciudad de Córdoba durante el año hidrológico 2016 y la media de la última década.

El estudio comparativo pone en evidencia que el año hidrológico 2016 ha sido un año diferente desde el punto de vista meteorológico en comparación con el comportamiento de la última década.

En concreto, este año ha presenciado un invierno más cálido y una primavera más suave que los años previos. Especialmente, se ha observado temperaturas más bajas durante el

mes de marzo, y una posterior elevación de la misma durante la primavera, pero siempre por debajo de la media de la última década (**figura 3**).

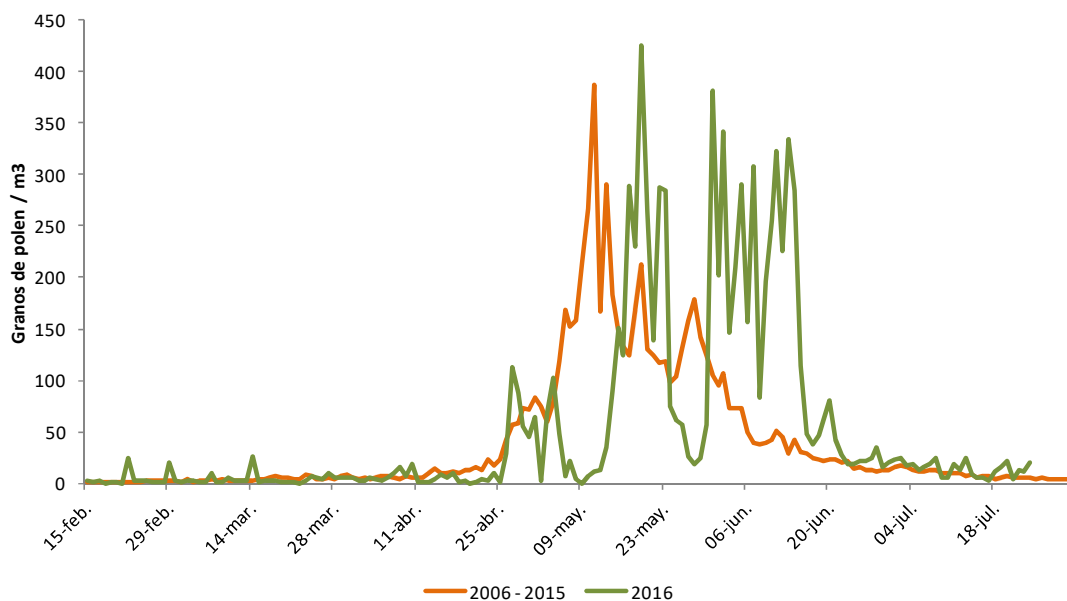
En cuanto a la precipitación, el año 2016 se ha caracterizado por un invierno más seco que la media de la última década, después de un otoño con algo más de disponibilidad de agua. Además, la primavera ha sido particularmente lluviosa, superando los 110 mm y 90 mm, durante el mes de abril y mayo, respectivamente. Estas lluvias fueron la mayoría de las veces de carácter torrencial, de forma muy especial las acaecidas durante la segunda semana de mayo (**figura 3**).

Por otro lado, a nivel local, el viento juega un gran papel sobre el contenido de polen en el aire. Durante el periodo de estudio se ha observado periodos de mayor velocidad del viento durante la primavera tardía, desde mediados de mayo a mediados de junio (**figura 3**).

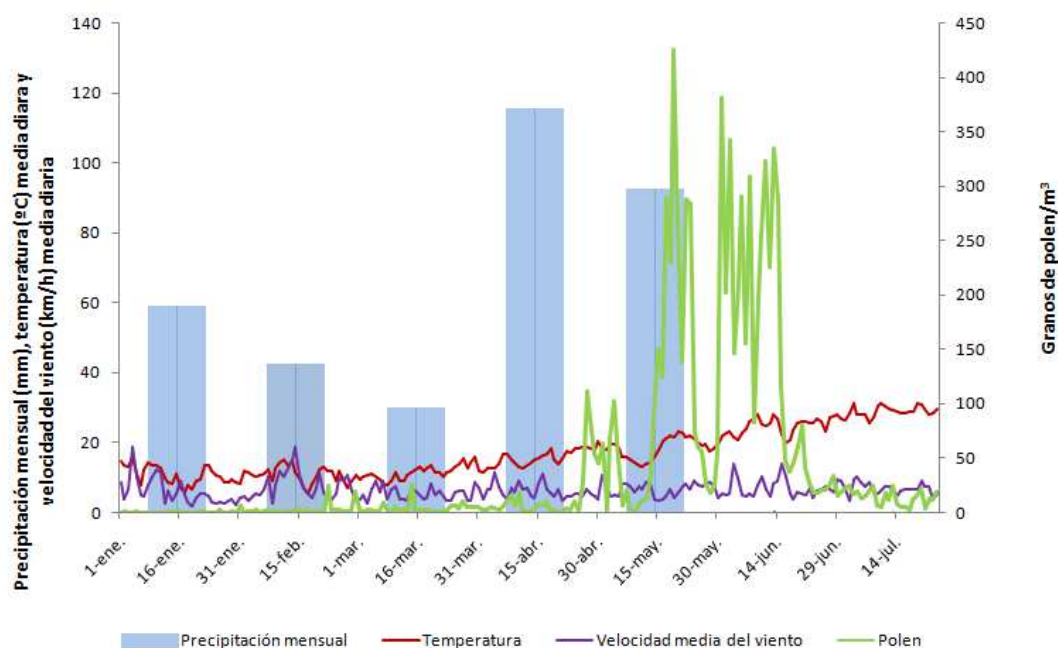
## ***II.-POLEN AEROVAGANTE***

Con este estudio se ha pretendido estudiar el comportamiento del polen aerovagante de Poaceae en el aire durante 2016 con respecto a la media de los diez últimos años (**figura 4**).

La gráfica muestra un acusado retraso en la curva de polen del año de estudio con respecto a la última década, con una mayor concentración de polen en junio y en menor medida en mayo para el año 2016. Sin embargo, durante la última década, los datos más elevados de polen en el aire se empezaron a registrar durante abril y mayo, siendo durante este último mes cuando se registraron las mayores concentraciones (**figura 4**).



**Figura 4:** Contenido de polen en el aire durante 2016 y la media de la última década, expresados en granos de polen por m<sup>3</sup>.



**Figura 5:** Datos del contenido de polen en el aire diario (polen/m<sup>3</sup>), precipitación mensual (mm), velocidad del viento media diaria (km/h) y temperatura media diaria durante 2016.

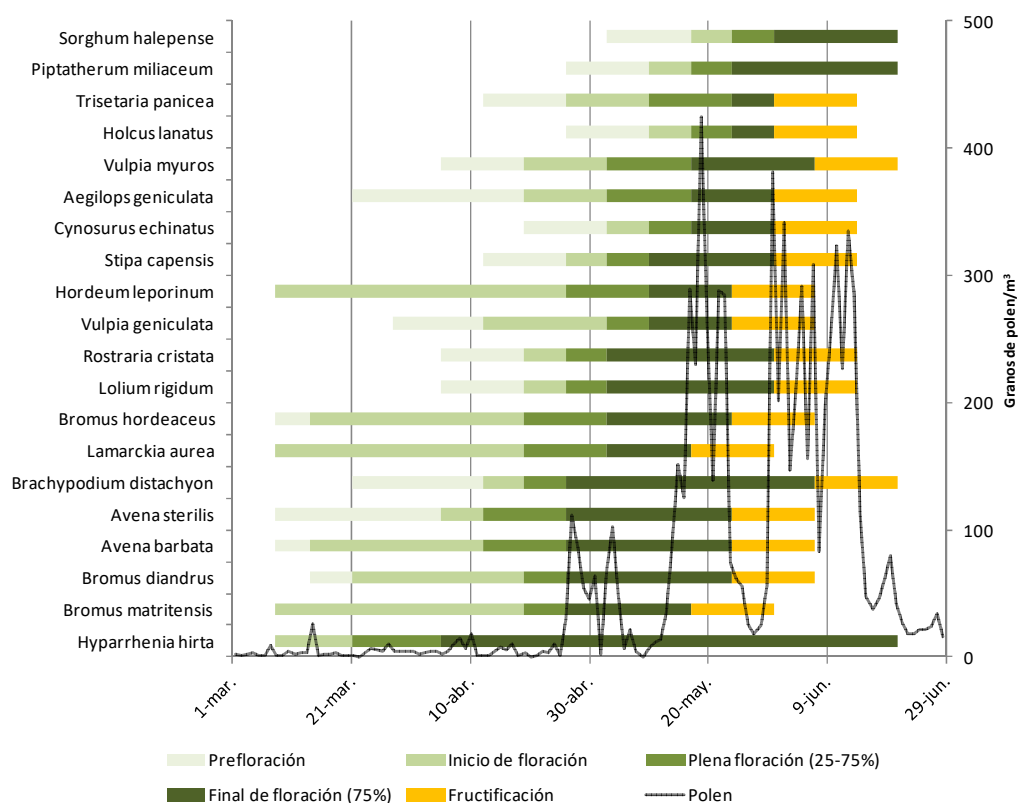
El acusado retraso en la floración y, por tanto, en la curva polínica, se ha debido a la falta de disponibilidad de agua durante el período previo a la floración (**figura 5**). Por otro lado, las lluvias primaverales han provocado un lavado de la atmósfera,

especialmente hasta la segunda semana de mayo, generando una curva con diferentes picos polínicos y mayores concentraciones durante la segunda quincena de mayo y junio. Además, durante este año la estación polínica ha sido más corta, al no comenzar a florecer las primeras especies hasta finales de abril, finalizando en fecha similar a años previos dadas las altas temperaturas registrada al inicio del verano.

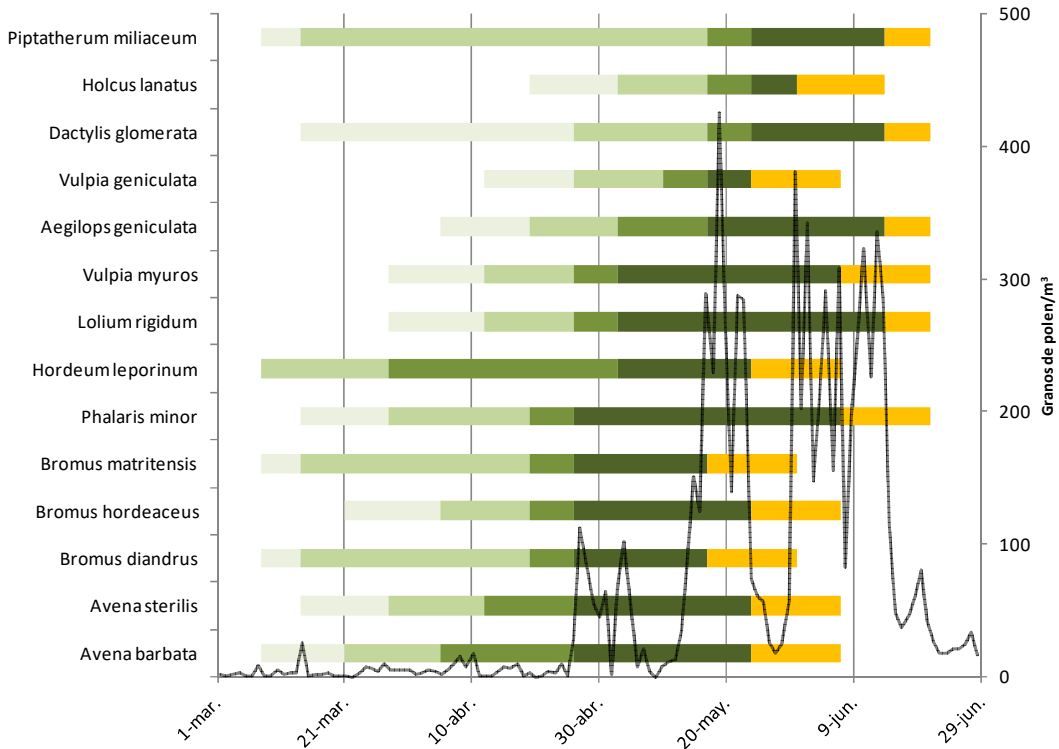
### III.-ANÁLISIS DE LA FENOLOGÍA FLORAL EN EL AÑO DE ESTUDIO (2016)

Durante 2016 se ha llevado a cabo un análisis de la fenología floral de las distintas especies de gramíneas en los 9 puntos de muestreo (**figura 6**). Como se ha comentado anteriormente, al tratarse de especies primaverales, los meses de estudio fueron de marzo a junio, ambos incluidos. Se trata de comparar la curva polínica con el periodo de floración, especialmente con la fenofase de plena floración de las distintas especies. En la curva polínica se observan claramente tres periodos correspondientes a la contribución del polen aerovagante de distintas especies.

