



Universidad de Almería



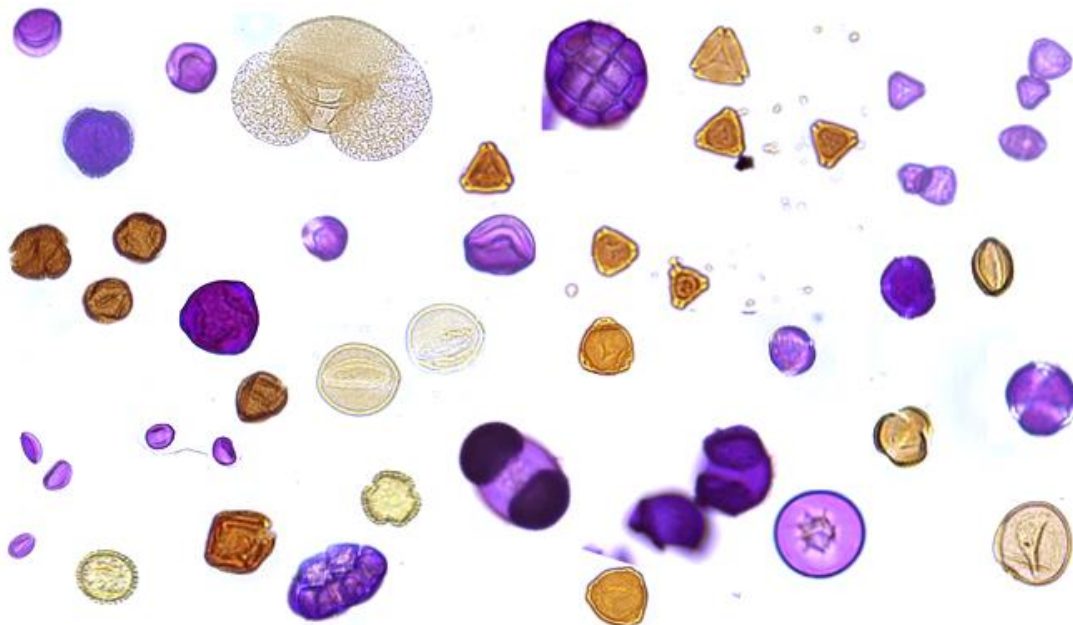
Facultad de Ciencias Experimentales

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Autora: Claudia Guillén Sánchez

**Alergenicidad en espacios verdes urbanos y atlas polínico:
herramientas para el seguimiento de las polinosis en la provincia
de Almería (España)**

**Allergenicity in urban green spaces and pollen atlas: tools for
tracing of the pollinosis in the Almería province (Spain)**



Directora: María Jacoba Salinas Bonillo.

Codirectora: Esther Giménez Luque.

Junio 2020

ÍNDICE

1.	Resumen y Palabras Clave.....	2
2.	Introducción.....	3
2.1.	Polen, Alergias e Índices de Alergenicidad.....	3
2.2.	Centros de Colecciones Vegetales y Palinotecas.....	5
2.3.	Objetivos.....	7
3.	Material y Métodos.....	7
3.1.	Área de Estudio.....	7
3.2.	Índice de Alergenicidad.....	8
3.3.	Realización del Atlas Polínico.....	12
3.3.1.	Acetólisis.....	12
3.3.2.	Muestras en Fresco.....	14
4.	Resultados.....	15
4.1.	Índice de Alergenicidad.....	15
4.2.	Atlas Polínico y Palinoteca.....	20
5.	Discusión.....	20
5.1.	Índice de Alergenicidad.....	20
5.2.	Especies más Alergógenas.....	21
6.	Conclusiones.....	23
7.	Bibliografía y Webgrafía.....	23
8.	Anexos.....	29
8.1.	Anexo I: Glosario.....	29
8.2.	Anexo II: Atlas Polínico.....	32

