



## **FACULTAD DE FARMACIA**

Grado en Farmacia

# **Estudio aerobiológico del polen de Amaranthaceae/Chenopodiaceae en España**

Memoria de Trabajo Fin de Grado

Sant Joan d'Alacant

Diciembre 2020

**Autor: ANDRES CABRERA FLORES**

Modalidad: Experimental

Tutor/es: Montserrat Varea Morcillo



## RESUMEN

En los últimos años se ha señalado al polen de Amarantáceas/Quenopodiáceas como un potente aeroalérgeno debido al aumento de incidencia del número de casos a este tipo de polinosis.

El cambio climático está provocando que se extiendan las zonas caracterizadas por presentar gran aridez a lo largo de toda España, lo que proporciona a estas plantas una ventaja para poder dispersarse y crecer sobre estos terrenos.

El seguimiento y análisis de las concentraciones polínicas de Amarantáceas/Quenopodiáceas en el territorio español abren el camino a la posibilidad de nuevas investigaciones que traten de pronosticar con una mayor precisión la incidencia de este polen, previniendo los síntomas típicos de esta polinosis y mejorando la calidad de vida de los pacientes sensibilizados a este tipo polínico.

**Palabras clave:** Polinosis, Amarantáceas, SEAIC, valor polínico, riesgo de exposición.

**Código de Investigación Responsable (COIR):** TFG.AUT.DFA.MVM.02.20

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	11
3. MATERIAL Y METODOS.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	16
4.1. Periodo de polinización principal.....	17
4.2. Índice polínico anual .....	17
4.3. Concentración pico .....	21
4.4. Evaluación del riesgo de exposición de la población alérgica <sup>22</sup>	
5. CONCLUSIONES.....	27
6. BIBLIOGRAFIA.....	27

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista aerobiológico, las familias botánicas de Chenopodiaceae y Amaranthaceae comparten el mismo tipo polínico, siendo muy difícil su diferenciación al microscopio óptico. Así, la concentración polínica de estas familias se da conjuntamente y asociadas a Amaranthaceae/Chenopodiaceae, como un único taxón [1]. Dicho esto, con el fin de facilitar la lectura de esta memoria, a partir de este momento nos referiremos a ellas como Amarantáceas.

El polen de Amarantáceas, con el transcurso de los años se ha convertido en uno de los desencadenantes de polinosis más frecuente en España. En gran medida, esto se debe a los cambios climáticos y ambientales, que principalmente han derivado en un descenso de las precipitaciones con un progresivo aumento de las zonas áridas, las cuales han sido rápidamente colonizadas por estas especies, aumentando el riesgo de sensibilización a estos pólenes [2-4].

Las Amarantáceas están compuestas por más de 180 géneros y más de 2500 especies diferentes, 85 de ellas en la Península Ibérica, que en general son plantas herbáceas o arbustivas y perennes. El crecimiento de estas especies se adapta perfectamente a suelos salados y ambientes áridos, de los cuales se extraen altas concentraciones de nitrógeno y otros compuestos, como carbonatos y silicatos [5]. Su principal mecanismo de polinización es anemófilo, es decir, a través del movimiento del viento. Estos hechos, junto a su gran capacidad de producir semillas, explican que la mayoría de sus especies sean consideradas invasoras [6]. Además, poseen una alta capacidad de adaptabilidad ante situaciones climatológicas adversas, lo que explica su cada vez más creciente expansión por todo el territorio peninsular, llegando a provocar un gran problema, tanto a nivel agrícola como botánico, llegando a competir con la vegetación autóctona por nutrientes, lo que ha generado grandes pérdidas económicas y de biodiversidad [7].

El polen de Amarantáceas fue puesto en duda como un destacado productor de polinosis debido a las bajas concentraciones que alcanzaba en la atmósfera. Sin embargo, en las últimas décadas, varios estudios han reflejado que, incluso a bajas concentraciones, alrededor del 40% de los individuos alérgicos, con síntomas nasales y conjuntivitis al final del verano, eran alérgicos a estos pólenes [8]. En España, estos pólenes, junto con el olivo y las gramíneas, es una de las principales causas de polinosis [9]. Dentro de las Amarantáceas, las especies que mayor incidencia polínica en España son, el cenizo (*Salsola kali*) y el cardo ruso (*Chenopodium álbum*) (Figura 1). En general, el *Chenopodium álbum* muestra una mayor incidencia en países con áreas desérticas [9-13], con valores mayores que los de ácaros [14]. Mientras que *Salola Kali*, debido a su abundancia en suelos secos, constituye la principal causa de polinosis, en países del norte de África, de la costa mediterránea o al noroeste de EEUU [14- 17].



Figura 1. Imagen de las especies de mayor incidencia polínica en España, *Salsola kali* (arriba) y *Chenopodium álbum* (abajo).

La Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica (SEAC) con el fin de potenciar la investigación en el área de la aerobiología y de la polinosis cuenta con una amplia red de estaciones polínicas distribuidas por toda España. Las 44 estaciones polínicas de las que dispone actualmente, cuentan con captadores volumétricos y equipos técnicos formado para llevar a cabo el seguimiento de los distintos tipos polínicos [18].

La captación del polen se realiza con captadores volumétricos tipo Hirst que permiten la recogida de partículas de diámetro entre 1-100  $\mu\text{m}$ . estos sistemas muestrean en continuo durante 7 días y funcionan con un caudal de succión de 10 litros de aire por minuto, similar al volumen de inhalación del pulmón humano [19]. Las partículas atmosféricas quedan adheridas en una película transparente cubierta con vaselina (Figura 2a). Posteriormente, la película se tiñe con fucsina que tras su análisis al microscopio óptico permite realizar el

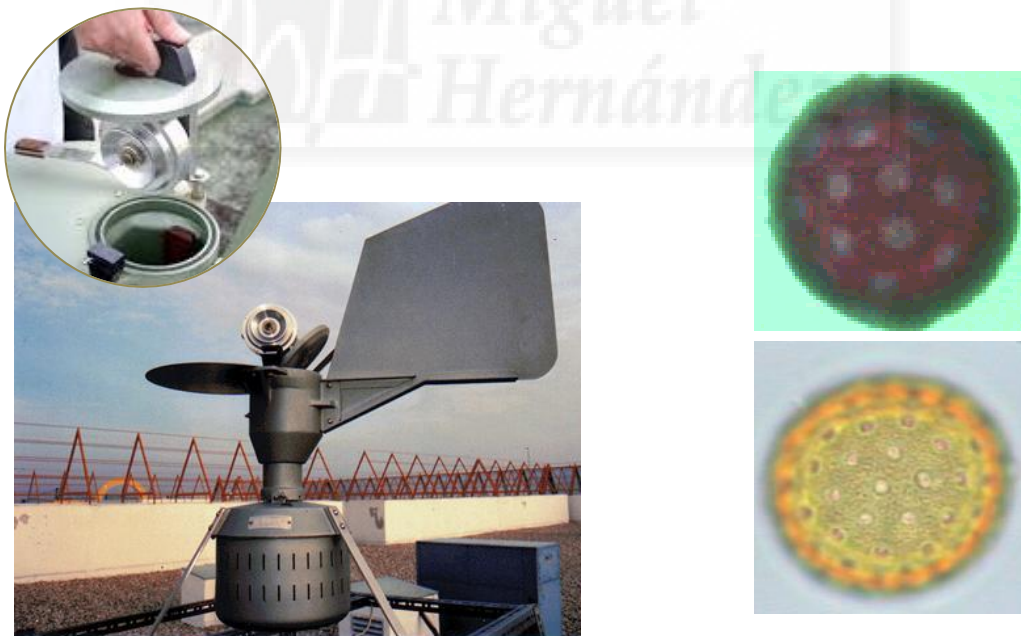


Figura 2. a) Imagen de captador Hirst con la toma de muestras abierta, con su imagen ampliada en la parte superior. b) Imágenes de granos de polen, arriba *Salsola kali* y abajo *Chenopodium album*, con distinta tinción y observados al microscopio óptico.

recuento polínico diario de los diferentes tipos de polen (Figura 2b), expresados en número de granos de polen/m<sup>3</sup>. Así, los recuentos polínicos representan las concentraciones de los distintos pólenes en el aire.