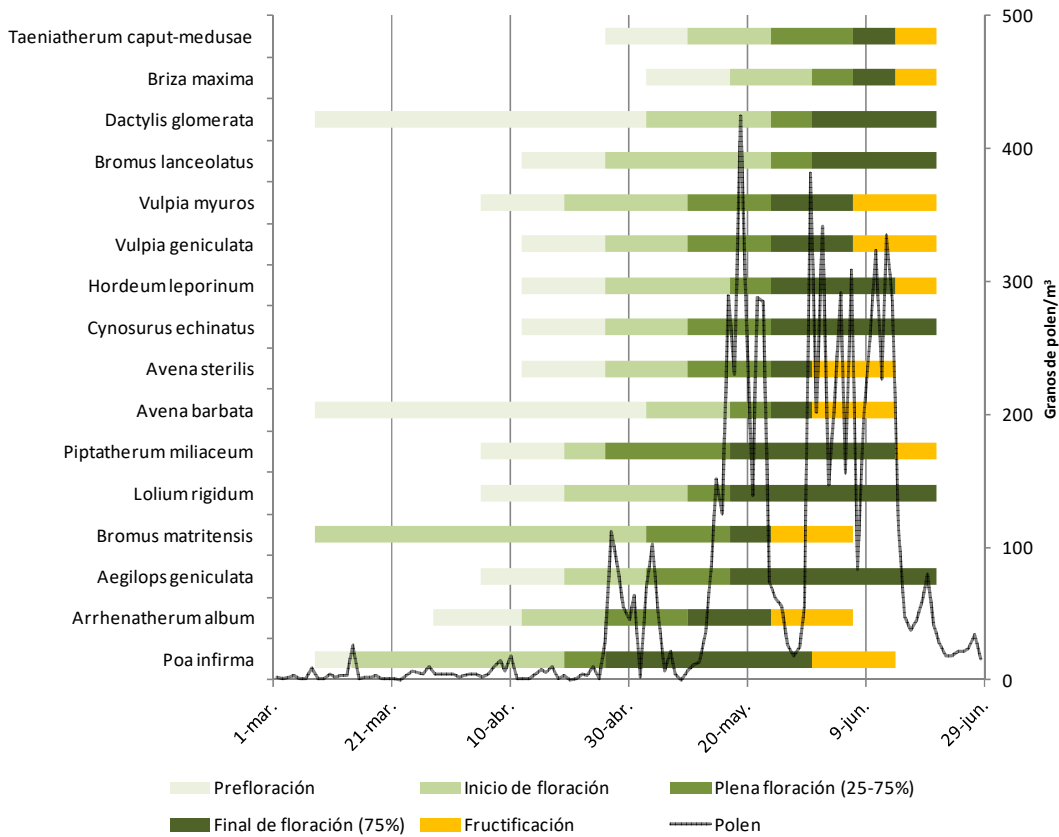
#### A) Asland (4°45'27.74''O; 37°54'24.15''N. 121 m)



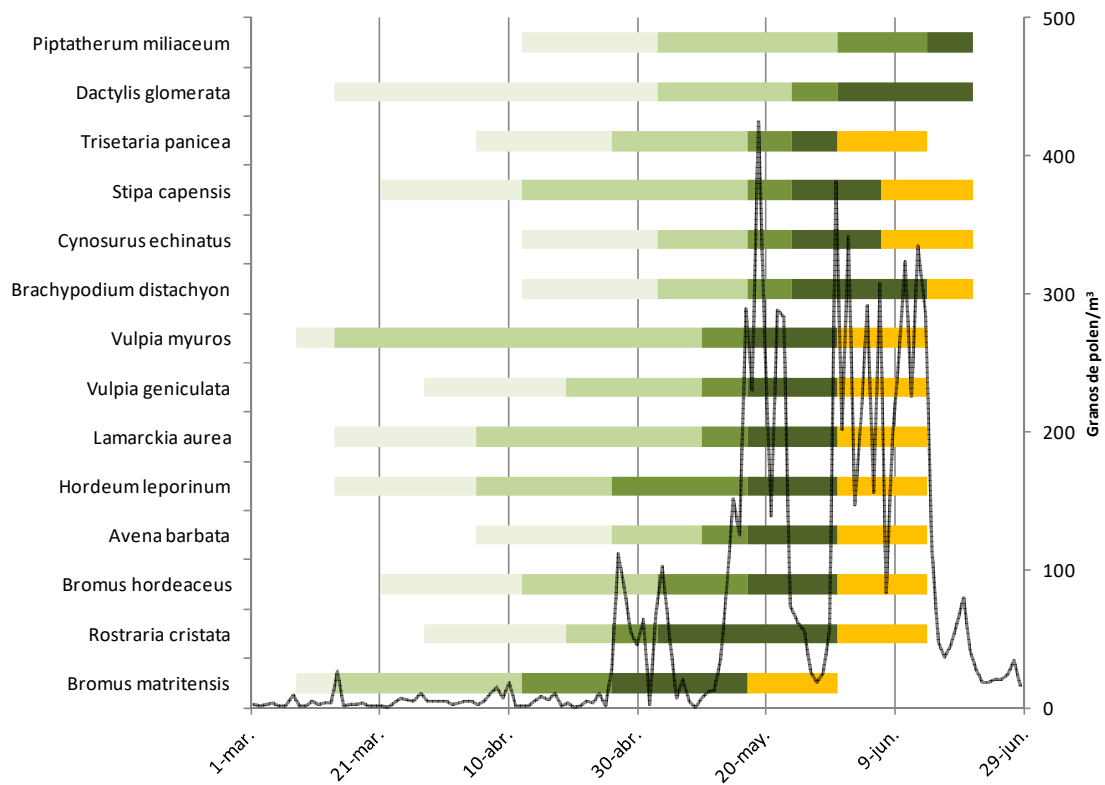
**B) Barrio del Naranjo 4°46'25.93''O; 37°54'44.33''N. 168 m).**



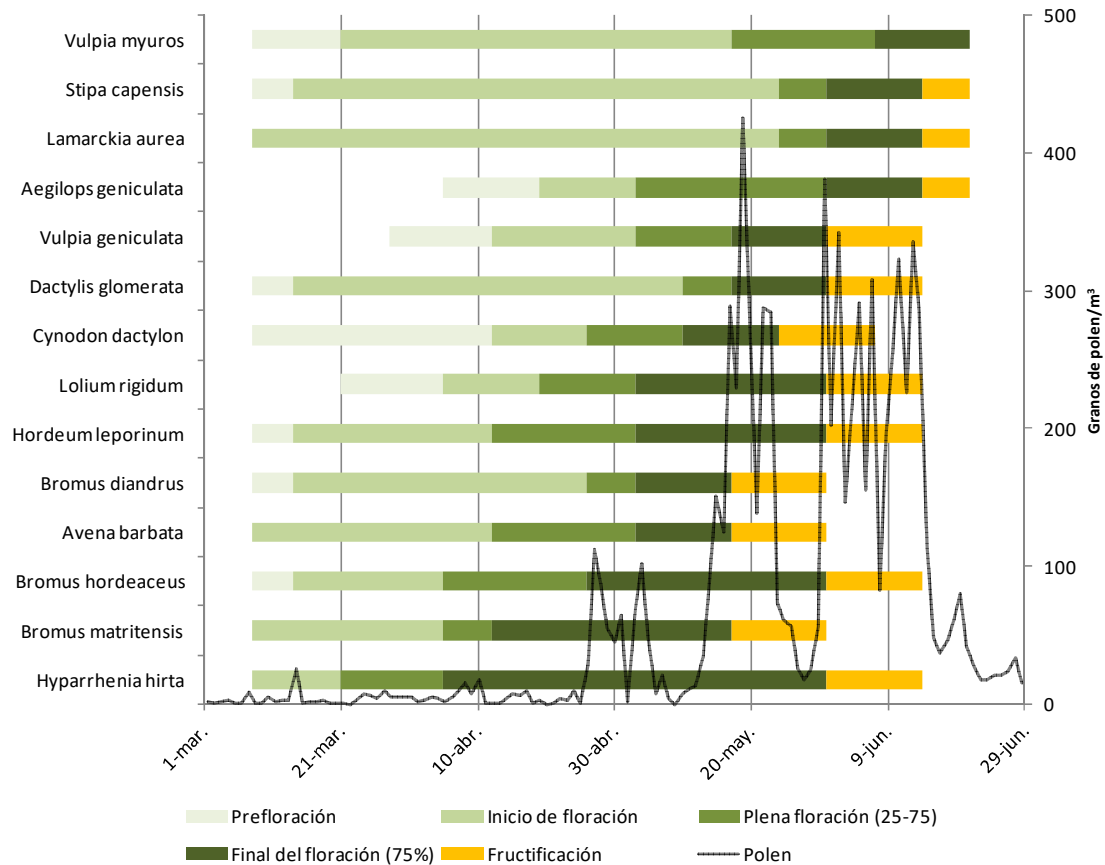
**C) Puente “Los Arenales” (4°52'2.16''O; 37°58'10.60''N. 302 m).**



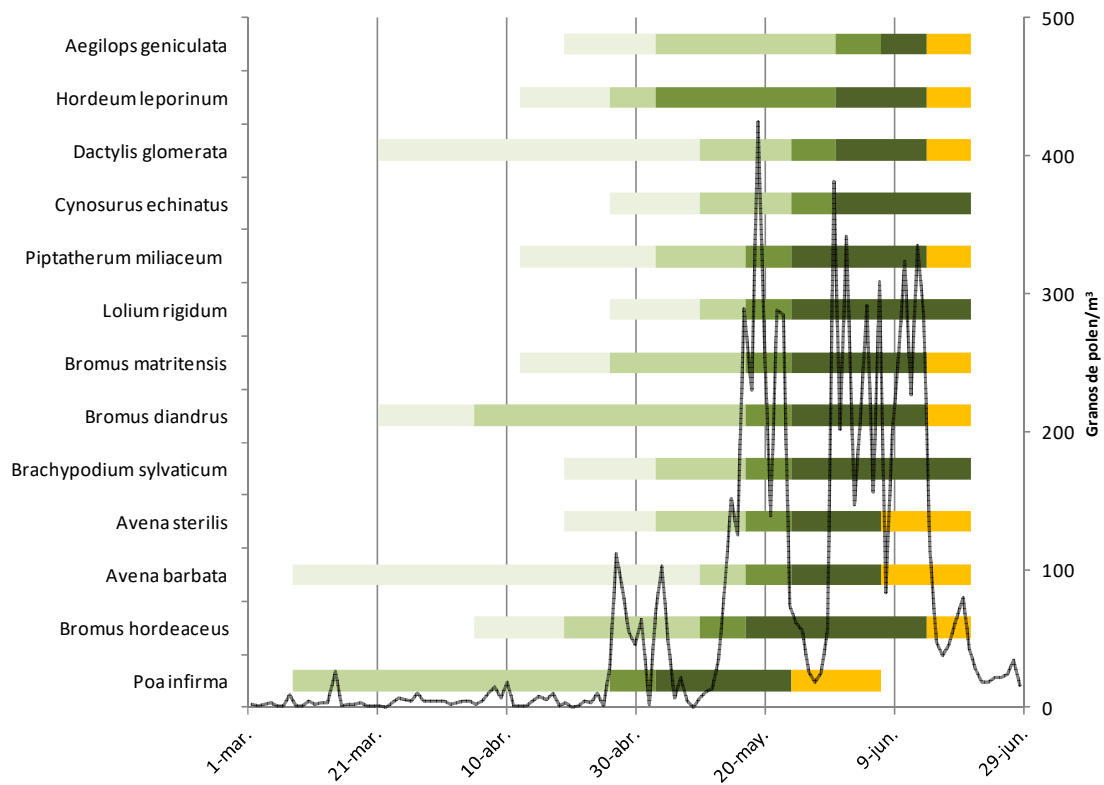
**D) Santuario de Santo Domingo (4°47'46.05''O; 37°56'46.33''N. 361 m).**



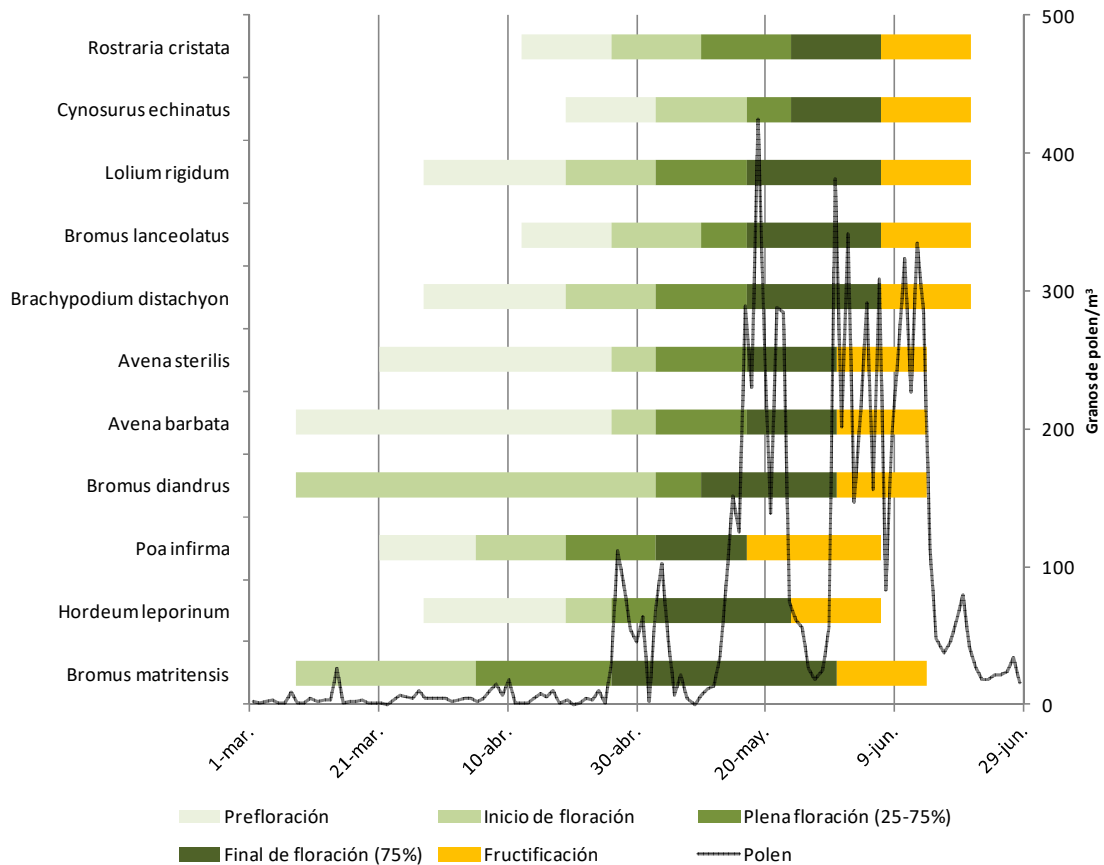
**E) Fuente de Santo Domingo (4°48'3.20''O; 37°56'24.97''N. 365 m).**



**F) Santa María de Trassierra (4°54'20.75''O; 37°55'55.37''N. 379 m).**

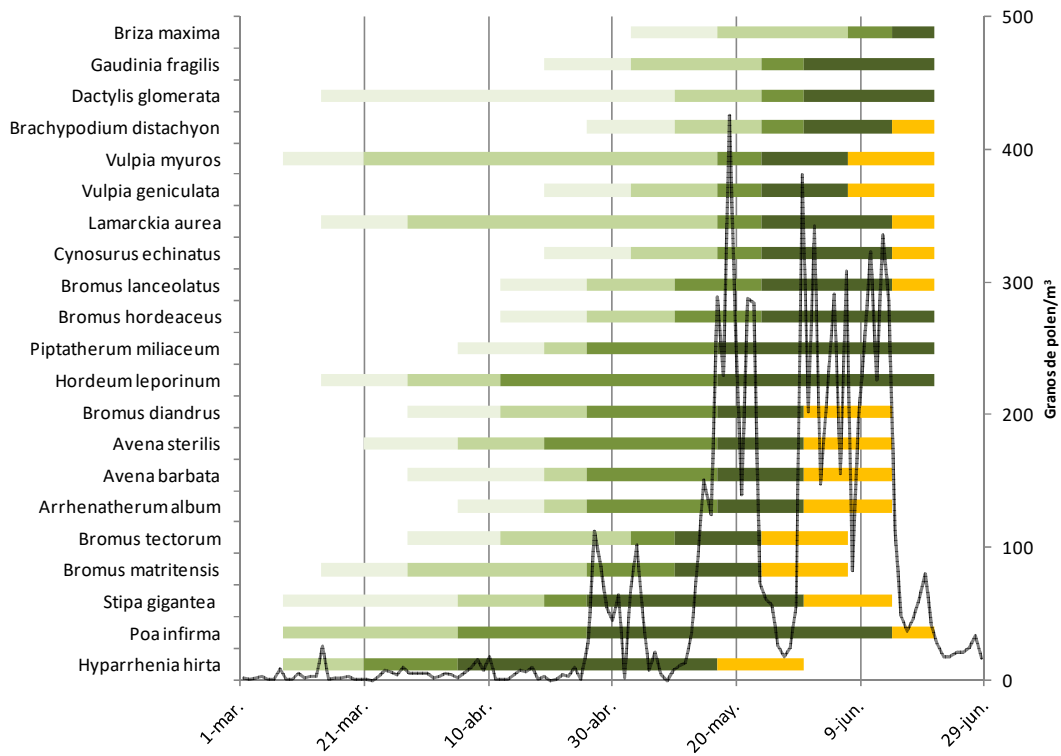


**G) Urb. Llanos de Arjona (4°54'37.55''O; 37°56'1.43''N. 411 m)**





H) Urb. Las Jaras (4°49'55.66''O; 37°57'45.27''N. 492 m).