1. Resumen y Palabras Clave

Resumen: La presencia de partículas orgánicas aerovagantes en la atmósfera, particularmente polen y esporas, provoca un efecto negativo sobre los seres humanos: las polinosis (alergias a polen y esporas). Paralelamente, para que la población urbana esté más conectada con la naturaleza, se han creado espacios verdes urbanos, que generan muchos efectos positivos y algunos negativos (polinosis). Para solucionarlas, se han desarrollado índices relacionados con el polen. Por otra parte, los centros de colecciones vegetales se encargan de la conservación y difusión del conocimiento del mundo vegetal, incluyendo las palinotecas, que facilitan la identificación de pólenes y esporas atmosféricos, proporcionando información valiosa para los alergólogos. En la Universidad de Almería (UAL) existe un centro (CECOUAL) que reúne y difunde al público parte de las colecciones provinciales relacionadas con el patrimonio natural. En este contexto, los objetivos de este estudio han sido: estimar los índices de alergenidad de los jardines de la UAL y del parque Huerta de Rosalía (Alhama de Almería), elaborar un atlas polínico de plantas ornamentales, y completar la palinoteca del CECOUAL. En relación a los dos últimos, se han utilizado dos técnicas para tratar el polen: acetólisis y preparación en fresco. Ambos espacios verdes han mostrado una alta calidad atmosférica, con los jardines de la UAL menos alérgicos (0,0816) que el parque Huerta de Rosalía (0,1533); en el atlas polínico se han incluido 13 especies arbóreas, y en la palinoteca 52 muestras permanentes y 55 temporales. La hipótesis planteada respecto a que las diferencias de alergenidad de los parques estaría relacionada con diferencias climáticas, no se sostiene y, en este caso, la alergenidad dependió de la biodiversidad y no del clima. Con un escenario de mayor intensidad del calentamiento global, si se adoptan las medidas adecuadas (aumento de biodiversidad y selección de especies poco alérgicas), se podría reducir la manifestación de alergias.

Palabras Clave: Alergenicidad, Espacios verdes urbanos, Índice de alergenidad (IUGZA), Polen, Atlas Polínico, Palinoteca.

Abstract: The presence of flying organic particles in the atmosphere, particularly pollen and spores, causes a negative effect on humans: the polinosis (pollen and spores allergies). In parallel, so the urban population be more connected with nature, urban green spaces are created, these generate lots of positive and some negative (pollinosis) effects. In order to solve them, indices related to pollen are developed. On the other side, plant collection centers manage, mainly, conservation and diffusion of the plant world knowledge, including the pollen libraries, which facilitate atmospheric pollen and spores identification, providing valuable information for the allergists. At the University of Almería (UAL), a center (CECOUAL) exists that reunites and spreads to people part of provincial collections related to the natural heritage. In this context, the aims of this study have been: to estimate the allergenicity index of the UAL gardens and Huerta de Rosalía park (Alhama de Almería), to elaborate a pollen atlas of ornamental trees, and to complete the CECOUAL's pollen library. Regarding the last two aims, two methods to treat pollen are used: acetolysis and fresh preparation. Both spaces have high atmospheric quality, but the UAL gardens are less allergenic (0,0816) than Huerta de Rosalía park (0,1533); 13 tree species are included in the pollen atlas, and 52 permanent and 55 temporary samples are added in the pollen library. The stated hypothesis said that garden's

allergenicity differences would be related to climate differences, but results didn't sustain it, and, in this case, the allergenicity depended on biodiversity, instead of climate. With a scenery of higher intensity of global warming, if right solutions were being assumed (increase of biodiversity and low allergenic species selection), the allergies manifestation could be reduced.

Key Words: Allergenicity, Urban green spaces, Allergenicity index (IUGZA), Pollen, Pollen atlas, Pollen library.