En las Amarantáceas, sus pólenes son esféricos con un diámetro de 30 µm y su superficie es similar a una “pelota de golf”. En la figura 3, se muestra la imagen de algunos pólenes observados al microscopio electrónico de barrido, capaz de diferenciar entre especies [20]. Si dicha imagen se compara con las imágenes al microscopio óptico (Figura 2b), a través del cual sólo se distinguen poros distribuidos por toda la superficie de manera regular, es entendible que desde un punto de vista aerobiológico las familias botánicas de Chenopodiaceae y Amaranthaceae sean asociadas a un único taxón polínico, que en esta memoria se ha resumido en Amarantáceas.

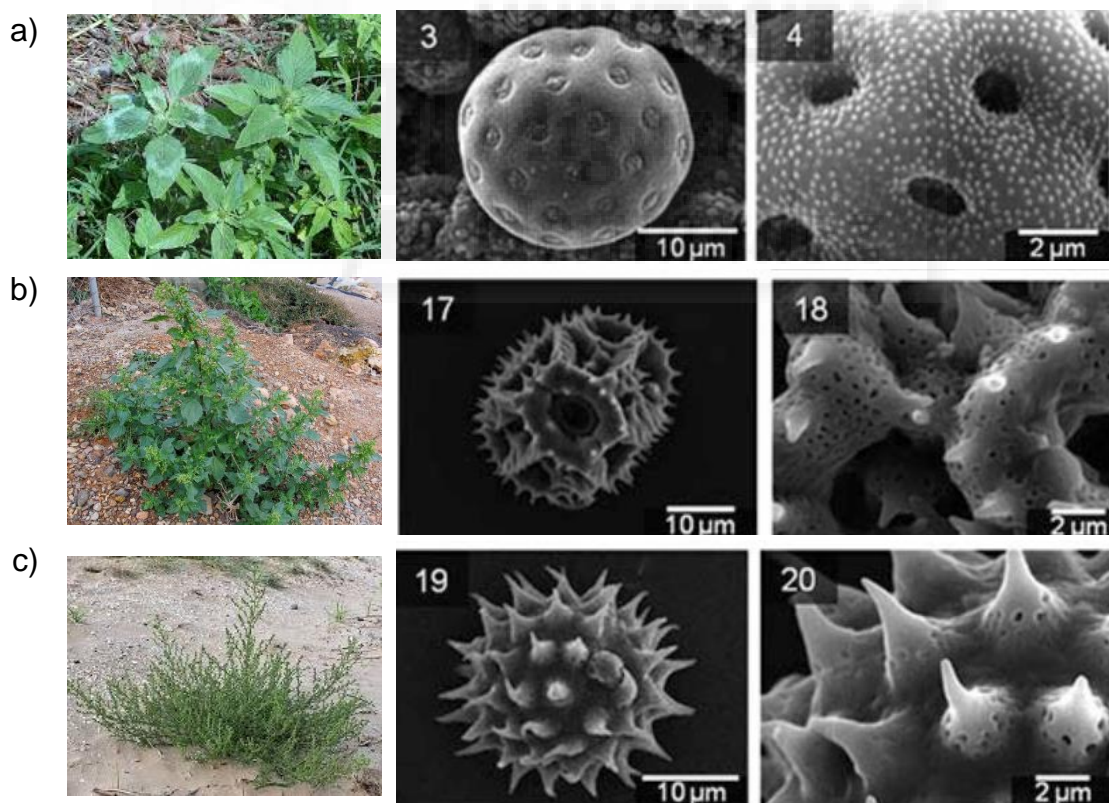


Figura 3. Especies de Amarantáceas a) *Amaranthus retroflexus*, b) *Chenopodium murale* c) *Salsola ibérica*. Imágenes de cada especie, su grano de polen y de la superficie de la exina, estas últimas tomadas mediante microscopio electrónico de barrido (x10000).



Los recuentos polínicos de un gran número de taxones, entre ellos Amarantáceas están disponibles, desde 1995, a través de la página web [www.polenes.com](http://www.polenes.com) o la propia web de la SEAIC. Esta información es totalmente gratuita y es accesible, sin restricciones, para todas aquellas personas interesadas (profesionales o pacientes) siempre que su utilización no sea para fines comerciales.

Los recuentos polínicos, de momento, siguen siendo una herramienta imprescindible para los alergólogos tanto para la investigación, el diagnóstico y el tratamiento de la población alérgica, aunque es difícil establecer una correlación entre los recuentos polínicos y la intensidad de los síntomas en la población alérgica [9]. Esto se debe a que la gravedad de los síntomas varía de un individuo a otro, ya que el umbral de respuesta a niveles polínicos puede verse afectado por la presencia de sensibilizaciones a varios pólenes que florezcan simultáneamente o/y estar expuesto a otros factores, como por ejemplo la contaminación atmosférica, que pueden incrementar la exposición a los pólenes [21]. Además, se ha observado que el umbral de respuesta tanto nasal como bronquial va disminuyendo a lo largo de la MPS (*priming*) [22]. Por tanto, la utilidad de estos recuentos como información diaria para la población alérgica durante el período de polinosis, es menor y, en gran medida, depende de su correcta interpretación [23,24].

La SEAIC, con el objetivo de que cada individuo pueda aprender a reconocer cuál es su cifra umbral de reactivación y, en consecuencia, a interpretar con mayor facilidad la información polínica disponible, en su web establece valores orientativos para los umbrales de riesgo de los principales taxones alergénicos en España. En el caso concreto de Amarantáceas, los valores umbral indicados según el riesgo de exposición son: <10 granos/m<sup>3</sup> para Bajo, de 10-20 granos/m<sup>3</sup> para Medio o Moderado, y >20 granos/m<sup>3</sup> para un riesgo Alto [18]. Estos valores permiten que cada individuo pueda saber cuándo debe iniciar o finalizar su tratamiento sintomático y, así, conseguir un mejor control para su enfermedad.

## 2. OBJETIVOS

Las Amaranáceas es uno de los principales taxones asociado a la polinosis, de forma agresiva y en muy bajas concentraciones, y que va aumentando paulatinamente reflejo del cambio climático global. En general, sus especies son consideradas malezas, y de carácter invasivo, con gran capacidad de adaptabilidad a condiciones adversas.

Así, como objetivo principal de este trabajo, se plantea realizar el estudio aerobiológico de Amaranáceas en el territorio español durante los últimos 11 años, y como objetivos secundarios:

- Evaluar la concentración polínica de Amaranáceas en todo el territorio español, en función de los niveles anuales y máximos diarios registrados.
- Diferenciar las zonas territoriales con mayores niveles polínicos de Amaranáceas.
- Estimar el riesgo de exposición a Amaranáceas que presenta la población alérgica, de sufrir síntomas relacionados con la polinosis, en función de la zona de residencia.