I) Finca "El Cordobés" (4°49'51.65''O; 37°57'11.08''N. 574 m).

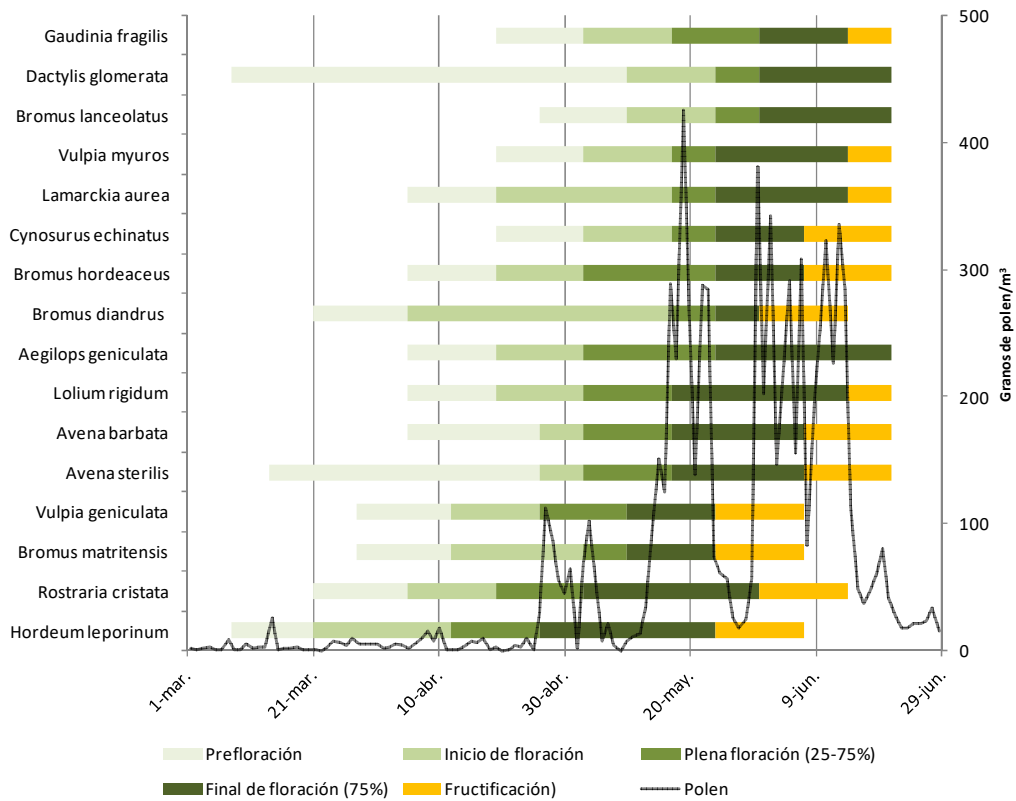


Figura 6: Fenología de las distintas especies de gramíneas en las diferentes zonas de muestreo (A-I).

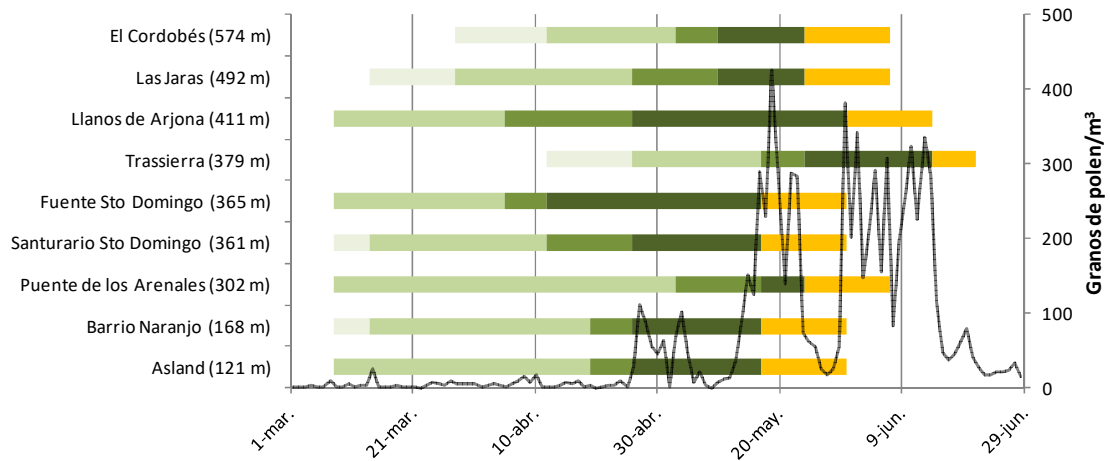
En líneas generales, las gráficas muestran el período de floración de las distintas especies. . Especies como *Avena barbata*, *A. sterilis*, *Bromus matritensis*, *B. diandrus*, *B. hordeaceus*, *Hordeum leporinum* y *Vulpia geniculata* comienzan su floración a finales de abril (primavera temprana), mientras que otras especies lo hacen a finales de mayo (primavera tardía), como es el caso de *Aegilops geniculata*, *Arrhenatherum album*, *Bromus lanceolatus*, *Dactylis glomerata*, *Lamarckia aurea*, *Lolium rigidum*, *Stipa capensis*, *Trisetaria panicea*, y *Vulpia myuros* (**figura 6**).

Es de destacar la especie *Stipa gigantea*, la cual se encuentra representada solo en uno de los puntos de muestreo (Urb. Las Jaras). *Hyparrhenia hirta*, por el contrario, tiene mayor distribución, y como se observa en las gráficas, es la especie que presenta mayor duración en sus fenofases de floración en comparación con el resto de especies estudiadas (**figura 6**).

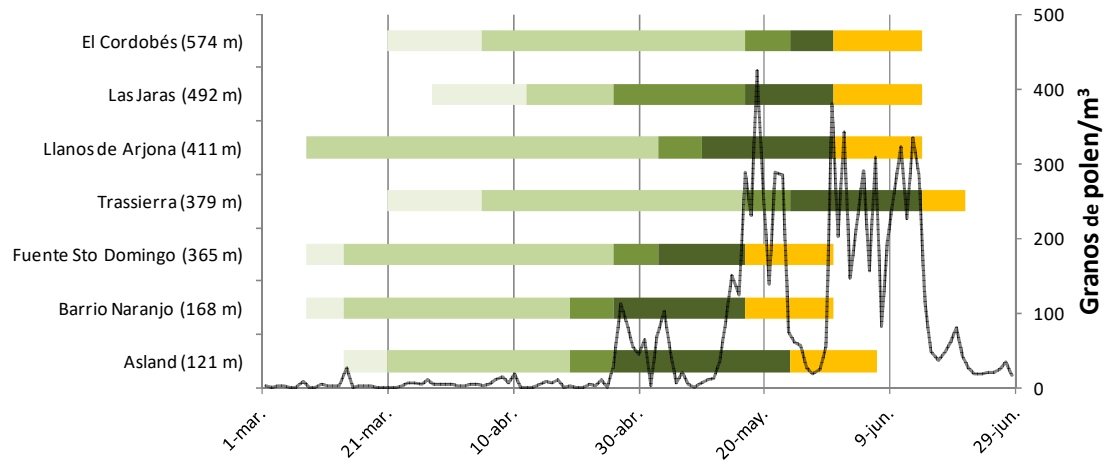
Puesto que no todas las especies se encuentran representadas en la totalidad de las diferentes áreas de estudio, se ha llevado a cabo un análisis más detallado y comparativo de aquellas especies que se encontraban representadas en al menos 7 de las 9 zonas de muestreo (**figura 7**). Las 10 especies son: *Avena barbata*, *A. sterilis*, *Bromus diandrus*, *B. hordeaceus*, *B. matritensis*, *Cynosurus echinatus*, *Dactylis glomerata*, *Hordeum leporinum*, *Lolium rigidum* y *Vulpia myuros*. Este estudio nos permite conocer el comportamiento de estas especies en función de la altitud a la que se encuentren.

Los puntos de muestreo se encuentran en el gráfico ordenados de menor altitud (Asland) a mayor altitud (El Cordobés), tal y como queda reflejado en la **tabla 1**, y las especies se presentan ordenadas en base al periodo de floración, de más temprana a más tardía.