2. Introducción

2.1. Polen, alergias e índices de alergenicidad

A lo largo de la evolución, las plantas han ido desarrollando nuevas formas de reproducción: desde la emisión de esporas hasta el grano de polen, que surgió en las gimnospermas; posteriormente, en las angiospermas, conforme éstas han ido adaptándose a las presiones ambientales, el polen se ha hecho cada vez más complejo. Dicha complejidad también está asociada a que el grano de polen es la fase gametofítica masculina haploide de los espermatófitos (Hesse *et al.*, 2009). Esto, asociado a la polinización anemógama (mediante el viento) de muchas especies, que implica la emisión de grandes cantidades de granos de polen muy ligeros que permanecen durante mucho tiempo flotando en la atmósfera (aerovagante), ha desembocado en un efecto negativo sobre los seres vivos. Así, la población humana ha desarrollado alergias a ciertos tipos de granos de polen (y esporas), viéndose afectada gravemente su salud, lo que se visualiza con síntomas como estornudos frecuentes, dolor de cabeza, conjuntivitis o dificultades respiratorias; este problema ha sido denominado como polinosis, término que se refiere a todos los procesos alérgicos en los cuales la proximidad a la fuente generadora de polen juega un papel decisivo, tanto si se tiene un contacto físico cercano con una especie dada como si los lugares de trabajo y hogares están situados cerca de dicha fuente (Cariñanos y Casares-Porcel, 2011).

Además, la alta contaminación atmosférica de las zonas urbanas hace que en el medio urbano la polinosis ocurra con mayor frecuencia que en el rural, a pesar de que en este último las concentraciones de pólenes son más elevadas (D'Amato *et al.*, 2013). Muchos autores atribuyen este incremento a la combustión del diesel, ya que actualmente el 70% de las partículas de la atmósfera urbana procede de dicha combustión, llegando al 90% si se tienen en cuenta sólo las respirables ($< 5 \mu\text{m}$). Esto sucede porque estas partículas adsorben productos como los fenantrenos, flurotrenos y pirenos, que producen un aumento en la respuesta de los linfocitos Th-2 frente a los alérgenos, incrementando la producción de anticuerpos como la inmunoglobulina IgE y de citocinas, que desencadenan el proceso alérgico (Valero y Cadahía, 2002). Por otra parte, también son capaces por sí solas de agudizar el asma, disminuir el aclaramiento mucociliar y aumentar la permeabilidad de las células epiteliales a los alérgenos (Knox *et al.*, 1997). Según McMichael *et al.* (2006), este problema se puede ver incrementado en las próximas décadas por una mayor intensidad del calentamiento global, relacionado también con el empeoramiento de la calidad del aire urbano.

Por otra parte, con el objetivo de que la población urbana se encuentre más conectada con la naturaleza, se han desarrollado parques y jardines, en síntesis, espacios verdes urbanos (EVU).

Este tipo de lugares generan efectos positivos, tanto directos como indirectos; los efectos directos incluyen los proporcionados por la vegetación, como son la purificación del aire (Paoletti *et al.*, 2011; Mexia *et al.*, 2018; Vieira *et al.*, 2018), el secuestro de carbono (Liu y Li, 2012) y la regulación del clima (Bowler *et al.*, 2010); mientras que entre los efectos indirectos se incluyen: la mejora del bienestar y de la salud, la reducción del nivel de estrés y la realización de actividades de ocio (Grahn y Stigsdotter, 2003; Sanesi y Chiarello, 2006; Laforteza *et al.*, 2009; Annerstedt *et al.*, 2010). Todos estos efectos citados generan servicios ecosistémicos que mejoran, directa o indirectamente, la calidad de vida y el bienestar de la población (Dwyer *et al.*, 1992; Lyytimäki y Sipilä, 2009; Escobedo *et al.*, 2011; Laforteza *et al.*, 2013).

Sin embargo, paralelamente se generan también servicios ecosistémicos que ocasionan efectos negativos sobre la población, son los llamados diservicios ecosistémicos (Cariñanos *et al.*, 2019). Estos surgen, especialmente, en el momento de diseñar los EVU, ya que se suelen utilizar árboles de rápido crecimiento, como cipreses, chopos o pinos, que tienen como inconveniente la generación excesiva de polen aerovagante, dado que muchas son especies anemógamas.