### 3. MATERIAL Y METODOS

En este estudio se consideran los datos polínicos de Amarantáceas durante los últimos años, de 2009 a 2019, en 23 estaciones de la red que la Sociedad Española de Alergia e Inmunología Clínica tiene distribuida por toda España (Figura 4). Las concentraciones polínicas de Amarantáceas, expresadas en granos de polen/m<sup>3</sup>, se obtienen de la web de la SEAIC.

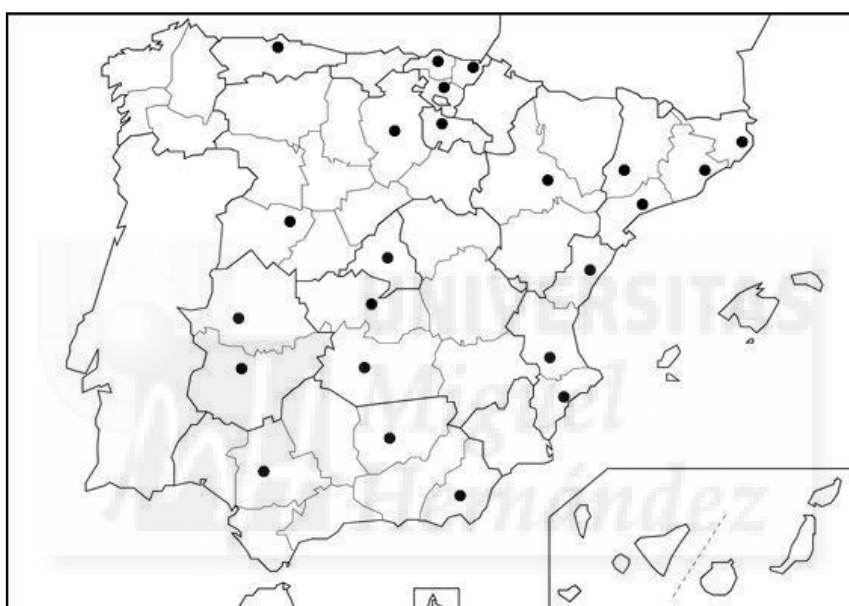


Figura 4. Ubicación de las estaciones utilizadas para obtener los recuentos polínicos de Amarantáceas en España.

La SEAIC dispone de una amplia red de estaciones distribuidas por toda España, sin embargo, no todas están operativas desde la misma fecha, ni todas disponen de datos polínicos de forma continuada en el tiempo. Por tanto, en primer lugar, se realizó una selección de las estaciones a considerar para alcanzar los objetivos propuestos para este estudio. Para ello, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y/o exclusión:

- Una estación polínica por provincia.
- Un mínimo de 8 años con datos polínicos disponibles
- Cada año debería disponer de al menos el 75% de los datos polínicos.

Para la selección de las estaciones fue necesario consultar individualmente cada una de las 44 estaciones polínicas que componen la red de la SEAIC y para cada uno de los 11 años incluidos en el estudio. Además, los recuentos polínicos en la web se muestran sólo en forma gráfica, no siendo posible realizar una descarga directa de los mismos y, por tanto, hizo falta realizar manualmente la recopilación de los datos.

A continuación, a modo de ejemplo, se muestra el procedimiento que se siguió para la recopilación de los datos:

1. Seleccionar la estación a consultar (disponibles 44).
2. Seleccionar el taxón polínico a consultar (disponibles 22). En este caso, se seleccionó el taxón en el que se centra el estudio, Amarantáceas.
3. Seleccionar el periodo de tiempo a consultar. En este punto existen varias opciones, como: “acceso rápido” para consultar los datos más recientes (último mes, dos meses, etc.), o bien, “búsqueda de fechas” para consultar cualquier otro periodo de interés (no reflejado en la opción anterior). En este caso se consulta cada año, es decir, del 1 de enero al 31 de diciembre.
4. En forma gráfica se muestran los datos polínicos correspondientes al periodo indicado, bien como la variabilidad de los recuentos polínicos diarios a lo largo del año o como la evolución de los recuentos polínicos anuales a lo largo del periodo de tiempo que se dispone datos en la web (para dicho taxón y dicha estación). La consulta de los datos polínicos correspondientes se realiza colocando el cursor encima de cualquier punto/barra del gráfico (Figura 5).

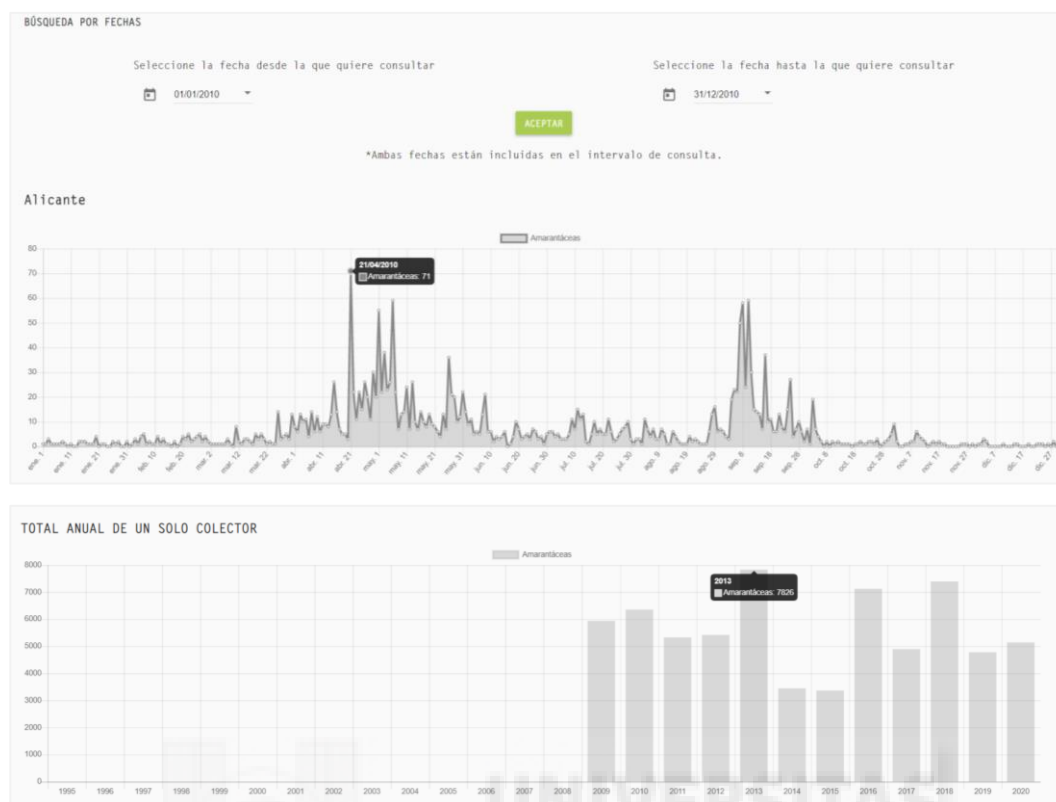


Figura 5. Representación gráfica de la variación del recuento polínico diario de Amarantáceas durante 2010 en Alicante (arriba) y la evolución de los recuentos polínicos anuales en Alicante desde 2009 a 2020 (abajo), tal como se muestran en la página web de la SEAIC.