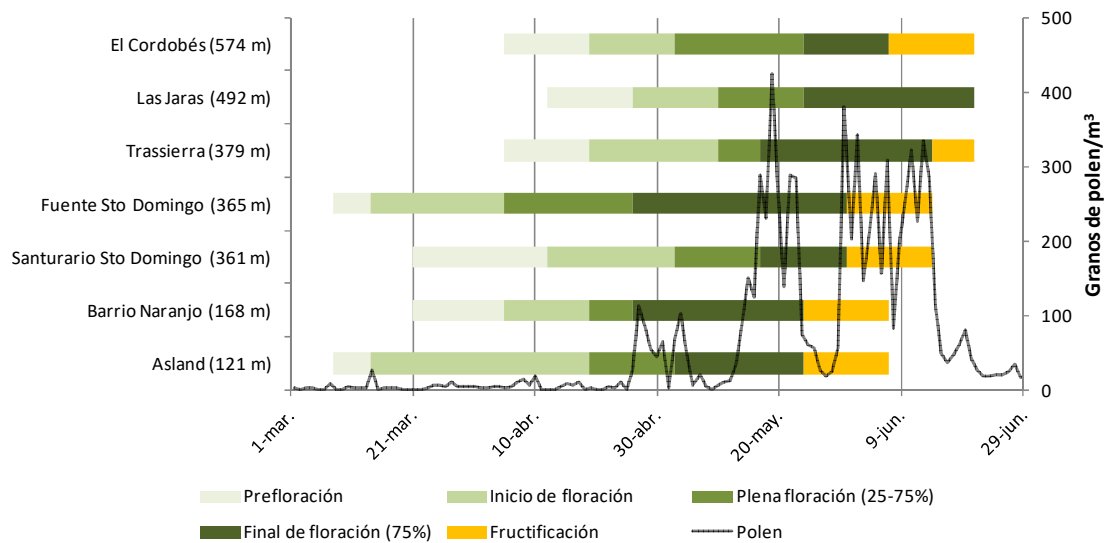
**A) *Bromus matritensis* (anual)**



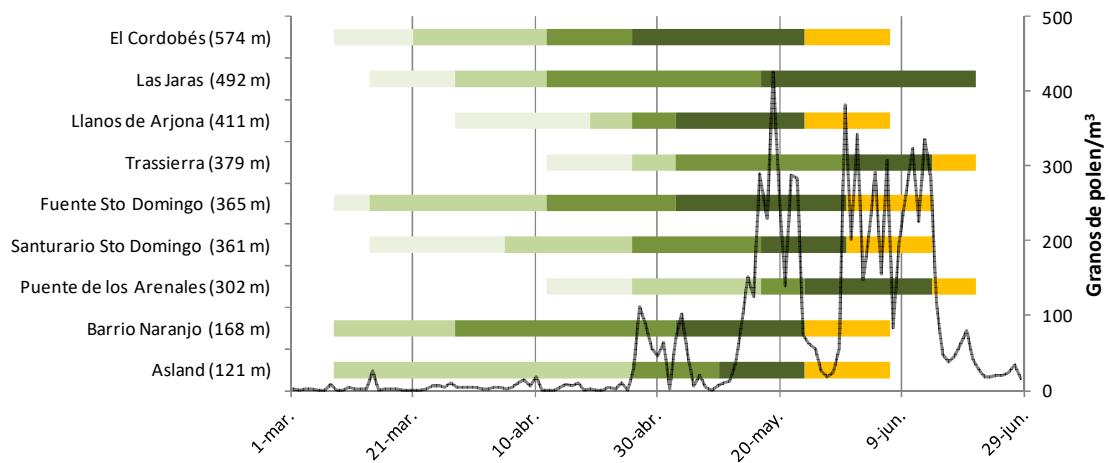
**B) *Bromus diandrus* (anual)**



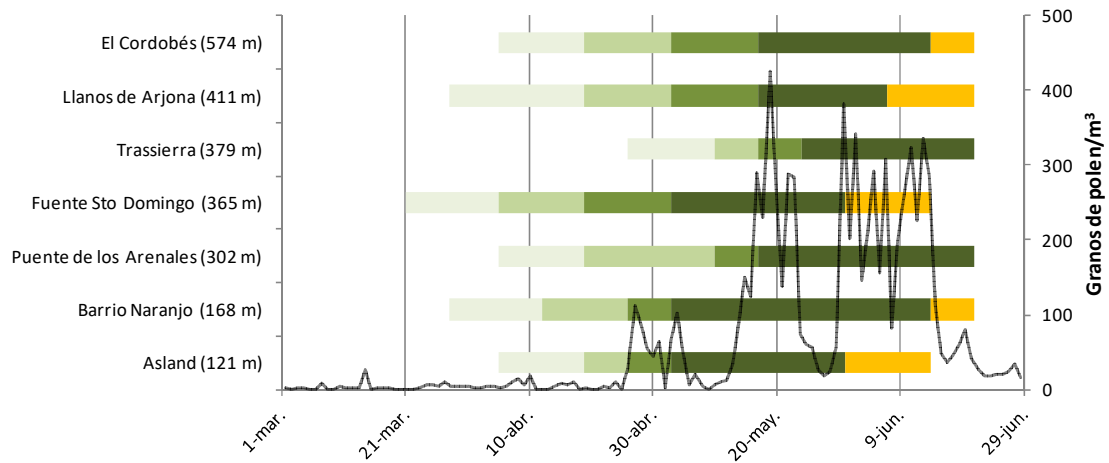
**C) *Bromus hordeaceus* (anual)**



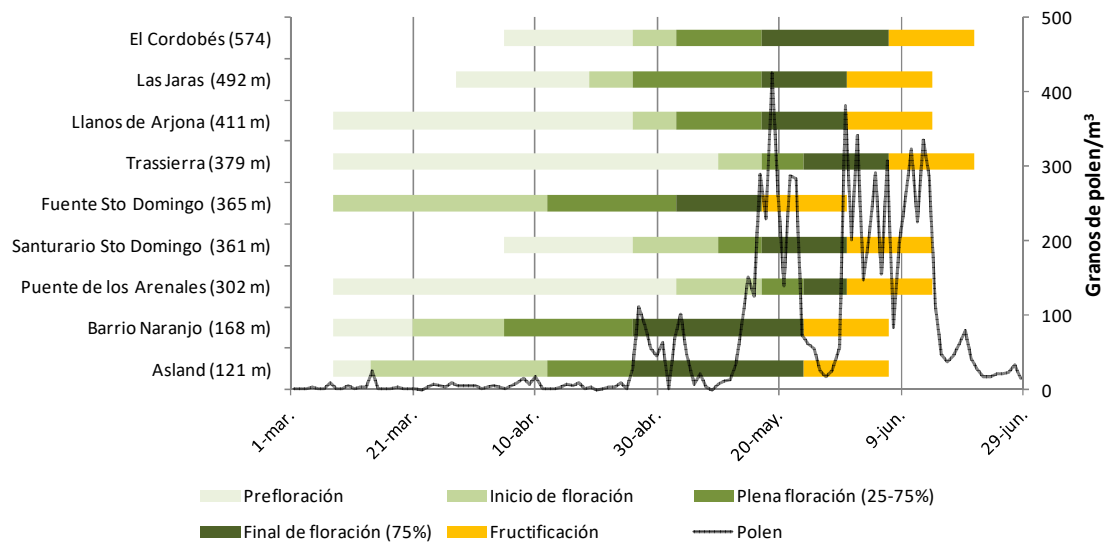
**D) *Hordeum leporinum* (anual)**



**E) *Lolium rigidum* (anual)**

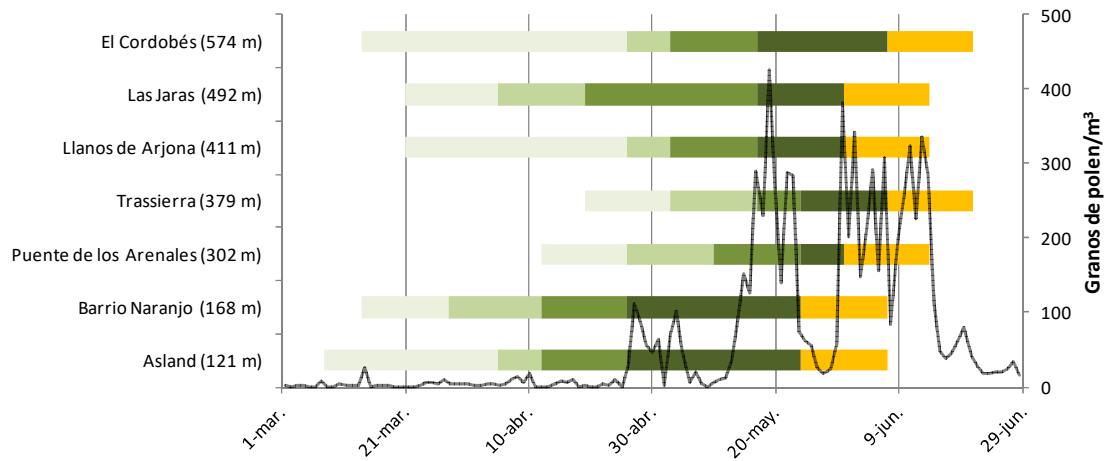


**F) *Avena barbata* (anual)**

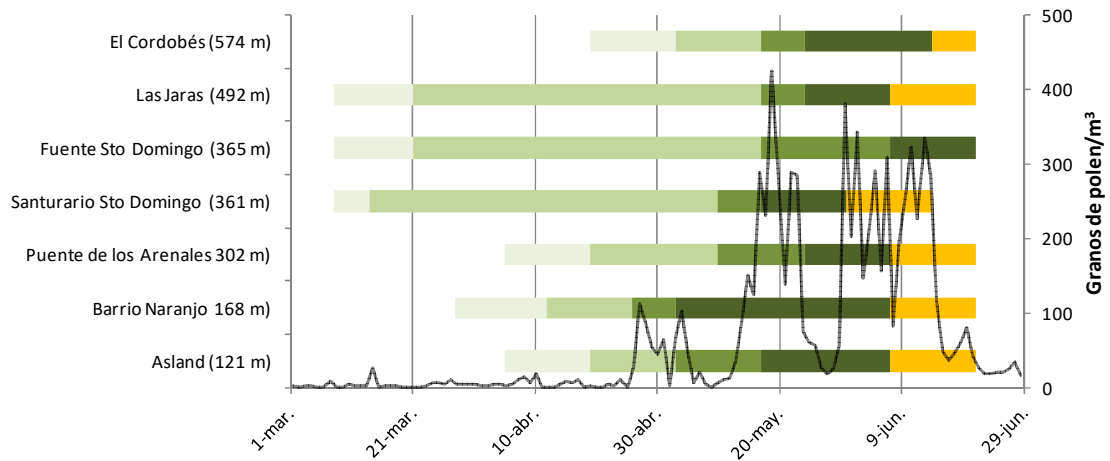


Prefloración
  Inicio de floración
  Plena floración (25-75%)
  Final de floración (75%)
  Fructificación
  Polen

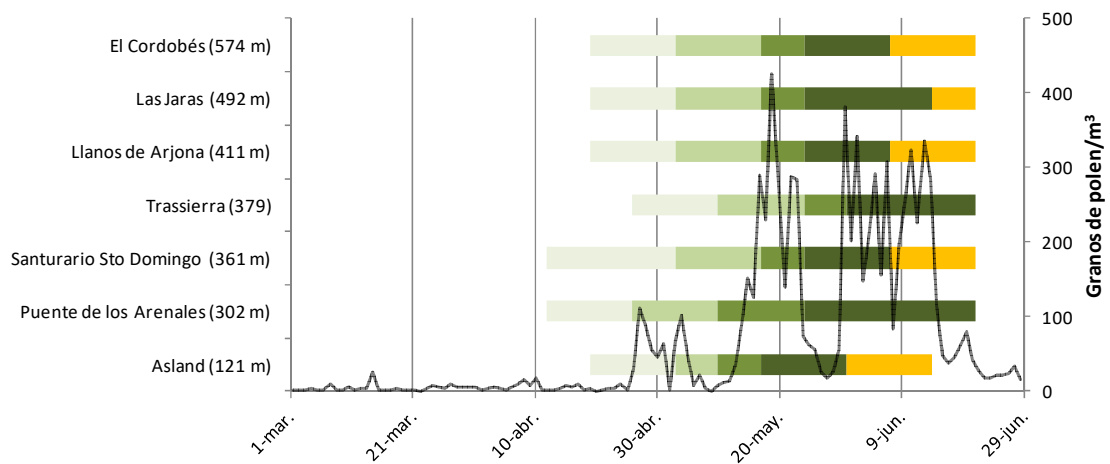
**G) *Avena sterilis* (anual)**



**H) *Vulpia myuros* (anual)**

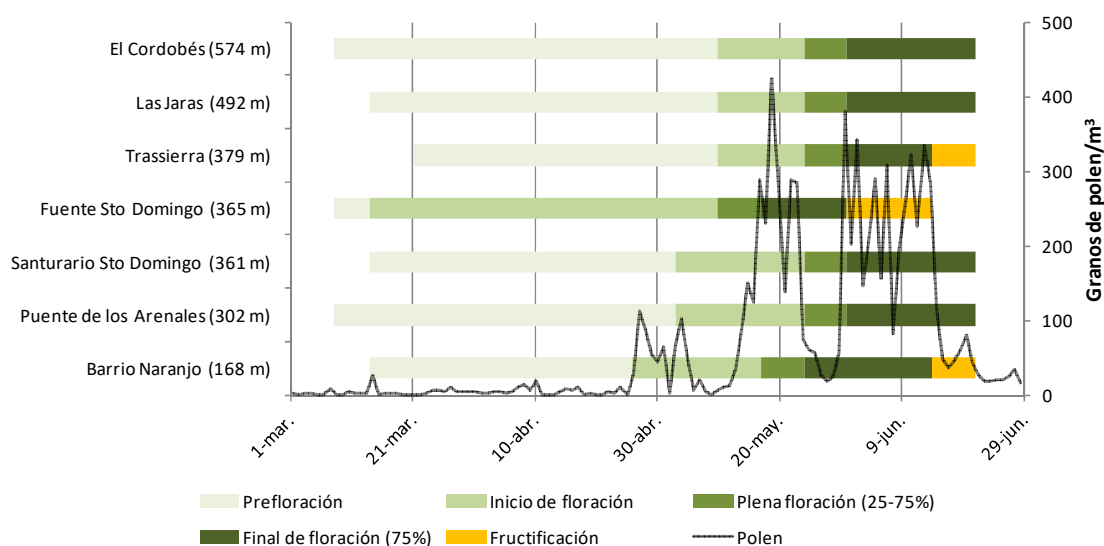


**I) *Cynosurus echinatus* (anual)**



Prefloración     
  Inicio de floración     
  Plena floración (25-75%)  
 Final de floración (75%)     
  Fructificación     
  Polen

## J) *Dactylis glomerata* (perenne)

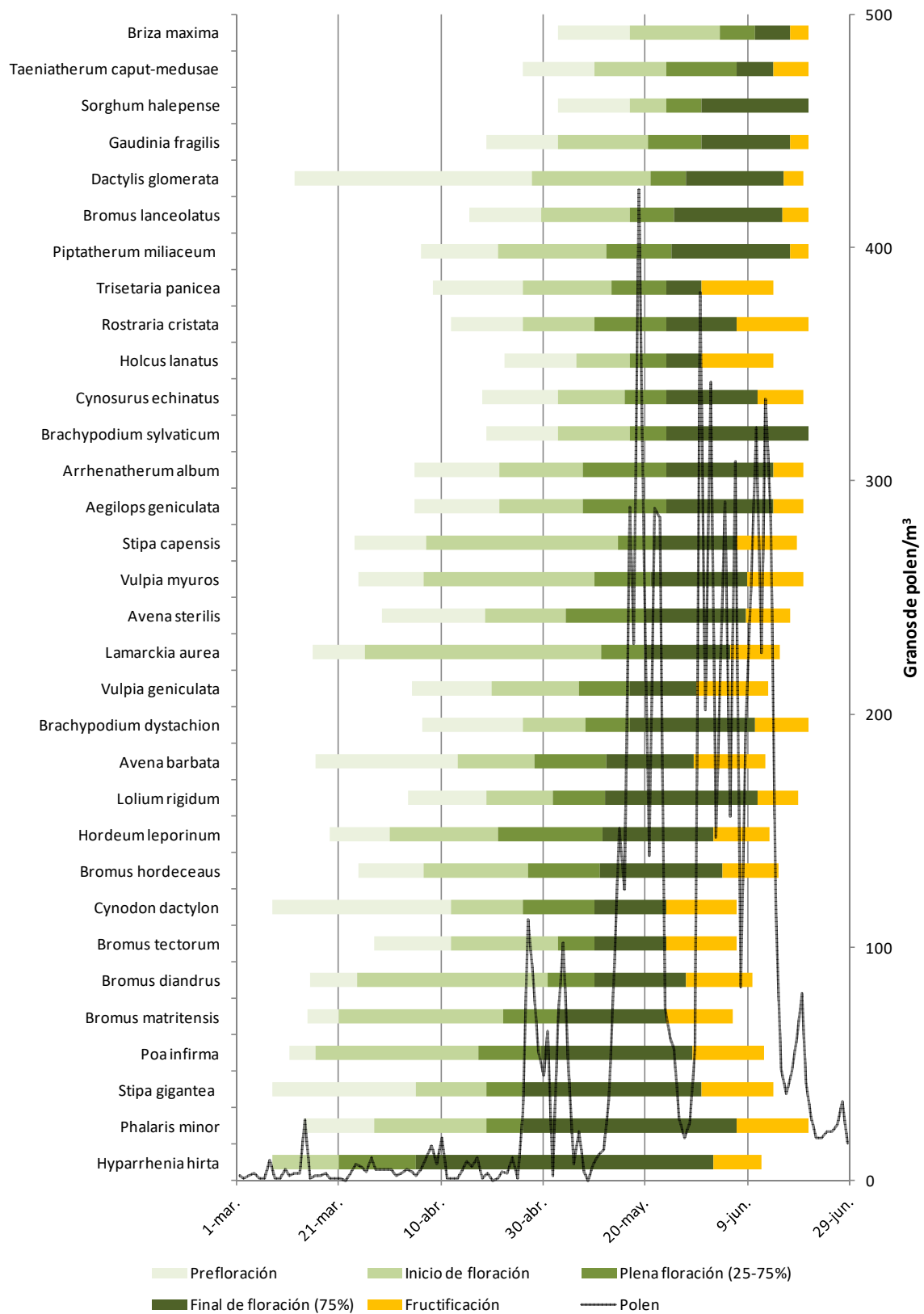


**Figura 7:** Fenología de las especies que se encuentran representadas en al menos 7 de los 9 puntos de muestreo, junto a la curva de polen de Poaceae registrada en el año 2016.