Según Rantio-Lehtimäki *et al.* (1994), Spiekma *et al.* (1995), y Cariñanos y Casares-Porcel (2011), los factores causantes del crecimiento de la alergenidad de las especies ornamentales utilizadas en parques son, especialmente:

Biodiversidad. Suele estar relacionada directa y positivamente con la calidad de vida que existe en las ciudades (Middleton, 1994); no obstante, el uso excesivo de ciertas especies puede tener efectos negativos sobre los ciudadanos (Cariñanos y Casares-Porcel, 2011), ya que, aunque exista biodiversidad en la zona, si se utilizan especies con alta alergenidad, se generarán las consecuencias citadas anteriormente sobre la población.

Fuentes de emisión de polen. Se encuentran muy vinculadas a la baja diversidad de especies que se utilizan en los parques (p. ej. *Populus* spp., *Cupressus* spp., *Phoenix* spp., entre otras), así como al escaso mantenimiento de los individuos (poca poda por motivos económicos), que conduce a la producción de flores y, como consecuencia, a la emisión de polen (Cariñanos y Casares-Porcel, 2011).

Introducción de especies exóticas, que suelen ser las más alérgicas (p. ej. *Casuarina* spp., *Eucalyptus* spp., *Ginkgo biloba*). Algunas incluso pueden ser también especies invasoras que se han introducido para su uso como ornamental (p. ej. *Ailanthus altissima*) (Cariñanos y Casares-Porcel, 2011) y tienen el potencial de extenderse a los hábitats naturales.

Sexismo botánico, dado que es más frecuente utilizar individuos masculinos, pues no generan semillas ni frutos, los cuales a veces producen muchos residuos o son desagradables al olfato (Cariñanos y Casares-Porcel, 2011). En consecuencia, se fomentan los individuos productores de polen.

Gestión y mantenimiento, en el sentido de que si estos son deficientes, aparecen especies oportunistas (p. ej. *Amaranthaceae*, *Urticaceae*) debido a las óptimas condiciones reinantes para estas, que pueden producir polinosis por proximidad.

Establecimiento de las reacciones de cruce, de forma que se establece una alergenidad cruzada (reactividad cruzada) frente a pólenes de diferentes especies, que interacciona a nivel taxonómico y filogenético, es decir, cuanto más relacionadas estén las especies, existirá un mayor número de antígenos compartidos (p.ej. especies de la familia *Oleaceae*) (Weber, 2003).

Interacción con contaminantes del aire. Como ya se sabe, existen más personas alérgicas en la ciudad que en zonas rurales y la mezcla del polen con gases y partículas contaminantes puede penetrar en las regiones más bajas del sistema respiratorio (Rantio-Lehtimäki *et al.* 1994; Spiekma *et al.*, 1995; Cariñanos y Casares-Porcel, 2011).

Todos estos factores se han de tener en cuenta para proponer las soluciones pertinentes y reducir las consecuencias negativas sobre la salud y el bienestar de la población. Asimismo, disponer de un indicador, que permita conocer el grado en que un EVU es agente generador de polinosis, es de gran interés para llevar a cabo medidas de gestión que disminuyan el riesgo para así alcanzar valores que no afecten a la población. En esta línea, han existido varias iniciativas. Por ejemplo, Hruska (2003) desarrolló un índice de alergenidad que tiene en cuenta el ciclo vital, la abundancia, la longitud del período de floración de las especies y la presencia del fenómeno de reactividad cruzada. Otro índice destacado es el Índice de Polen Estacional (SPI, *Seasonal Pollen Index*) que indica la severidad de las estaciones por los efectos del polen así como una aproximación de la exposición alérgica de la población (D'Amato *et al.*, 1998; Gioulekas *et al.*, 2004; D'Amato *et al.*, 2007). El SPI tiene en cuenta los ciclos reproductivos biológicos, la variación de las áreas ocupadas por las plantas y su mantenimiento, y las condiciones meteorológicas durante el período de floración (Sofiev, 2016). Por otra parte, Sicard *et al.* (2018) propusieron un índice que considera tanto los principales diservicios (polen y emisión de compuestos volátiles biogénicos) como los servicios ecosistémicos (capacidad de filtración de contaminantes o tolerancia a la contaminación) que generan las especies vegetales; este índice es el Índice de Calidad del Aire Específico de la Especie (S-AQI, *Species-specific Air Quality Index*).