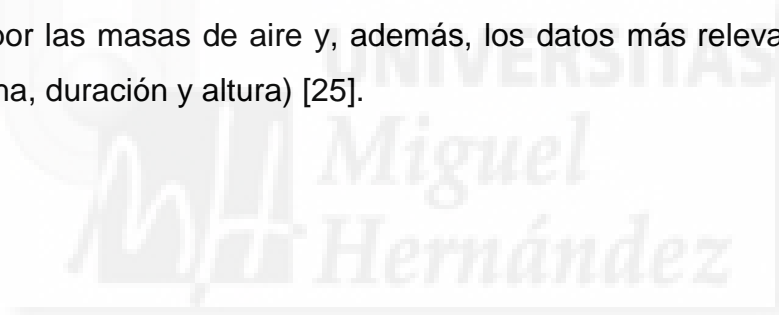
A partir, de los datos consultados y disponibles en la web, se determinan los siguientes parámetros polínicos:

- Índice polínico anual (API, del inglés *Annual Pollen Index*), como la suma de los recuentos polínicos diarios registrados a lo largo del año.
- Concentración pico (CP, del inglés *Peak Concentration*), como la máxima concentración diaria, de Amarantáceas, registrada al año.
- Periodo de polinización principal (MPS, del inglés *Main Pollen Seasons*), que representa el periodo en el que se recoge el 95% del índice polínico anual, eliminando el 2,5% inicial y final del periodo. En este caso, al no disponerse

de los datos diarios directamente, se ha realizado de forma aproximada observado las representaciones gráficas.

- Concentración diaria promedio anual, valor medio de los recuentos polínicos diarios registrados en un año, que también se observó de forma gráfica y, por tanto, se trata de datos aproximados.

Los parámetros polínicos se recopilaron en una base de datos diseñada con el fin de alcanzar los objetivos previstos. Para ello se utilizó Microsoft Excell versión Windows 10. Además, se utilizó el modelo HYSPLIT para observar el transporte de polen entre diferentes zonas, mediante la simulación de las masas de aire, desde el punto de interés “hacia atrás” (retrotrayectoria) para determinar el posible origen del polen. Las simulaciones resultantes muestran la altura alcanzada por las masas de aire y, además, los datos más relevantes para su cálculo (fecha, duración y altura) [25].



#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores promedios de los principales parámetros polínicos de Amarantáceas, durante el periodo 2009 – 2019, de las 23 estaciones que abarcan todo el territorio español, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Valores promedios de los principales parámetros polínicos de Amarantáceas en España (2009-2019).

C.C.A.A.	Estación	MPS (periodo)	API (granos/m <sup>3</sup> )	PC (granos/m <sup>3</sup> )
<i>Asturias</i>	Oviedo	junio-octubre	57	5
<i>País Vasco</i>	Vitoria D.S. - G.V	mayo –octubre	280	27
	S. Sebastián D.S. - G.V	mayo –octubre	168	18
	Bilbao D.S. - G.V.	mayo –octubre	127	10
<i>La Rioja</i>	Logroño	mayo –octubre	847	45
<i>Castilla y León</i>	Salamanca	junio- octubre	190	19
	Burgos	mayo - octubre	149	15
<i>Aragón</i>	Zaragoza	mayo – octubre	1539	48
<i>Cataluña</i>	Lérida	mayo – octubre	5623	346
	Tarragona	abril - noviembre	379	24
	Barcelona	abril – noviembre	365	15
	Gerona	mayo -noviembre	315	23
<i>C. Madrid</i>	Madrid- CS	mayo –octubre	300	14
<i>Extremadura</i>	Badajoz	abril - octubre	237	17
	Cáceres	mayo - octubre	71	7
<i>Castilla La Mancha</i>	Toledo	mayo –octubre	800	30
	Ciudad Real	mayo –octubre	519	22
<i>C. Valenciana</i>	Alicante	marzo –octubre	1607	68
	Játiva	abril –octubre	747	25
	Castellón de la Plana	abril –octubre	456	18
<i>Andalucía</i>	Almería	marzo –octubre	821	43
	Jaén Hospital	abril –octubre	608	39
	Sevilla – HM	abril –octubre	484	24

A continuación, se explican los resultados y sus discusiones, reflejados en diferentes puntos para cada uno de los parámetros polínicos recogidos en la Tabla 1.

#### **4.1. Periodo de polinización principal**

El periodo de polinización principal (MPS) de Amarantáceas en España se da durante la mitad del año, generalmente, de mayo a octubre. Las estaciones ubicadas al Noroeste (Oviedo y Salamanca) que registraron una duración inferior, ya que retrasaron su comienzo al mes de junio. Mientras que, por el contrario, las temporadas más largas se dieron en las estaciones de la vertiente mediterránea, observándose que las más meridionales (Alicante y Almería) adelantaron su comienzo al mes de marzo, mientras que la parte más septentrional no sólo se adelantaron al mes de abril, sino que, también, se extendieron hacia el mes de noviembre (Tabla 1). Asimismo, las estaciones de la vertiente del Guadalquivir, junto a Badajoz, también mostraron una MPS más larga, adelantando su comienzo hacia el mes de abril.

En general, la mayor duración de la MPS podría deberse a un adelanto de la temporada de liberación de polen hacia las áreas más meridionales de España, como valle del Guadalquivir y la vertiente sur mediterránea. Esto podría deberse a la diferencia de temperaturas medias anuales, de unos 4°C, entre las zonas del norte y las del sur, siendo estos últimos cada vez más áridos y sus temperaturas se van incrementando gradualmente a lo largo del tiempo debido a los cambios climáticos [26]. Resultados similares se obtuvieron con el polen del olivo, observándose que en las zonas a menor latitud la temporada de polinización comenzaba antes [27].

#### **4.2. Índice polínico anual**

En general, durante el periodo de estudio en España, los índices polínicos anuales medios presenta niveles medios superiores a 300 granos/m<sup>3</sup> a excepción de las estaciones ubicadas en el noroeste peninsular (País Vasco, Extremadura, Castilla y León, y Asturias). La estación de Lérida es la que



presenta un mayor índice anual, con 5623 granos/m<sup>3</sup>, seguida, aunque muy de lejos, por las estaciones de Alicante (1607) y Zaragoza (1539). Con valores de aproximadamente 1000-500 gn/m<sup>3</sup>, se encuentran las estaciones de Logroño, Almería, Toledo, Játiva, Jaén, Ciudad Real, Sevilla y Castellón. Mientras que el resto de las estaciones catalanas, junto a la estación de Vitoria, alcanzan valores de alrededor los 300 gn/m<sup>3</sup> anuales (Tabla 1).

Los mayores API registrados en la zona más septentrional, se corresponden con las estaciones ubicadas en el valle del Ebro. Esto podría deberse al transporte de polen de Amarantáceas por los vientos cálidos y húmedos del suroeste desde Lérida hacia el interior [28] (Figura 6).