En general se observa un retraso en la floración de las especies conforme aumenta la altitud (**figura 7**), siendo esta variación más acusada en *Bromus diandrus*, *Avena barbata* y *A. sterilis*. Sin embargo, algunas especies son de destacar por no mostrar un retraso tan acusado en cuanto a la altitud, como es el caso de *Dactylis glomerata* y *Cynosurus echinatus*, ambas de floración tardía (**figura 7**).

El punto de muestreo “Fuente de Santo Domingo” es el más llamativo, observándose un adelanto de la floración en la mayoría de las especies respecto a localidades situadas a menor altitud (**figura 7**).

Una visión global de los diferentes estadios fenológicos de las especies estudiadas nos permite conocer aquellas que contribuyen más al contenido de polen en el aire. Para ello se realizó una media de las fenofases para cada especie y se representó gráficamente junto con la curva de polen de Poaceae para el año 2016 (**figura 8**).



**Figura 8:** Contenido de polen diario y fenología de cada una de las especies estudiadas durante el año 2016.

Como se puede observar, en el gráfico no se encuentra representada *Poa bulbosa* (**figura 8**), ya que apenas se pudieron tomar datos de esta especie, por lo que se optó por eliminarla.

Teniendo en cuenta los diferentes periodos de floración para las diferentes especies, no todas las especies contribuyen de la misma forma en la curva polínica, observándose una mayor contribución de especies de floración en primavera tardía, coincidiendo con el segundo periodo en la curva, de mediados de mayo a mediados de junio (**figura 8**).

#### ***IV.-ANÁLISIS DE LA FENOLOGÍA FLORAL POR COBERTURA VEGETAL***

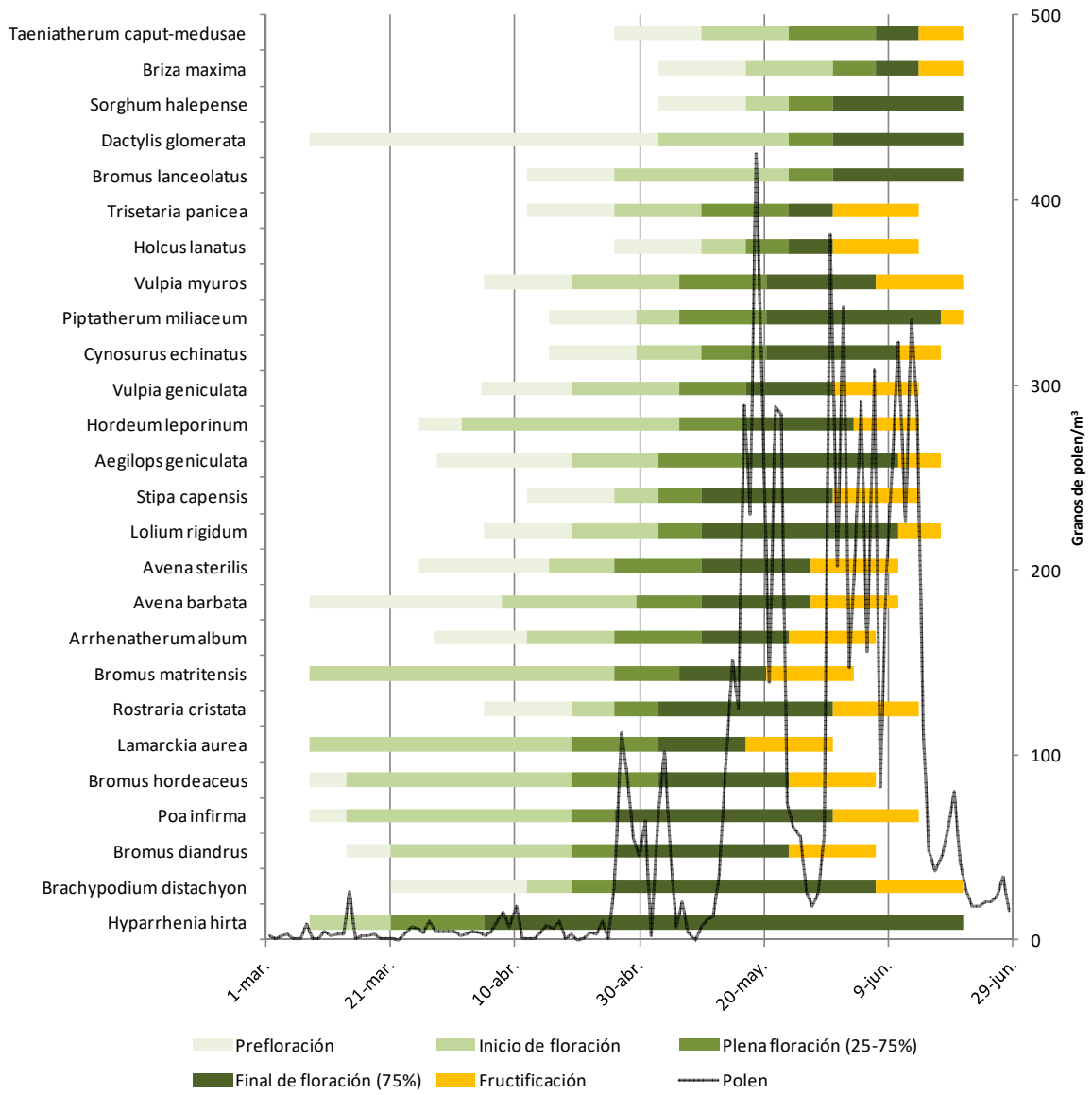
Los puntos de muestreo fueron agrupados bajo tres tipos de cobertura vegetal, quedando de la siguiente manera:

- Ribera: Asland y Puente de los Arenales.
- Pastizal: Barrio del Naranjo, Santuario de Santo Domingo, Fuente de Santo Domingo y Urb. Llanos de Arjona.
- Matorral: Santa María de Trassierra, Urb. Las Jaras y Finca “El Cordobés”.

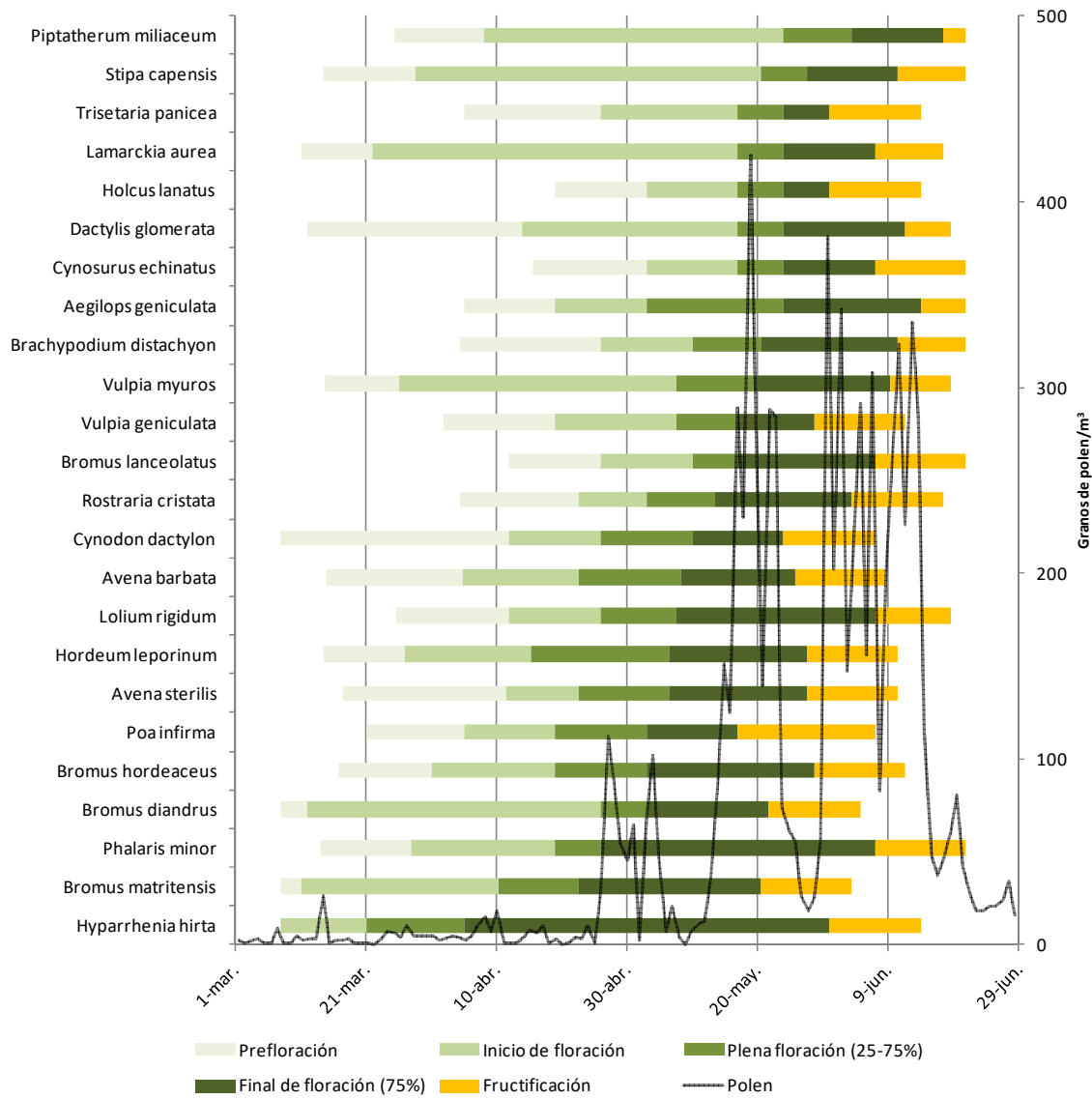
Se representó la media de las especies que aparecen en cada una de las coberturas vegetales junto con la curva de polen aerovagante de la familia Poaceae (**figura 9**).



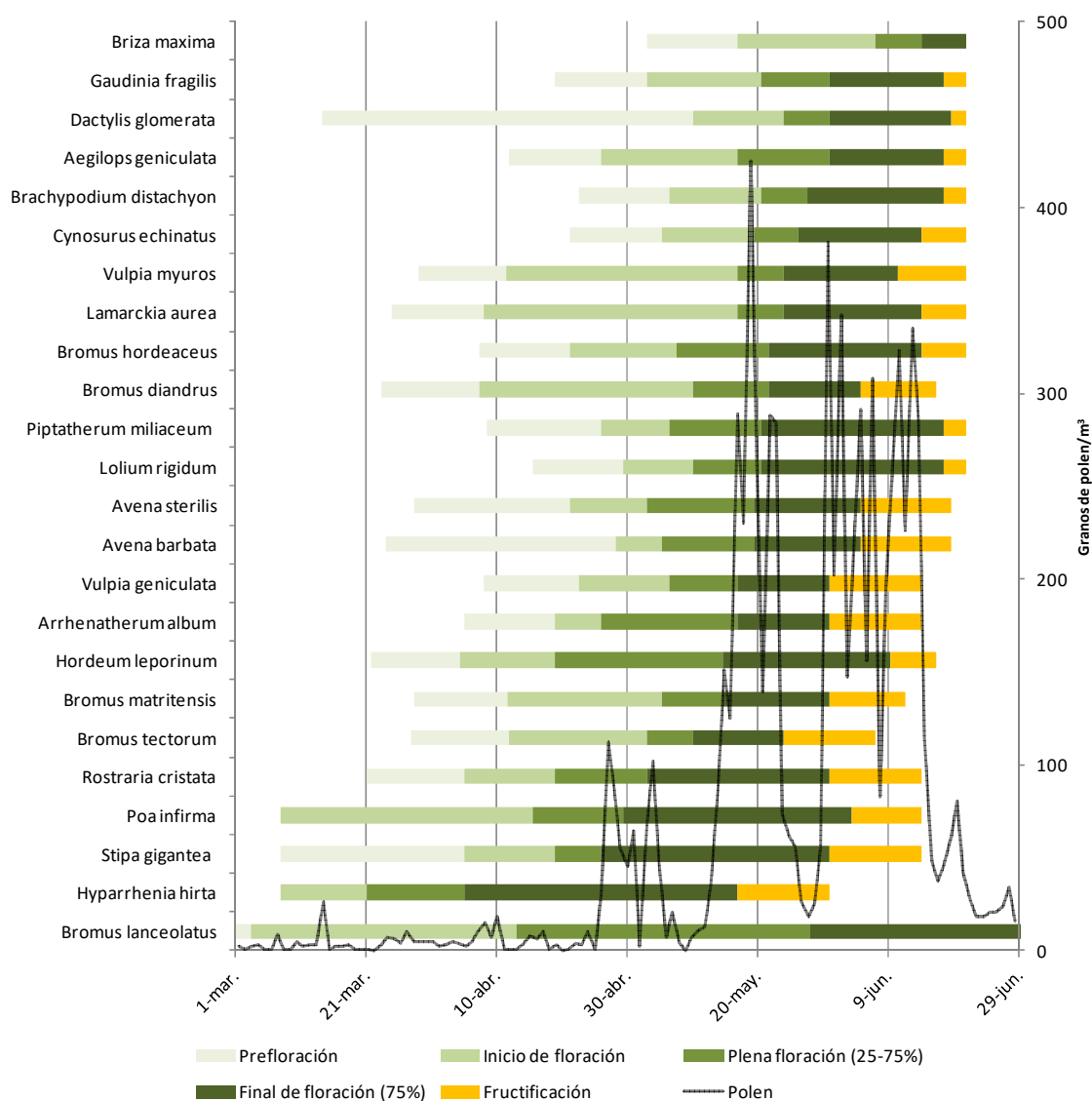
## A) Ribera



## B) Pastizal



### C) Matorral



**Figura 9:** Contenido de polen diario y la media de las fenofases de cada una de las especies estudiadas durante el año 2016 en cada una de las 3 coberturas vegetales (A, B y C) con las medias de las especies en cada una de ellas.