Una de las últimas innovaciones ha sido la de Cariñanos *et al.* (2014), que han desarrollado un índice más completo que los anteriores, dado que tiene en cuenta todos los aspectos que potencian la alergenidad de las especies y del diseño de EVU. Este índice ha sido el utilizado en el presente estudio, por lo que es explicado con profundidad en la sección de Material y Métodos. Jochner-Oette *et al.* (2018) se basaron en el índice propuesto por Cariñanos *et al.* (2014), y desarrollaron uno muy similar: el Índice del Potencial Alergénico Individual Específico (IISA, *Index of Individual-Specific Allergenic*). La única diferencia es que en este índice se mide la altura y cobertura de cada planta (árbol o matorral) y sólo se incluyen individuos maduros que ya están produciendo polen.

2.2. Centros de colecciones vegetales y palinotecas

Los centros de colecciones vegetales tienen un papel muy importante, ya que se encargan, entre otras cosas, de la conservación y difusión del conocimiento del mundo vegetal (Herranz, 2017). Pueden incluir colecciones de plantas vivas o secas, que se encuentran siempre ordenadas, bien por criterios filogenéticos (parentesco), ecológicos (distintos tipos de hábitats) o temáticos:

colecciones ornamentales (charcas, rocallas, jardines...), documentales (herbarios), de plantas medicinales, aromáticas, etc. Estos centros, además, incluyen entre sus actividades un significativo esfuerzo por la educación ambiental (Herranz, 2017).

Los herbarios en particular, como principales colecciones vegetales, permiten conocer las características de las especies, su variación morfológica según los distintos ambientes en donde se encuentran y su ciclo anual (fenología), con qué especies son más similares, etc (Quesada, 2018a). Al ir adjuntas etiquetas en cada pliego donde se indica su localización y fecha de recolección, son un recurso muy valioso para conocer la naturaleza y sus cambios a lo largo del tiempo; además, se trata de un trabajo colectivo que se va enriqueciendo gracias a las numerosas visitas de campo realizadas por expertos de diversas áreas de conocimiento (Quesada, 2018b).

Asimismo, este sistema permite conocer la biodiversidad de una zona concreta, o incluso de un país entero. Al llevarse realizando durante años (algunos herbarios históricos datan del siglo XVII), se puede saber cómo ha ido variando la presencia de las especies vegetales en una zona, es decir, si se han fragmentado las poblaciones, ha disminuido el número de individuos o si ha cambiado su calificación según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). En el caso de las especies invasoras, se puede determinar también cómo se han ido extendiendo en una zona o país (Quesada, 2018c).

Lo que destaca a un herbario, además de lo mencionado anteriormente, es que las muestras cumplen con los requisitos indispensables: identificación de las especies, tratamiento adecuado para su conservación en el tiempo, ordenación y accesibilidad para los investigadores (Quesada, 2018c). Además, se incluyen otros elementos de la planta que no se han podido conservar de manera convencional (pliegos), como son los frutos, o bien por el tipo de planta: si es carnosa o cactiforme. A partir de ahí, se han ido desarrollando otras colecciones como son las carpotecas, que es una colección de frutos, bien secos o en líquido; y las palinotecas, donde se colecciona polen en un portaobjetos (Quesada, 2018c).

Las palinotecas pueden incluir pólenes de otras épocas (si se han recogido para su conservación) o más recientes, extraídos a partir de un pliego, o de una planta en fresco. Estas colecciones permiten investigar sobre las distintas especies que había en el pasado y compararlas con las que existen en la actualidad, así como determinar las variaciones ecosistémicas a partir de cambios climáticos, geológicos y de la intervención del ser humano (Quesada, 2018c).