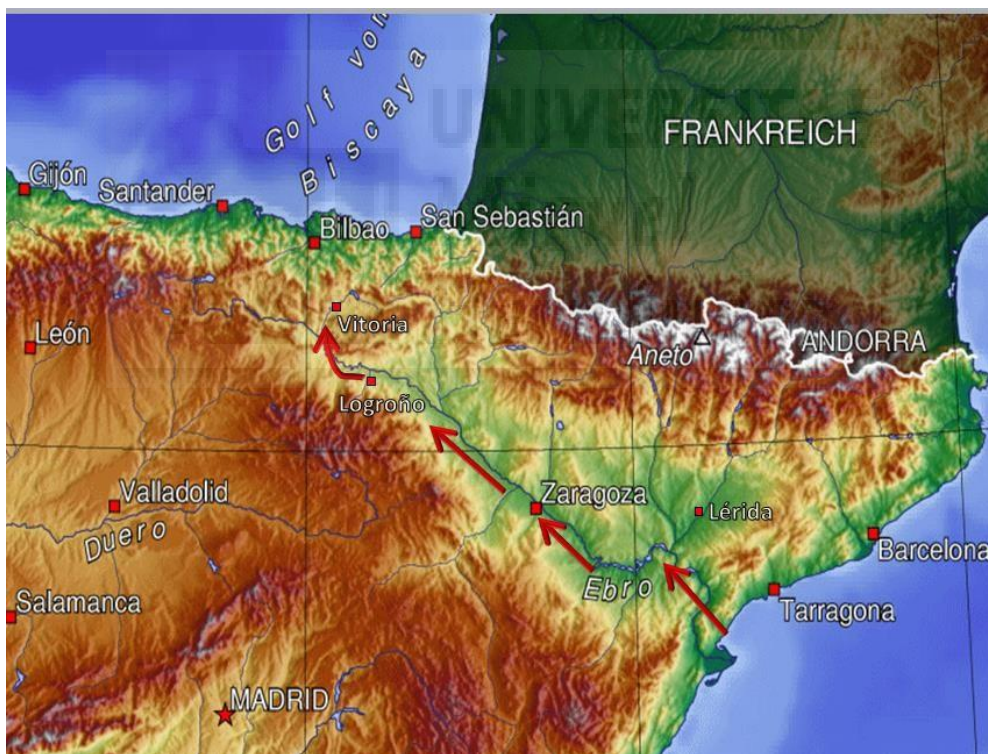


Figura 6. Imagen que muestra la forma de “herradura montañosa” del valle del Ebro.

El aumento de las concentraciones de Amarantáceas en las estaciones del valle del Ebro, habría alcanzado la estación de Vitoria, como reflejan los altos niveles alcanzados (280 gn/m<sup>3</sup>) que llegan a duplicar y triplicar los valores registrados en el resto de las estaciones del País Vasco. El polen de amarantáceas, arrastrado desde Lérida, llegaría a Vitoria a través del río Zadorra, afluente del Ebro, cuando los vientos fueran favorables, no alcanzándose niveles tan elevados como en Logroño ya que la situación sólo sería propicia en ocasiones puntuales [28] [29] (Figura 7).

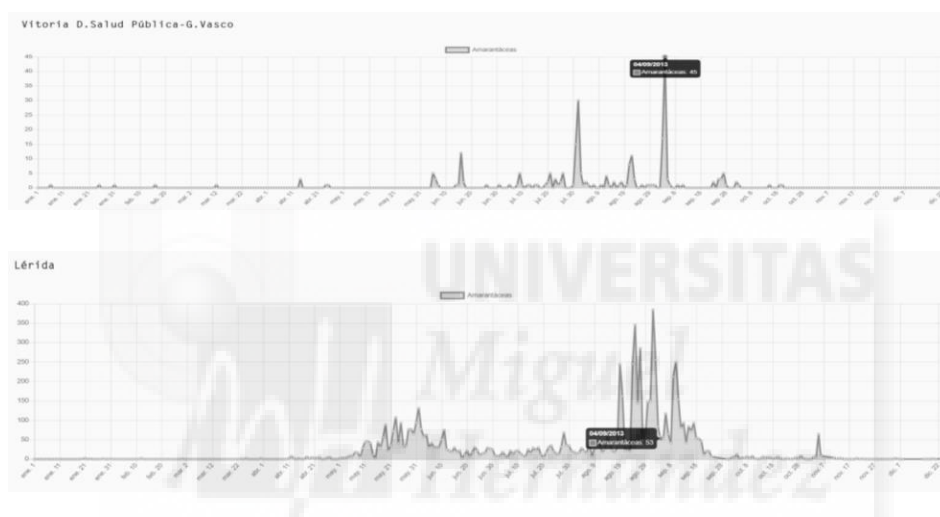


Figura 7. Recuentos polínicos de Amarantáceas de las estaciones de Vitoria y Lérida en 2013, y niveles registrados el día 4 de septiembre.

Además, en la figura 8, a modo de ejemplo, se muestra la retrotrayectoria del 4 de septiembre de 2013 en Vitoria. En ella se puede observar que la concentración pico registrada ese día posiblemente se deba al ascenso por el valle del Ebro de una masa de aire procedente desde Lérida y con llegada a Vitoria a 500 m de altura.

Igualmente, por proximidad, sería esperable una mayor influencia de los niveles de Amarantáceas registrados en Lérida sobre los niveles alcanzados en el resto de las estaciones catalanas. Sin embargo, debido a la cordillera pleitoral

catalana que junto con los Pirineos, los Montes Vascos y el Sistema Ibérico flanquean la cuenca del Ebro evitan el transporte de dicho polen hacia la costa, ver figura 6.

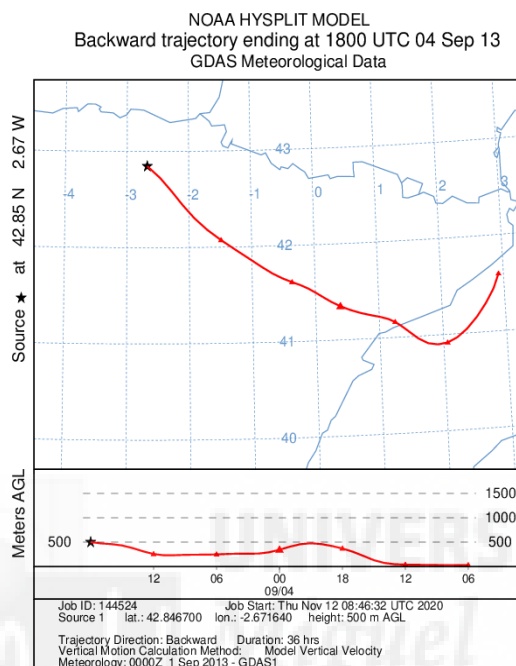


Figura 8. Retrotrayectoria de la estación de Vitoria el 4 de septiembre de 2013 a 500 m, simulada mediante HYSPLIT.

Los índices polínicos anuales registrados estarían relacionados con diferentes zonas de España, que se podrían englobar de la siguiente manera: España “seca”, “semidesértica” y “húmeda” [30]. A latitudes más altas, las zonas norte y noroeste, sería la “España lluviosa” con precipitaciones abundantes y de forma regular y, en general, temperaturas más bajas. Estas características climatológicas desfavorecen el crecimiento de Amarantáceas, ya que al ser plantas xerofitas no se adaptan bien a estos climas y, en consecuencia, los recuentos polínicos, como se ha visto, son bajos [7]. Por el contrario, a latitudes bajas, las zonas del centro-sur peninsular, sería la “España seca”, donde anualmente se observa un clima árido, con altas temperaturas y bajas precipitaciones, alcanzando el umbral de aridez de  $200 \text{ mm/m}^3$  en

determinados puntos [26], favorecerían el desarrollo de las plantas de estas especies [8] y los recuentos polínicos moderados. Dichas características climáticas, pero más acusadas, también se dan en la “España semidesértica” que se correspondería con la zona más meridional de la vertiente mediterránea. Esta zona, al igual que el resto de la vertiente poseen suelos salinos [31], con poca capacidad de retención hídrica y gran cantidad de sales (especialmente carbonatos, nitrógeno, fósforo y potasio) lo que los convierte en muy propicios para el desarrollo de Amarantáceas [7] [8] y, en consecuencia, unos recuentos polínicos de altos a más moderados hacia las estaciones de mayor latitud.