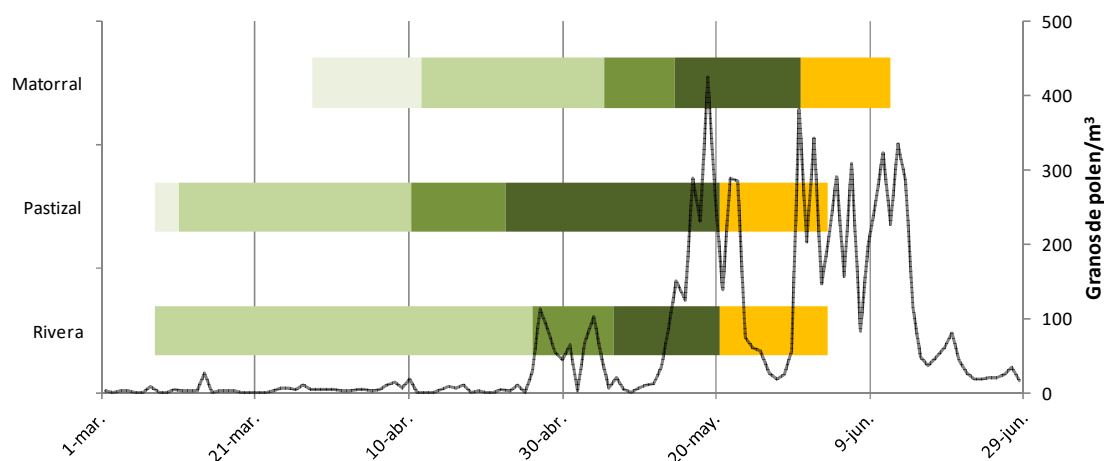
En las tres coberturas estudiadas, ribera, pastizal y matorral, se ha observado el mismo porcentaje de especies anuales (75%) y perennes (25%), con una mayor diversidad de especies en ribera (26) que en pastizal y matorral (24), en ambos casos.

Solo algunas especies se encuentran adaptadas a un tipo de cobertura, como es el caso de *Sorghum halepense* y *Taeniatherum caput-medusae*, solo presentes en ribera;

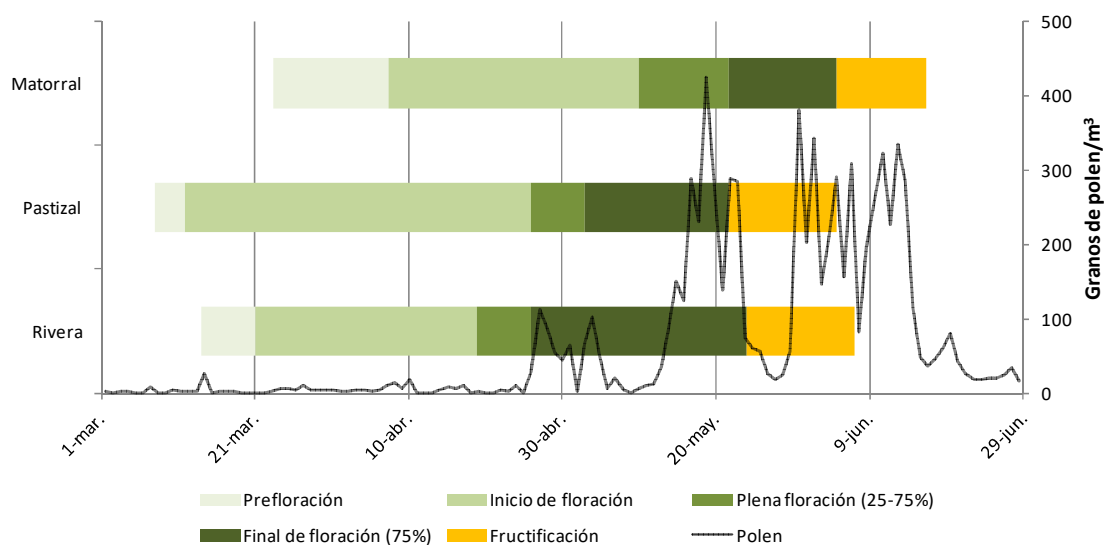
*Cynodon dactylon* y *Phalaris minor*, en pastizal; y *Bromus tectorum*, *Gaudinia fragilis* y *Stipa gigantea* en matorral (**figura 9**).

Finalmente, se ha representado la media de cada especie en cada una de las coberturas vegetales, en aquellas representadas en al menos 7 de las 9 zonas de muestreo (**figura 10**).

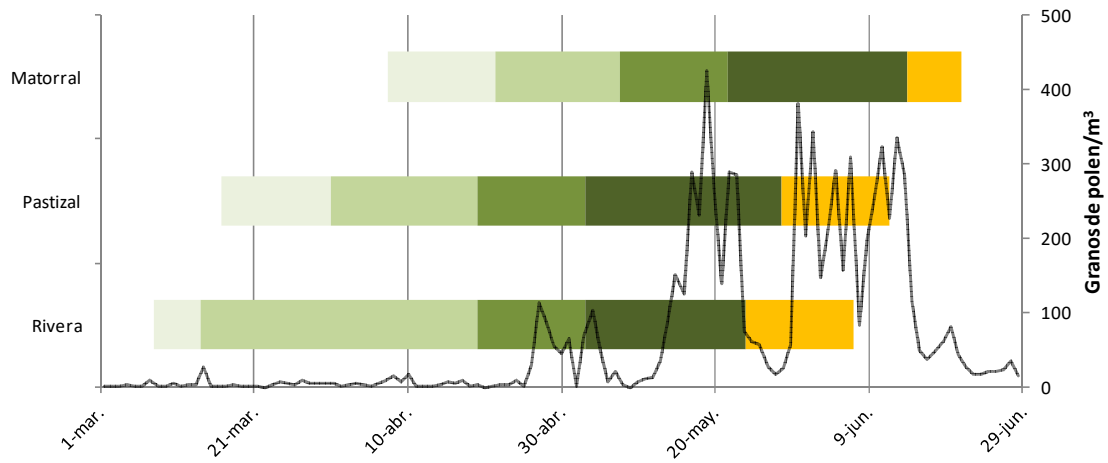
**A) *Bromus matritensis* (anual)**



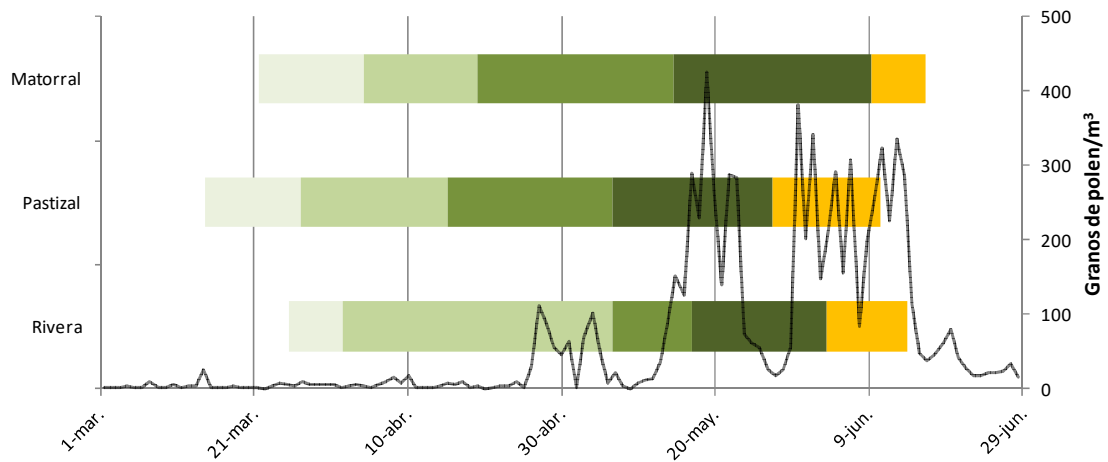
**B) *Bromus diandrus* (anual)**



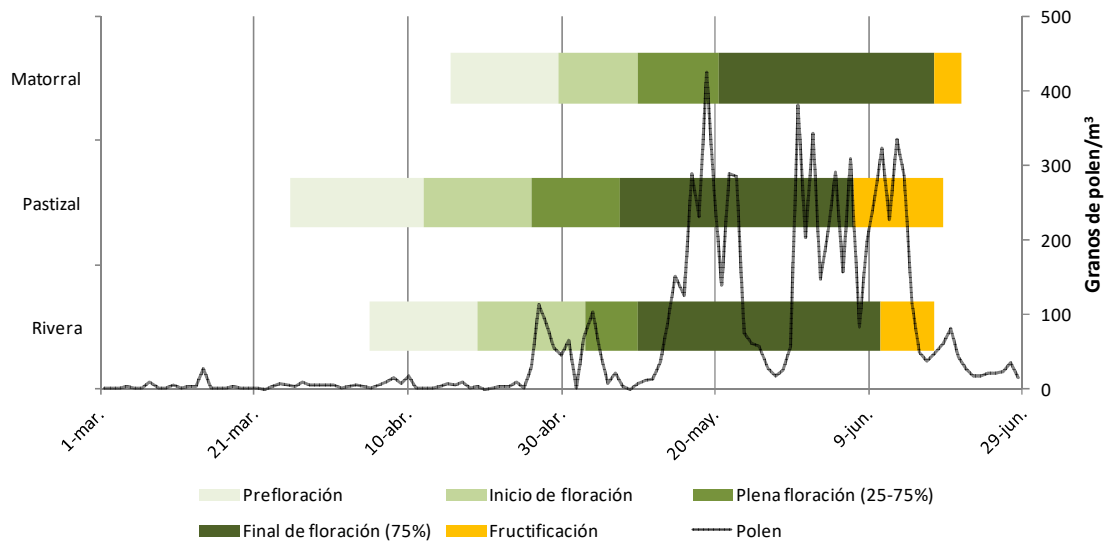
**C) *Bromus hordeaceus* (anual)**



**D) *Hordeum leporinum* (anual)**

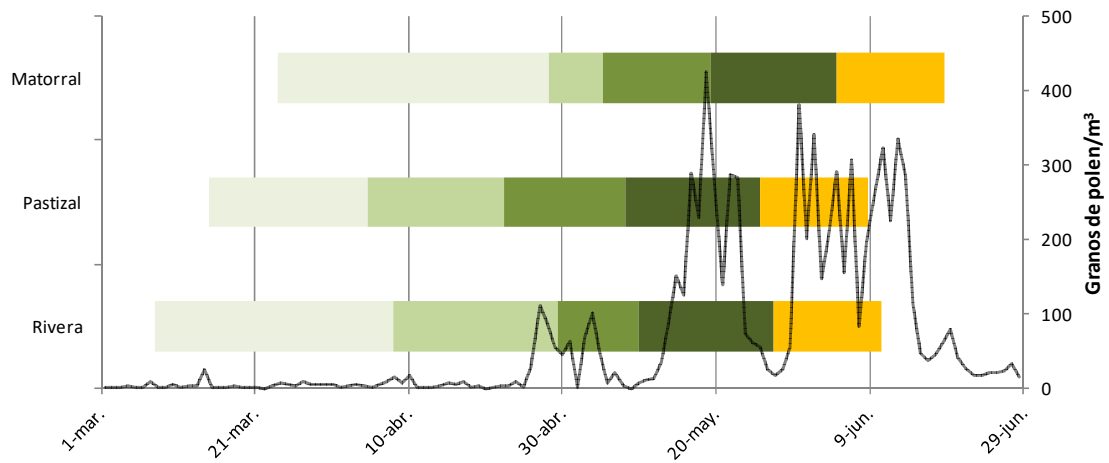


**E) *Lolium rigidum* (anual)**

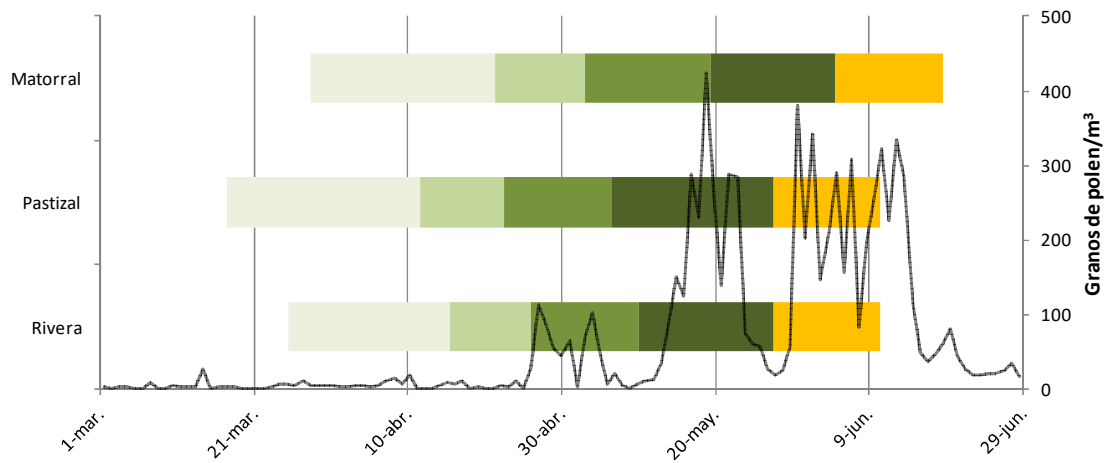


Prefloración
  Inicio de floración
  Plena floración (25-75%)
  Final de floración (75%)
  Fructificación
  Polen