El Centro de Investigación de Colecciones Científicas de la Universidad de Almería (CECOUAL), se creó en el año 2015. Este centro nació para unificar las colecciones que existen en la provincia de Almería, tanto de particulares como de investigadores de dicha institución [Información de <http://www2.ual.es/cecoul/presentacion/>].

Los principales objetivos del centro son la investigación en la geo y biodiversidad, así como la gestión de colecciones, y la didáctica y divulgación mediante el uso de las colecciones científicas como principal eje vertebrador.

En este centro, los científicos, tanto locales como visitantes de cualquier parte del mundo, pueden consultar la colección que sea de su interés y, al mismo tiempo, depositar los ejemplares recogidos en sus investigaciones y dejarlos registrados y disponibles para el resto de la comunidad científica.

El centro cuenta con colecciones preservadas tanto de botánica, como zoología y geología, incluso colecciones vivas, que forman los jardines botánicos de la Universidad de Almería (UAL).

2.3. Objetivos

Los objetivos de este estudio han sido tres:

1. Estimar los índices de alergenidad de dos EVU: los jardines de la UAL y el parque Huerta de Rosalía (Alhama de Almería), utilizando sus especies de árboles ornamentales dominantes, para conocer el posible riesgo para la salud que podría existir en ambos.
2. Elaborar un atlas de polen de plantas ornamentales, principalmente arbóreas, presentes en los jardines de la UAL.
3. Completar la palinoteca del centro de colecciones de la UAL (CECOUAL).

En relación al primer objetivo se parte de una hipótesis inicial: el parque Huerta de Rosalía, debido a su clima más continental, presentará una mayor alergenidad, debido al tipo de árboles que se han plantado; mientras que en el parque de la UAL la alergenidad será menor, dado que, por su clima más térmico, las especies seleccionadas en su conjunto tendrán una menor alergenidad.

3. Material y Métodos

3.1. Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en los jardines de dos parques situados en municipios distintos. Por un lado, se han estudiado los jardines del campus universitario de la UAL (Almería, sureste de la Península Ibérica, 36°49'46" N, 2°24'16" O; Figura 1), que se encuentra situada al nivel del mar (20 m s.n.m.) y ocupa una superficie aproximada de 462.848,845 m². Esta localización hace que el clima de la zona sea Mediterráneo, con inviernos suaves y húmedos y veranos secos y cálidos, con una temperatura media anual de 19,1°C, de acuerdo con los datos del período 1981-2010. Las precipitaciones son torrenciales y no superan los 300 mm anuales; la precipitación media anual de ese período fueron de 200 mm [Datos de la Agencia Española de Meteorología (www.aemet.es), estación meteorológica Almería Aeropuerto].

Por otro lado se han analizado los jardines del parque Huerta de Rosalía, situado en Alhama de Almería (36°57'21" N, 2°33'57" O), que, aunque se encuentra también en el sureste peninsular, está más al interior y a 500 m s.n.m. (Figura 1), y ocupa una superficie de unos 6.436,96 m², aproximadamente. Esta localización le otorga un clima más continental, con inviernos algo más fríos y veranos más calurosos, una temperatura media anual de 15,9°C y una precipitación de 325 mm anuales, aproximadamente [Datos de www.climate-data.org].