#### **4.3. Concentración pico**

La concentración máxima diaria, los valores promedios registrados durante el periodo de estudio fueron bajos en general, superando los 10 granos/m<sup>3</sup>, excepto en las estaciones de Cáceres y Oviedo. Nuevamente, las CP más altas se registraron en el valle del Ebro y en la parte más meridional de la vertiente mediterránea (Tabla 1).

La estación de Lérida, nuevamente, registro el máximo valor, llegando a alcanzar una concentración media de 346 granos/m<sup>3</sup> para el periodo 2009- 2019. Dicho valor llega aproximadamente a septuplicar los valores registrados en las estaciones de Zaragoza y Logroño, y es unas trece veces superior al registrado en Vitoria. Observándose nuevamente la influencia de las concentraciones registradas en Lérida sobre el resto de estaciones, ya que las concentraciones pico registradas van disminuyendo a mayor distancia desde la fuente, ver tabla1.

Respecto a la vertiente mediterránea, los valores medios más altos se alcanzaron nuevamente en la zona más meridional, como Almería, que alcanzo una concentración media de 43 granos/m<sup>3</sup>, o Alicante, con 68 granos/m<sup>3</sup>, que fue, nuevamente, el máximo valor alcanzado en toda la zona sur peninsular. En el resto de estaciones de la vertiente, la concentración pico alcanzó un valor

medio de alrededor de 20 granos/m<sup>3</sup>, nivel similar al que se en las estaciones de la zona centro-sur peninsular. Observándose nuevamente la influencia de las características climatológicas de la zona sobre el crecimiento de estas plantas. Ya que a mayor adversidad del clima y del suelo más se favorece el desarrollo de las especies que conforman la familia de las Amarantáceas.

#### **4.4. Evaluación del riesgo de exposición de la población alérgica.**

Según los datos expuestos y discutidos, en los apartados anteriores, la región del valle del Ebro y la vertiente sur mediterránea, son las regiones que mayores niveles polínicos tanto a nivel anual como pico registran y, en consecuencia, serían las zonas de mayor riesgo de exposición para la población alérgica a Amarantáceas. En estas regiones se registraron valores anuales medios de > 800 granos/m<sup>3</sup>, pero sólo las estaciones con los valores máximos, como Lérida, Zaragoza y Alicante, llegaron a registrar concentraciones medias diarias de 10 granos/m<sup>3</sup>, valor umbral indicativo de un riesgo de exposición moderado, siendo solo la estación de Lérida la que llevo alcanzar valores medios diarios de riesgo alto (>20 granos/m<sup>3</sup>). El resto de estaciones del valle del Ebro y de la vertiente mediterránea y del centro-sur peninsular, que alcanzaron niveles medios anuales moderados, sólo alcanzaron niveles diarios >10 granos/m<sup>3</sup> de forma puntual.

Dentro del periodo de polinización principal de Amarantáceas se registraron varios días, más o menos puntuales, con concentraciones más elevada, ver figura 7. Estas concentraciones estarían representadas por la concentración pico indicadas en la Tabla 1. Éstas alcanzan valores medios >10 granos/m<sup>3</sup> en

todas las estaciones, a excepción de Cáceres y Oviedo, alcanzándose los niveles de riesgo alto en el 62% de ellas.

De forma gráfica se representan dichos resultados, junto con la concentración media diaria (Figura 9). En esta representación se han excluido los valores correspondientes a la estación de Lérida (5623 y 346 granos/m<sup>3</sup>, de API y CP respectivamente, y 26 granos/m<sup>3</sup> de concentración media diaria), ya que son muy superiores a los valores registrados en el resto de estaciones.

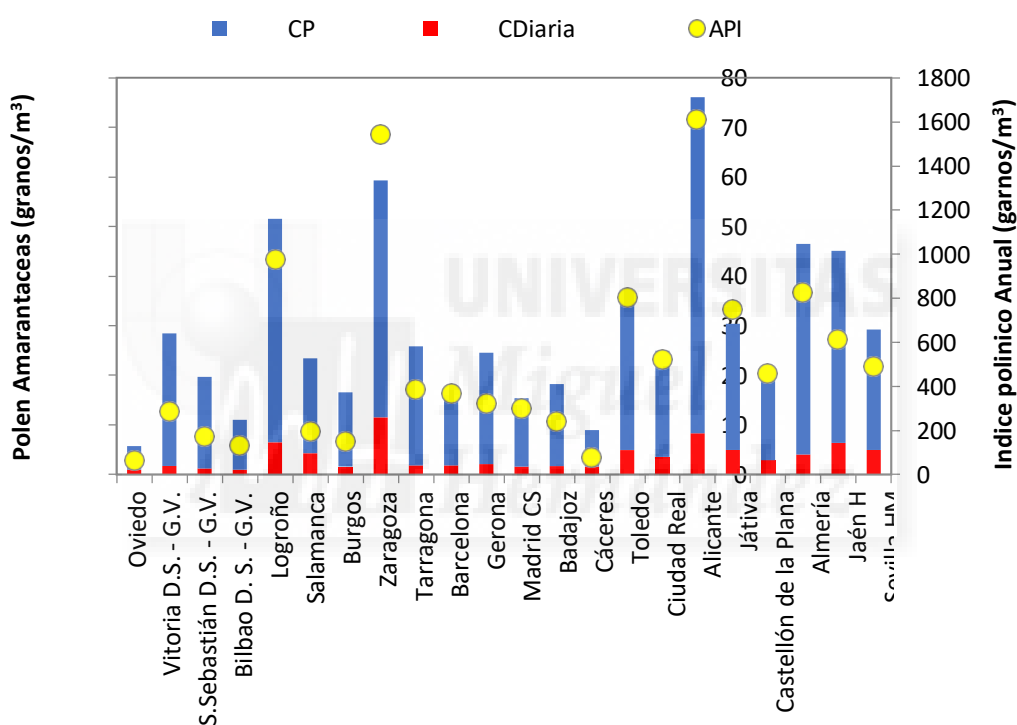


Figura 9. Parámetros polínicos promedios de cada estación, durante el periodo 2009-2019. Concentración pico y diaria en columnas apiladas y el índice polínico anual en puntos en el eje secundario.

En la figura 9, se observa que las estaciones del valle del Ebro (exceptuando Vitoria), vertiente mediterránea meridional y Toledo presentan altos valores medios de CP, mientras que sus valores de concentraciones medias son bajos.

Esto se debe a que las concentraciones de polen más elevadas se agrupan en cortos periodos de tiempo dentro de la MPS, los cuales se podrían asociar con un mayor riesgo de exposición de la población alérgica, mientras que el resto de la MPS sólo supondría un riesgo de moderado a bajo. A modo de ejemplo, en la figura 10, se muestran las concentraciones polínicas diarias de Amarantáceas durante el año 2015 en Alicante, donde se reflejan dos periodos: uno entre mediados del mes de abril y mediados del mes de mayo, y otro entre el mes de septiembre. El porcentaje de días que presentan un riesgo de exposición alto, es decir, con concentraciones polínicas  $> 20$  granos/m<sup>3</sup>, es de un 5% respecto a su MPS, mientras que el porcentaje de días que presentan un riesgo de exposición moderado (con concentraciones polínicas entre  $10 - 20$  granos/m<sup>3</sup>) es de un 9%. El resto de días presentan un riesgo de exposición bajo ( $< 10$  granos/m<sup>3</sup>).

Estos registros son suficientes para catalogar a Amarantáceas como el segundo taxón más alérgico en la zona por detrás del olivo [27].