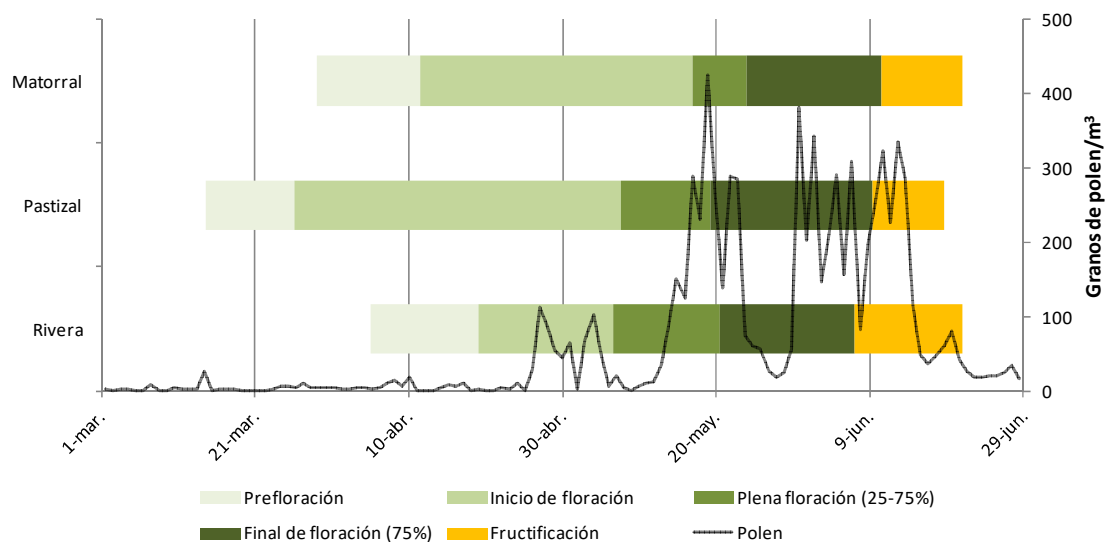
**F) *Avena barbata* (anual)**



**G) *Avena sterilis* (anual)**

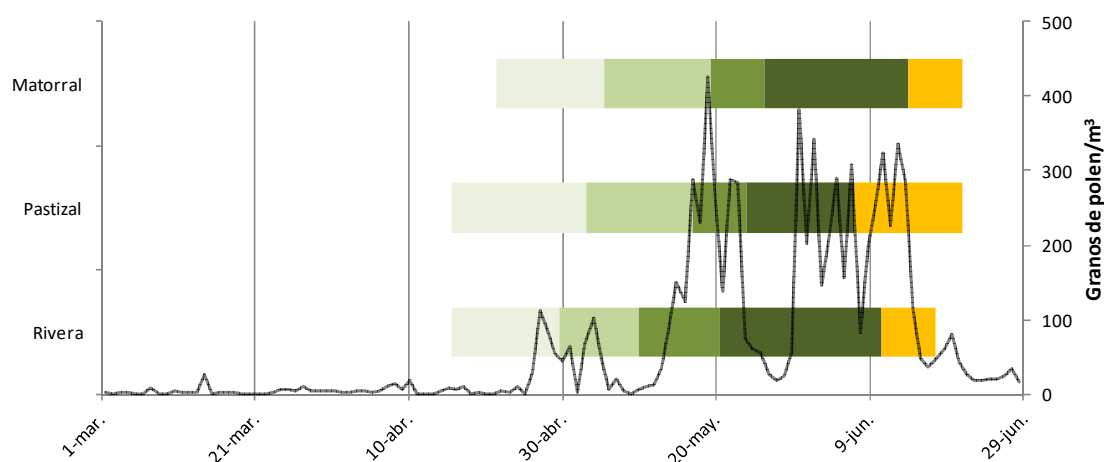


**H) *Vulpia myuros* (anual)**

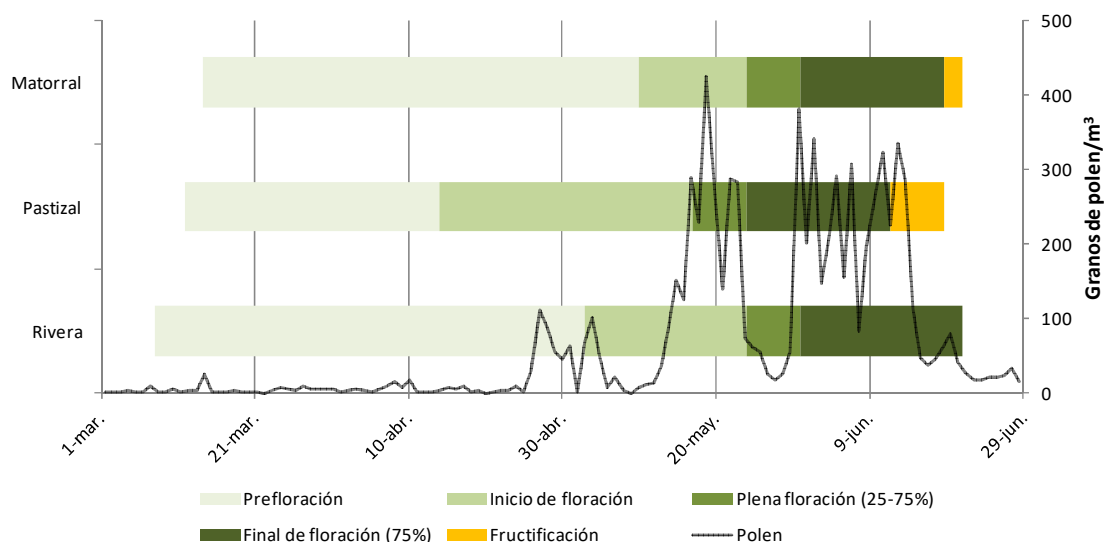


Prefloración
  Inicio de floración
  Plena floración (25-75%)
  Final de floración (75%)
  Fructificación
  Polen

**I) *Cynosurus echinatus* (anual)**



**J) *Dactylis glomerata* (perenne)**



**Figura 10:** Fenología de aquellas especies que se encuentran en al menos 7 de los 9 puntos de muestreo (A-J), agrupadas en las tres coberturas vegetales (matorral, pastizal y ribera), junto con la curva de polen de Poaceae registrada en el año 2016.

Se puede observar en la **figura 10** que *Bromus diandrus* y *B. hordeaceus* presentan una floración más temprana en zona de ribera, coincidiendo con el primer pico en la curva de polen, y ligeramente más tarde en zonas de pastizal, siendo ésta más tardía en zonas de matorral. *B. matritensis*, por el contrario, presenta una floración más temprana en pastizal que en ribera, y más tardía en matorral, pero con una variación menos acusada que en las otras dos especies. El primer periodo de la curva polínica coincide también con la floración de *B. matritensis* en zonas de ribera.

Las especies *Avena barbata* y *A. sterilis* presentan una floración más tardía en la cobertura vegetal de matorral, mientras que no se observa gran diferencia entre zonas de pastizal y ribera (**figura 10**).

*Cynosurus echinatus* y *Vulpia myuros* presentan una floración homogénea en las tres coberturas vegetales en las que se encuentran, coincidiendo su máxima floración con el segundo periodo en la curva de polen aerovagante (**figura 10**). *Dactylis glomerata* también presenta una floración homogénea pero más tardía, con lo cual contribuye al segundo y tercer pico de polen en la curva (**figura 10**).

## DISCUSIÓN

Este estudio se ha llevado a cabo durante el año 2016, un año diferente desde el punto de vista meteorológico, con un invierno más cálido y primavera más suave que la última década, especialmente durante el mes de marzo, llegando a alcanzar temperaturas más altas, en comparación a la media de la última década, a partir de julio. Así mismo, el invierno y la primavera temprana han destacado por la escasez de precipitación, no llegando a ocurrir lluvias hasta una vez bien entrada la primavera y con carácter torrencial.

En general, las plantas herbáceas, donde se encuentran representadas las especies de la familia Poaceae, muestran una respuesta más inmediata a las condiciones meteorológicas que las especies leñosas (Alcázar *et al.*, 2009; Dahl *et al.*, 2013). Varios estudios han analizado el comportamiento de distintas poblaciones bajo diferentes condiciones ambientales, teniendo en cuenta varianzas en el tiempo y el clima, el tipo de suelo y diferentes tipos de cobertura vegetal.

El presente TFM se ha enfocado en un seguimiento de la fenología floral en diferentes especies de gramíneas de floración primaveral, siguiendo estudios previos (Frenguelli *et al.*, 2010; León-Ruiz *et al.*, 2011; Tormo *et al.*, 2011).



En este estudio se ha observado una variación en la fenología floral de las distintas especies estudiadas, así como diferente respuesta a distintas condiciones meteorológicas y geográficas, donde la altitud juega un importante papel.

En el Área Mediterránea la disponibilidad de agua es especialmente importante para que tenga lugar la floración (Clary *et al.*, 2004). La distribución de las lluvias durante este año ha provocado un retraso de la floración en comparación con la última década. Este retraso se ha debido a la falta de disponibilidad de agua para la planta, después de un invierno y primavera temprana caracterizados por la sequía.

Por otro lado, los estadios fenológicos han sido más cortos, dado que las altas temperaturas del inicio del verano han provocado el final de la floración a tiempo, en comparación con años previos. Por lo tanto, este año se ha caracterizado por una amplitud más corta en los distintos estadios fenológicos y, por tanto, una estación polínica más corta durante 2016 con respecto a la última década y a estudios previos (León-Ruiz *et al.*, 2011; Cebrino *et al.*). En estos estudios se ha observado que los años más húmedos están asociados con unas fenofases más prolongadas y una mayor estación polínica (León-Ruiz *et al.*, 2011).

Hoy en día, el contenido de polen en el aire se considera como un excelente bioindicador para el estudio de la fenología floral de plantas anemófilas (Menzel, 2002). Sin embargo, aún cuando la estación polínica debe de coincidir con la plena floración, en muchos casos participan otras variables, como el clima y el tiempo, la estabilidad atmosférica, características del suelo y edad de la planta (Kasprzyk, 2009).

Durante este año la estación polínica comenzó durante la última semana de abril y finalizó a principios de julio, un retraso en comparación con estudios previos (García-Mozo *et al.*, 2011). Por otro lado, durante la estación se han observado tres periodos de mayor intensidad en la curva polínica, relacionados con el periodo de floración de las distintas especies, además del papel que ha jugado la lluvia provocando lavado de la atmósfera, especialmente durante la segunda semana de mayo. Este comportamiento se ha puesto de manifiesto anteriormente en diferentes estudios (Silva-Palacios *et al.*, 2000; Barnes *et al.*, 2001; Sánchez-Mesa *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2009; Recio *et al.*, 2010).

El estudio comparativo sobre el contenido de polen en el aire y la fenología floral ha puesto de manifiesto que el primer periodo en la curva, de menor intensidad, se corresponde con las especies de floración en primavera temprana (ej. *Bromus matritensis* y *B. diandrus*); el segundo, de mayor intensidad, coincide con la floración de un mayor número de especies de floración en primavera tardía; sin embargo, el tercer periodo de la estación fue también elevado y más prolongado, coincidiendo con el final de floración de muchas de las especies de estudio. Durante este periodo, a finales de la primavera, se ha observado una mayor velocidad del viento que en meses anteriores, contribuyendo posiblemente a procesos de resuspensión de los granos de polen previamente depositados en el suelo durante el periodo de plena floración.

A modo de resumen, algunas especies han contribuido más a cada uno de los periodos en la curva polínica, dependiendo del periodo de plena floración: *Lolium rigidum*, *Hordeum leporinum* o *Aegilops geniculata* coincidieron con el primer periodo (de mediados de abril a principios de mayo); *Vulpia myuros*, *Stipa capensis*, *Avena sterilis* y *Arrhenatherum album* coincidieron con el segundo (durante la tercera semana de mayo); *Piptatherum miliaceum*, *Cynosurus echinatus*, *Briza maxima*, *Dactylis glomerata* y *Taenitherum caput-medusae*, con el tercero (durante la primera quincena de julio), sin olvidar que este último periodo sea más intenso probablemente debido a procesos de resuspensión de polen por el viento.

Sin embargo, no todas estas especies llegan a contribuir de la misma forma en la curva polínica, ya que algunas están poco representadas en las zonas de estudio, como por ejemplo *Arrhenatherum album* coincidiendo con el segundo periodo en la curva; o *Taenitherum caput-medusae*, *Briza maxima* y *Aegilops geniculata* con el tercero. Estudios previos no consideran a *Aegilops geniculata* entre las especies que contribuyen a la curva de polen en el aire (Prieto-Baena *et al.*, 2003; Aboulaich *et al.*, 2009).

En general, en este estudio se ha observado una mejor relación de la curva polínica con especies de floración en primavera tardía, algo observado en estudios previos (Tormo *et al.*, 2011; Cebrino *et al.*, 2016).

Por otro lado, otros estudios en Córdoba han mostrado que la mayor contribución a la curva de polen proviene de poblaciones representadas en áreas naturales, incluyendo

matorral y ribera (León-Ruiz *et al.*, 2011). La cobertura vegetal clasificada como “pastizal” se considera entre los tipos de cobertura más sensibles a la disponibilidad de agua y a los cambios de temperatura (Dickinson *et al.*, 1976; French *et al.*, 1974), pudiendo influir en la respuesta fenológica de las distintas especies (Chuine *et al.*, 2000; Grzegorz, 2011). Sin embargo, durante este año, dado que el periodo de floración ha sido más corto para la mayoría de las especies, se ha observado una coincidencia en la floración de las tres coberturas vegetales. Aun así, se ha observado diferente comportamiento de algunas especies en distintas coberturas. Como ejemplo, *Bromus diandrus* y *B. hordeaceus* presentan una floración gradual desde la más temprana en zona de ribera y, ligeramente más tarde en pastizal, siendo ésta más tardía en zonas de matorral. *B. matritensis*, por el contrario, presenta una floración más temprana en pastizal que en ribera, y más tardía en matorral, pero no de manera tan acusada como las dos especies anteriores. En el caso de *Avena barbata* y *A. sterilis* presentan una floración más tardía en zonas de matorral, mientras que no se observa gran diferencia entre su floración en pastizal y en ribera.

Sin embargo, otras especies presentan un comportamiento más homogéneo en las tres coberturas vegetales, como es el caso de *Cynosurus echinatus* y *Vulpia myuros*, coincidiendo su máxima floración con el segundo periodo de la curva polínica. En el caso de *Dactylis glomerata*, esta especie también presenta una floración homogénea pero más tardía, contribuyendo su polen al segundo y tercer periodo de la estación polínica. Esta floración más homogénea indica una menor influencia de las diferentes condiciones ambientales que en otras especies con distinta respuesta al medio ambiente.

En relación a diferencias con la altitud, no todas las especies respondieron de igual forma en su comportamiento fenológico. Algunas especies anuales, como las especies del género *Bromus* y *Avena* presentaron una floración más temprana en zonas de menor altitud, avanzando progresivamente al aumentar. Sin embargo, algunas especies perennes, como *Dactylis glomerata* presentaron una floración tardía y más homogénea a distinta altitud, estando menos sujetas a las distintas condiciones ambientales.

Antes de terminar, mencionar que solo se han estudiado algunas poblaciones, quedando otras fuera de este estudio, las cuales seguramente contribuyen a la curva polínica, por lo que habría que incluirlas en futuros estudios.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas en el presente estudio se muestran a continuación:

- Las distintas especies primaverales de la familia Poaceae en la zona de estudio florecen durante dos periodos de tiempo diferentes, algunas especies durante la primavera temprana y un mayor número de ellas son de floración tardía.
- Durante este año de estudio, caracterizado por una sequía invernal y a principios de la primavera, se ha puesto de manifiesto la importancia de la disponibilidad de agua para las especies herbáceas de floración primaveral en la zona de estudio, ocurriendo un retraso de la floración en comparación con la media de la última década.
- El retraso en la floración, unido a altas temperaturas a finales de primavera, ha favorecido un comportamiento de amplitud fenológica más corta que en años previos, siendo este comportamiento similar en poblaciones de distintas coberturas vegetales.
- Se ha observado diferencias en el periodo de floración en poblaciones localizadas a distinta altitud, aunque no todas las especies respondieron a este parámetro de la misma forma.
- El estudio sobre el contenido de polen en el aire pone de manifiesto que la curva polínica representa el periodo de floración de las distintas especies, aunque puede ser afectada tanto por la lluvia, por lavado de la atmósfera, como por fenómenos de resuspensión generados por aumentos de velocidad del viento a finales de la primavera.

## BIBLIOGRAFÍA

Aboulaich, N., Bouziane, H., Kadiri, M., del Mar Trigo, M., Riadi, H., Kazzaz, M., et al. (2009). *Pollen production in anemophilus species of the Poaceae family in Tetouan (NW Morocco)*. *Aerobiologia*, 25(1), 27-38.

Agencia Estatal de Meteorología. (2001). *Guía resumida del clima en España 1971-2000*. Madrid: Serie estadística, Ministerio de Medio Ambiente.

Alcázar, P., Stach, A., Nowak, M., & Galán, C. (2009). *Comparison of airborne herb pollen types in Cordoba (South-western Spain) and Poznan (Western Poland)*. *Aerobiologia*, 25(2), 55-63.

Barbieri, R., Botarelli, L., Salsi, A., and Zinoni, F., *Guida alle Rilevazioni Agrofenologiche e dalla Compilazione delle Schede di Rilevamento per le Colture Erbacee ed Arboree*, E.R.S.A., Bologna, Italy, 1989.

Barnes, C., Pacheco, F., Landuyt, J., Hu, F., & Portnoy, J. (2001). *The effect of temperature, relative humidity and rainfall on airborne ragweed pollen concentrations*. *Aerobiologia*, 17(1), 61-68.

Cebrino, J., Galán, C., Domínguez-Vilches, E. (2016). *Aerobiological and phenological study of the main Poaceae species in Córdoba City (Spain) and the surrounding hills*. *Aerobiologia*. DOI 10.1007/s10453-016-9434-6.

Chuine, I., Cambon, G., & Comtois, P. (2000). *Scaling phenology from the local to the regional level: Advances from species-specific phenological models*. *Global Change Biology*, 6(8), 943-952.

Clary, J., Savé, R., Biel, C., & Herralde, F. (2004). *Water relations in competitive interactions of Mediterranean grasses and shrubs*. *Annals of Applied Biology*, 144(2), 149-155.

D`Amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., et al. (2007). *Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. Allergy*, 62(9), 976-990.

D`Amato, G., Spieksma, F. T. M., Licardi, G., Jäger, S., Russo, M., Kontou-Fili, K., et al. (1998). *Pollen related allergy in Europe. Allergy*, 53(6), 567-578.

Dahl, A., Galán, C., Hajkova, L., Pauling, A., Sikoparija, B., Smith, M., et al. (2013). *The onset, course and intensity of the pollen season. In M. Sofiev & K. C. Bergmann (Eds.), Allergenic pollen: A review of the production, release, distribution and health impacts (pp. 29-70). Dordrecht: Springer.*

Dickinson, C. E., & Dodd, J. L. (1976). *Phenological pattern in the Shortgrass Prairie. American Midland Naturalist*, 96(2), 367-378.

Domínguez-Vilches, E., Cariñanos, P., Galán, C., Guerra, F., García-Pantaleón, F. I., & Villamandos, F. (1995). Airborne pollen concentrations, solid particle content in the air and allergy symptoms in Córdoba (Spain). *Aerobiologia*, 11(2), 129-135.

Dyer, M. I., Detling, J. K., Coleman, D. C., & Hilbert, D. W. (1982). *The role of herbivores in grasslands. In J. R. Estes, R. J. Tylr, & J. N. Brunken (Eds.), Grasses and grasslands: Systematics and Ecology (pp. 255-295). Norman: Univ. Oklahoma Press.*

Emberlin, J., Detandt, M., Gehrig, R., Jäger, S., Nolard, N., Rantio-Lehtimäki, A., (2002). *Responses in the start of Betula (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. International Journal of Biometeorology*, vol. 46, no. 4, pp. 159-170.

Estaciones agroclimáticas: Córdoba. (2016). Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo rural. Junta de Andalucía. (Datos 2006 a 2016).

Estadísticas agrarias 2016. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Consejería de Economía y Conocimiento, Junta de Andalucía. (2015).

Fornaciari, M., Orlandi, F., & Romano, B. (2000). *Phenological and aeropalynological survey in an olive orchard in Umbria (Central Italy)*. GRANA, vol. 39, no 5, pp. 246-251.

French, N., & Sauer, R. H. (1974). *Phenological studies and modeling in grassland*. In H. Leith (Ed.) *Phenology and seasonality modeling* (pp. 227-236). New York Springer.

Frenguelli, G., Passalacqua, G., Bonini, S., Fiocchi, A., Incorvaia, C., Marcucci, F., et al. (2010). *Bridging allergologic and botanical knowledge in seasonal allergy: A role for phenology*. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 105(3), 223-227.

Galán, C., Smith, M., Thibaudon, M., Frenguelli, G., Oteros, J., Gehrig, R., et al. (2014). *Pollen monitoring: Minimum requirements and reproducibility of analysis*. *Aerobiología*, 30(4), 385-395.

Galán, C., Alcázar, P., Oteros, J., García-Mozo, H., Aira, M. J., Belmonte, J., Díaz de la Guardia, C., Fernández-González, D., Gutierrez-Bustillo, M., Moreno-Grau, D., Pérez-Badía, R., Rodríguez-Rajo, J., Ruiz-Valenzuela, L., Tormo, R., Trigo, M. M., Domínguez-Vilches, E. (2016). *Airborne pollen trends in the Iberian Peninsula*. *Science of the Total Environment*. 550. 53-59.

Galán, C., Cariñanos, P., & Domínguez-Vilches, E. (2007). *Spanish aerobiology network (REA): Management and quality manual*. Córdoba: Servicio de publicaciones, Universidad de Córdoba.

Galán, C., García-Mozo, H., Vázquez, L., Ruiz, L., de la Guardia, C. D., Trigo, M. M., (2005). *Heat requirement for the onset of the *Olea europea* L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change*. *International Journal of Biometeorology*, vol. 49, no. 3, pp. 184-188.

García-Mozo, H., Mestres, A., & Galán, C. (2011). *Climate change in Spain: Phenological trends in southern areas*. *Climate Change Socioeconomic Effects, Editors: Juan Blanco & Houshang Kheradmand. Editorial: InTech*. ISBN 978-953-307-411-5. pp-237-250.

García-Mozo, H. C., Galán, C., Alcázar, P., Díaz de la Guardia, C., Nieto-Lugilde, D., Recio, M., Hidalgo, P., González-Minero, F., Ruiz, L., Domínguez-Vilches, E. (2009). *Trends in grass pollen season in southern Spain. Aerobiologia*, DOI 10.1007/s10453-009-9153-3.

García-Mozo, H. C., Galán, C. & Vázquez, L. (2006). *The reliability of geostatistic interpolation in olive field phenology. Aerobiologia*, 22:97-108.

Gómez-Casero, M. T., Galán, C. & Domínguez-Vilches, E. (2007). *Flowering phenology of Mediterranean Quercus sp. in different locations (Córdoba, SW Iberian Península). Acta Botánica Malacitana*, 32:127-146.

Heywood V., (1985). *Las plantas con flores*. Editorial Reverté S. A., Barcelona.

Hidalgo, P. J., Galán, C., & Domínguez, E. (2003). *Male phenology of the genus Cupressus: correlation with airborne pollen. Trees Structure and Function*, 17: 336-344.

Hirst, J. M. (1952). *An automatic volumetric spore trap. Annals of Applied Biology*, 39(2), 257-265.

Jato, V., Rodríguez-Rajo, J., Seijo, M. C., Aira, M. J. (2009). *Poaceae pollen in Galicia (N. W. Spain): Characterisation and recent trends in atmospheric pollen season. International Journal of Biometeorology*, doi 10.1007/s00484-009-0220-9.

Kasprzyk, I. (2009). *Forecasting the start of Quercus pollen season using several methods. The evaluation of their efficiency. International Journal of Biometeorology*. 53(4), 345-353.

León-Ruiz, E., Alcázar, P., Domínguez-Vilches, E., Galán, C. (2011). *Study of Poaceae phenology in a Mediterranean climate. Which species contribute most to airborne pollen counts?. Aerobiologia*. 37-50.



Lieth, H. (1974). *Ecological studies 8. Phenology and seasonality modeling, in Ecological Studies*. Berlin: Springer-Verlag, New York: Heidelberg.

Mandrioli, P., & Ariatti, A. (2001). *Aerobiology: Future course of action*. *Aerobiología*, 17(1), 1-10.

Meier, U. (2001). Grow stages of mono and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. Berlin.

Menzel, A. (2000). *Trends in phenological phases in Europe between 1951-1996*. *International Journal of Biometeorology*, 44, 76-81.

Menzel, A., Fabian, P., (2001). *Climate change and the phenology of European trees and shrubs. Impacts of Climate Change on Wildlife*. R. Green, M. Harley, M. Spalding, and C. Zöckler, Eds., pp. 47-52, Cambridge RSPB on behalf of English Nature, WWF-UK, UNEP World Conservation Monitoring Centre and the Royal Society of the Protection of Birds.

Menzel, A. (2002). *Phenology: Its importance to the global change community. An editorial comment*. *Climatic Change*, 54, 379-385.

Orlandi, F., Ruga, L., Romano, B., & Fornaciari, M. (2005). *An integrated use of aerobiological and phenological data to analyse flowering in olive groves*. *Grana*, 44, 51-56.

Orshan, G. (1989). *Plant phenomorphological studies in Mediterranean type ecosystems*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Publisher.

Osborne, C. P., Chuine, I., Viner, D., Woodward, F. I., (2000). *Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean*. *Plant, Cell and Environment*, vol 23, no. 7, pp. 701-710, 2000.

Pérez, C. F., Gassmann, M. I., & Covi, M. (2009). *An evaluation of the airborne pollen-precipitation relationship with the superposed epoch method*. *Aerobiologia*, 25(4), 313-320.

Prieto-Baena, J. C., Hidalgo, P. J., Domínguez, E., & Galán, C. (2003). *Pollen production in the Poaceae family*. *Grana*, 42(3), 153-159.

Rathcke, B., & Lacey, E. (1985). *Phenological patterns of terrestrial plants*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16, 179-214.

Recio, M., Docampo, S., García-Sánchez, J., Trigo, M. M., Melgar, M., & Cabezudo, B. (2010). *Influence of temperature, rainfall and wind trends on grass pollination in Malaga (western Mediterranean coast)*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(7), 931-940.

Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA). (2016). Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía.

Roetzer, T., Wittenzeller, M., Haeckel, H., & Nekovar, J. (2000). *Phenology in central Europe –Differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas*. *International Journal of Biometeorology*, 49(6), 335-362.

Sánchez-Mesa, J. A., Galán, C., & Hervás, C. (2005). *The use of discriminant analysis and neural networks to forecast the severity of the Poaceae pollen season in a region with a typical Mediterranean climate*. *International Journal of Biometeorology*, 49(6), 335-362.

Sánchez-Mesa, J. A., Smith, M., Emberlin, J., Allit, U., Caulton, E., & Galán, C. (2003). *Characteristics of grass pollen seasons in areas of southern Spain and the United Kingdom*. *Aerobiologia*, 19(3-4), 243-250.

Schwartz, M. D. (1999). *Advancing to full bloom: Planning phenological research for 21<sup>st</sup> century*. *International Journal of Biometeorology*, 42, 113-118.

Schwartz, M. D. (2003). Introduction. In M. D. Schwartz (Ed.), *Phenology: An integrative environmental science* (pp.1-5). Dordrecht: Springer.

Silva-Palacios, I., Tormo-Molina, R., & Muñoz-Rodríguez, A. F. (2000). *Influence of wind direction on pollen concentrations in the atmosphere. International Journal of Biometeorology*, 44(3), 128-133.

Spano D., Cesaraccio C., Zinder R. L. (1999). *Phenological stages of natural species and their uses as climate indicators. International Journal of Biometeorology*, 42: 124-133.

Smith, M., & Emberlin, J. (2006). *A 30-day-ahead forecast model for grass pollen in north London, United Kingdom. International Journal of Biometeorology*, 50(4), 233-242.

Tormo, R., Silva, I., Gonzalo, A., Moreno, A., Pérez, R., Fernández, S. (2011). *Phenological records as a complement to aerobiological data. International Journal of Biometeorology*. 55: 51-65. DOI 10.1007/s00484-010-0308-2.

Koznarová, V., Sulovská, S., Riohterová, D., Hájková, L. (2011). *Evaluation of Poaceae allergens phenological onsets in dependence on weather conditions within the period 1991-2010. Bioclimate: Source and Limit of Social Development International Scientific Conference, 6<sup>th</sup> – 9<sup>th</sup> September 2011, Topolcianky, Slovakia.*

Walther, G. R. (2010). *Community and ecosystem responses to recent climate change. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.* 365, 2019-2024.

Watson L., Dallwitz M. J., (1992) onwards. *The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution and references.* Version: 28<sup>th</sup> November 2005. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/delta/grass/index.htm>.