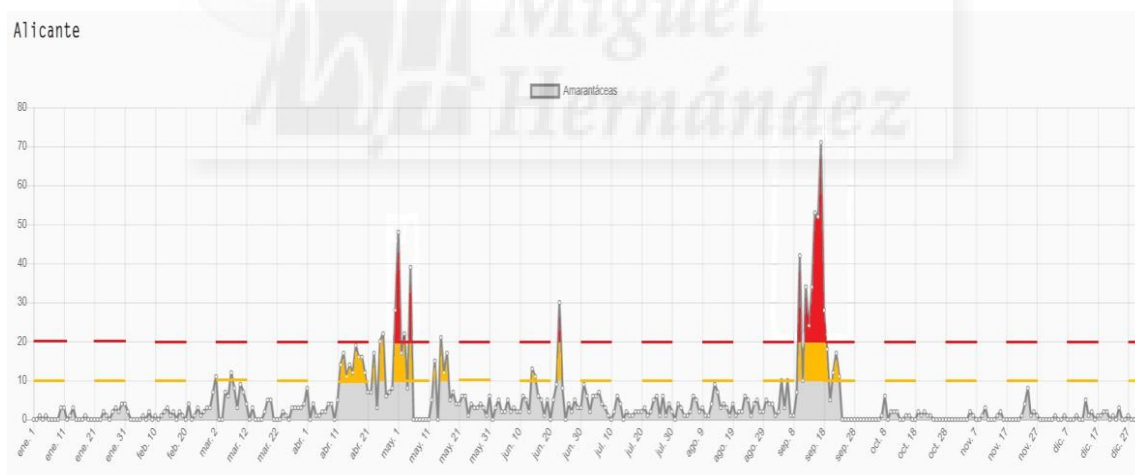


Figura 10. Distribución de las concentraciones diarias del polen de Amarantáceas en Alicante durante el año 2015. Se indican las concentraciones asociadas a un riesgo de exposición: alto (en rojo,  $> 20$  granos/m<sup>3</sup>), moderado (en naranja, entre  $10$  y  $20$  granos /m<sup>3</sup>) y bajo (en gris,  $< 10$  granos/m<sup>3</sup>).

Teniendo en cuenta que la información polínica, entre otras utilidades, se pone

a disposición de la población alérgica, a través de medios digitales, escritos, o visuales, para que puedan mejorar el control de su enfermedad y, por tanto, mejorar su calidad de vida durante la estación de polinización. La información obtenida con este trabajo podría ser facilitada a la población de forma gráfica, haciendo uso de un sistema semáforo similar al de la unión europea, salvo que en este caso no se han dividido en 3 clases, sino que se han determinado un total de 5 clases, basándonos en un sistema de identificación personalizado y configurado por colores que representa el riesgo de exposición a Amarantáceas en: ROJO como muy alto, NARANJA como alto, AMARILLO como moderado, mientras que el color verde y azul sería bajo y nulo, respectivamente (Figura 11).

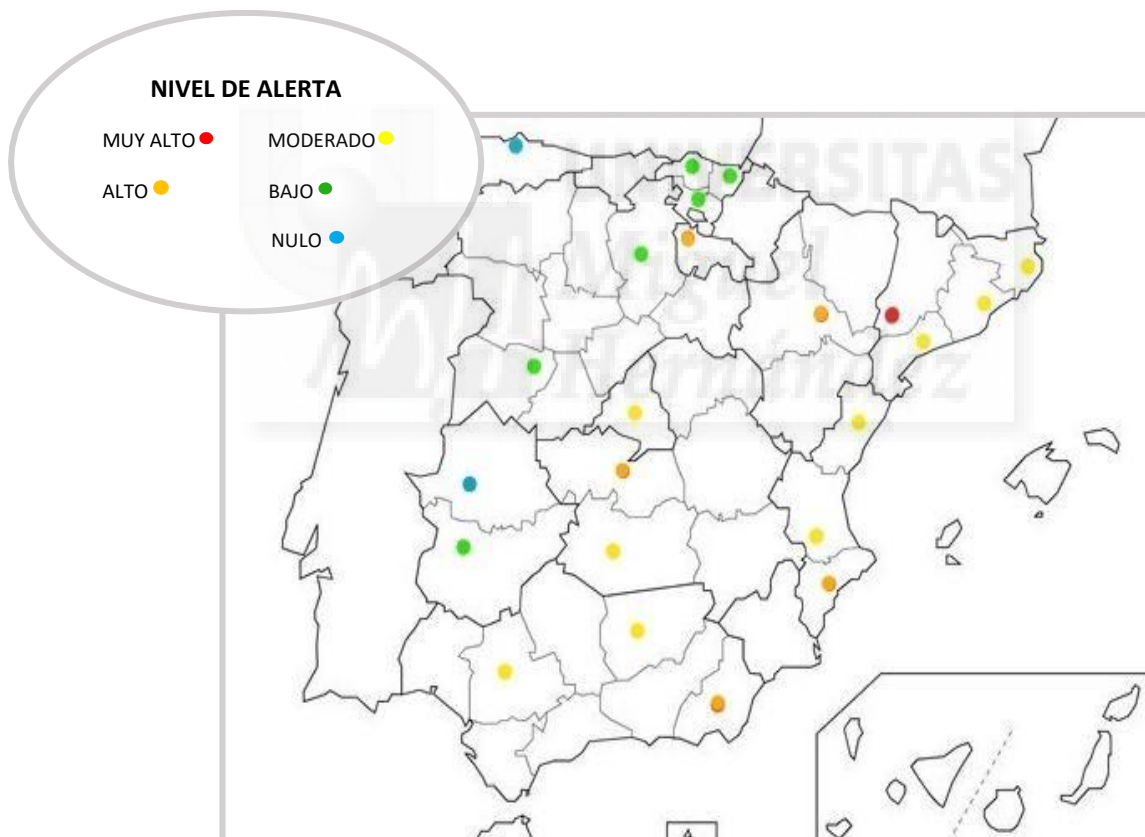


Figura 11. Riesgo de exposición a Amarantáceas, por colores, para las estaciones polínicas incluidas en este trabajo.



Con todo ello, se puede concluir que la polinosis a Amarantáceas en toda España, a excepción de la zona noroeste, alcanza niveles polínicos suficientes para asociarse a un nivel de riesgo de exposición de la población alérgica de moderado a alto. Este riesgo, por los datos climatológicos aportados tanto de temperaturas como de precipitaciones, los cuales visualizan el cambio climático que está sufriendo el planeta en los últimos años [30], tiende a aumentar considerablemente en todo el país, ya que se ha predicho un incremento de las zonas de desertización como consecuencia de la aridez y la escasez de precipitaciones del 22% del territorio nacional entre los años 2071 y 2100 (referencia estudio gob.es descargado), y con ello, la expansión de la familia de las Amarantáceas por toda la Península Ibérica, por lo que se recomienda realizar estudios más exhaustivos sobre esta familia para prevenir y proteger a los pacientes sensibilizados por esta polinosis.



## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo se pueden resumir en las siguientes conclusiones:

- Lérida, es la zona de la Península Ibérica con una mayor presencia de Amarantáceas, con valores polínicos muy superiores a los registrados en el resto de estaciones, los cuales representan un muy alto riesgo de exposición para la población alérgica.
- La vertiente mediterránea meridional, junto al valle del Ebro y Toledo, presentan un riesgo de exposición alto para los pacientes que presentan polinosis a Amarantáceas, puesto que estas zonas presentan diferentes uno/ varios periodos de tiempo durante los cuales la concentración polínica de estas plantas se concentra y alcanza valores polínicos altos.
- La vertiente mediterránea septentrional, el valle de Guadalquivir y centro peninsular presentan valores polínicos intermedios, por lo que se considera un nivel de riesgo moderado para las personas con polinosis a Amarantáceas.
- La parte norte y noroeste peninsular, junto a la comunidad autónoma de Extremadura, presentan un riesgo de exposición bajo a esta familia, ya que, en estas zonas, se registran concentraciones polínicas muy bajas, destacando a Cáceres y Oviedo, donde el riesgo de exposición se considera nulo debido a que presentan concentraciones polínicas mínimas.
- La escasez de precipitaciones previstas en los próximos años para toda la Península Ibérica, según el cambio climático, supondrá una mayor desertización y con ello una expansión de las Amarantáceas por toda España. Esto supondría un aumento del riesgo de exposición a esta especie de la población, que cada vez afectaría a una mayor extensión del territorio español.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Bremer B, Bremer K, Chase MW, Fay MF, Reveal JL, Soltis DE, et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot J Linn Soc.* 2009;161:105-21.
2. Gadermaier G, Hauser M, Ferreira F. Allergens of weed pollen: an overview on recombinant and natural molecules. *Methods.* 2014;66:55-66.
3. Perez-Badia R, Rapp A, Morales C, Sardinero S, Galan C, Garcia-Mozo H. Pollen spectrum and risk of pollen allergy in central Spain. *Ann Agric Environ Med.* 2010;17:139-51.
4. Galan C, Infante F, Ruiz de Clavijo E, Guerra F, Miguel R, Dominguez E. Allergy to pollen grains from Amaranthaceae and Chenopodiaceae in Cordoba, Spain. Annual and daily variation of pollen concentration. *Ann Allergy.* 1989;63:435-8.
5. Lambdon PW, Pysek P, Basnou C, Hejda M, Arianoutsou M, Essl F, et al. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia.* 2008;80:101-49.
6. Tapia Y, Díaz O, Pizarro C, Segura R, Vines M, Zuniga G, et al. *Atriplex atacamensis* and *Atriplex halimus* resist as contamination in pre-Andean soils (northern Chile). *Sci Total Environ.* 2013;450:188-96.
7. Villalba M, Barderas R, Mas S, Colás C, Batanero E, Rodríguez R. Amaranthaceae pollens: review of an emerging allergy in the mediterranean area. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2014;24(6):371-81.
8. Pola J, Zapata C, Sanz E. Chenopo-amaranthaceae. Descripción y distribución en España. En *Atlas de Aerobiología y Polinosis*. SEAIC y Forum s. XXI (Schering-Plough).

9. Barber D, de la Torre F, Feo F, Florido F, Guardia P, Moreno C, et al. Understanding patient sensitization profiles in complex pollen areas: a molecular epidemiological study. *Allergy*. 2008;63:1550-8.
10. Ferrer L, Carnes J, Rojas-Hijazo B, Lopez-Matas MA, Sobrevia MT, Colas C. Assessing degree of flowering implicates multiple Chenopodiaceae/Amaranthaceae species in allergy. *Int Arch Allergy Immunol*. 2012;158:54-62.
11. Colas C, Monzon S, Venturini M, Lezaun A. Double-blind, placebo-controlled study with a modified therapeutic vaccine of *Salsola kali* (Russian thistle) administered through use of a cluster schedule. *J Allergy Clin Immunol*. 2006;117:810-6.
12. Nouri HR, Sankian M, Vahedi F, Afsharzadeh D, Rouzbeh L, Moghadam M, et al. Diagnosis of *Chenopodium album* allergy with a cocktail of recombinant allergens as a tool for component-resolved diagnosis. *Mol Biol Rep*. 2012;39:3169-78.
13. Dowaisan A, Al-Ali S, Khan M, Hijazi Z, Thomson MS, Ezeamuzie CI. Sensitization to aeroallergens among patients with allergic rhinitis in a desert environment. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2000;84:433-8.
14. Fereidouni M, Bakhshaei M, Varasteh A. Aeroallergen sensitivity of Iranian patients with allergic rhinitis. *World Allergy Organ J*. 2007;18:262-3.

15. Al-Dowaisan A, Fakim N, Khan MR, Arifhodzic N, Panicker R, Hanoon A, Khan I. Salsola pollen as a predominant cause of respiratory allergies in Kuwait. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2004;92: 262-7.
16. Assarehzadegan MA, Sankian M, Jabbari F, Noorbakhsh R, Varasteh A. Allergy to Salsola Kali in a Salsola incanescens-rich area: role of extensive cross allergenicity. *Allergol Int.* 2009;58:261-6.
17. Fernandez FJ, Flores E, Varea M, Soriano V, Gonzalez P. Evolution of the incidence of pollen grains and sensitivity to pollen in the city of Elche (Spain). *Asian Pac J Allergy Immunol.* 2015;33:196-202.
18. SEAIC. ¿Quiénes somos? [Internet]. Polenes.com. 2019 [citado 3 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.polenes.com/quienes-somos>
19. Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann App Biol.* 1952;39:257-65.
20. Campos – Trujillo A, Aguirre – Prieto A, Muñoz-Romero G, Rodríguez - Villa MA, Quintana – Martínez G. Palynological study of the urban flora of Chihuahua City, Mexico. *Acta botánica mexicana*, 2015, no.113.
21. Colas C, Monzon S, Venturini M, Lezaun A, Laclaustra M, Lara S, Fernandez-Caldas E. Correlation between Chenopodiaceae/Amaranthaceae pollen counts and allergic symptoms in Salsola kali monosensitized patients. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2005;15:254-8.
22. Connel JT. Quantitative intranasal challenges. The priming effect in allergic rhinitis. *J Allergy* 1969;43: 33-44.
23. Frenz DA. Interpreting atmospheric pollen counts for use in clinical allergy:

allergic symptomatology. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2001;86:150-8.

24. Subiza J. Cómo interpretar los recuentos de pólenes. *Alergol Inmunol Clín.* 2001;16:59-65.

25. Draxler RR, Hess GD. An overview of the HYSPLIT\_4 modelling system for trajectories, dispersión and desposition. *AAM.* 1998; 47, 295–308.

26. Gómez- Zotano J, Alcántara – Manzanares J, Olmedo – Cobo JA, Martínez-Ibarra, E. La sistematización del clima mediterráneo: identificación, clasificación y caracterización climática de Andalucía. *Rev. Geogr. Norte Gd.* 2015;61:161-180.

27. Aguilera F, Dhiab AB, Msallem M, Orlandi F, Bonofiglio T, Ruiz-Valenzuela L, et al. Airborne – pollen maps for olive-growing áreas throughout the Mediterranean región: spatio-temporal interpretation. *Springer Ser. Surf. Sci.* 2015;31:421-34.

28. García de Pedraza, L. La predicción del tiempo en el valle del Ebro [Internet]. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología; 1985 [revisado en 2020; citado en 2020]. Disponible en: <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/9628>

29. Agote I. Río Zadorra: naturaleza alavesa de norte a sur [Internet]. Gasteiz hoy. 2020 [citado 5 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.gasteizhoy.com/zec-rio-zadorra-naturaleza-alavesa-de-norte-a-sur/>

30. Bladé, I, Rodríguez-Fonseca B, Gomis D, González-Sampérez P, Valero Garcés B, Vargas Yañez M. Clima en España: pasado, presente y futuro: Informe de evaluación del cambio climático regional. En: *I Encuentro de la Oceanografía Física Española.* Barcelona: Eumo; 2013. pp. 6-17.

31. Muñoz-Taboadella M, Monturiol aracterísticas de los suelos del territorio sureste peninsular En: uerra - elgado A, uitián - jea apa de suelos de España adrid: S pp -22.