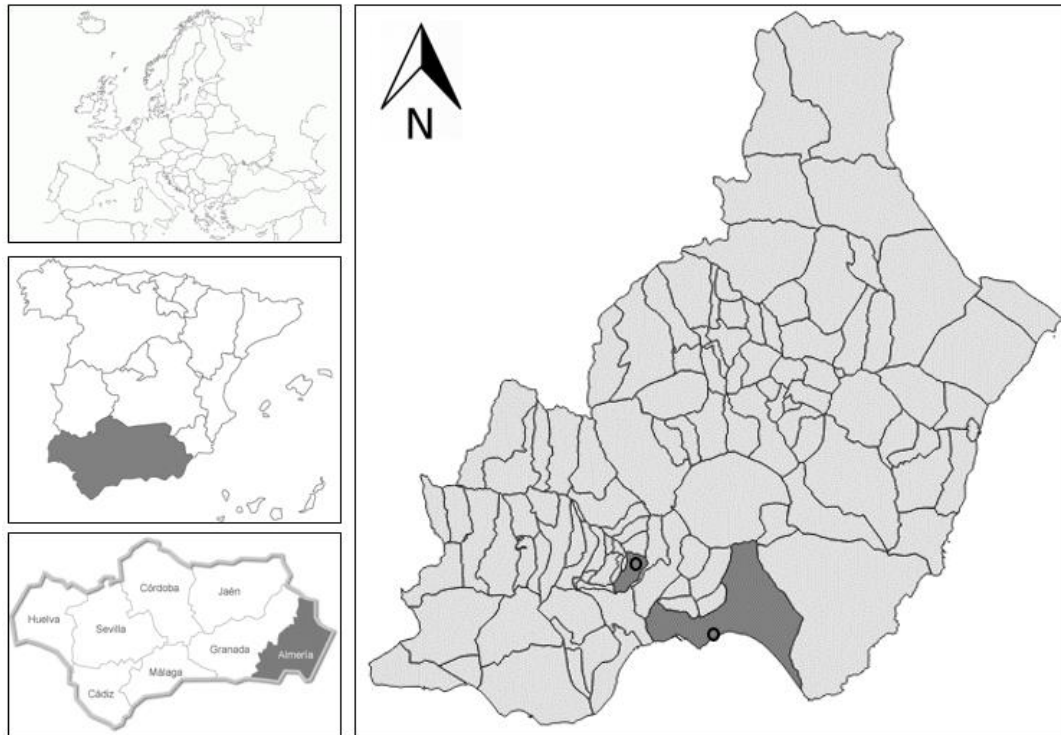


Figura 1. Mapa de la provincia de Almería diferenciando municipios, en donde se indican con círculos las dos zonas de estudio.

La identificación y cuantificación de especies fue llevada a cabo in situ durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2019.

3.2. Índice de Alergicidad

Con el fin de determinar el riesgo de potencial alergénico de ambos parques, se ha aplicado el Índice de Alergicidad (I_{UGZA} , *Urban Green Zone Allergenicity Index*) definido por Cariñanos *et al.* (2014), cuyo valor oscila entre 0 y 1. Se basa en una serie de principios teóricos conocidos:

- El uso de plantas ornamentales en los EVU es la causa principal de alergias sobre la población local.
- El valor de los parámetros que conforman el Valor de Alergicidad Potencial (VPA, *Value of Potential Allergenicity*) de la mayoría de especies se encuentra en la bibliografía (Cariñanos *et al.*, 2014 y Moreno, 2017).
- La intensidad con la que se libera el polen en especies anemógamas está íntimamente relacionada con el tamaño y la cobertura de la planta, de forma que, cuanto mayor sea la copa, se liberará mayor cantidad de polen.
- La cantidad de polen que es liberada al aire es proporcional al número de individuos de una especie en un área dada.
- En un área donde dos especies tengan un VPA similar, la que tenga el mayor período de polinización es la que generará más síntomas de alergia durante un mayor período temporal (el nuevo polen liberado se añade al que ya hay en el aire).

Este índice combina parámetros biológicos (relacionados con la polinización) y biométricos (área y altura), de las distintas especies de árboles, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$I_{UGZA} = \frac{I}{\max VPA \times S_T} \sum_{i=1}^k n_i \times a_{pi} \times p_{ei} \times d_{ppi} \times S_i \times H_i$$

donde:

VPA = Valor de Alergenicidad Potencial de cada especie.

S_T = Superficie del parque, expresada en m².

k = Número de especies arbóreas en el parque.

n_i = Número de individuos pertenecientes a cada especie.

a_{pi} = Potencial Alergénico de cada especie. La escala va desde el valor 0 = nulo, para especies que no son alérgicas, hasta 3 = alto, para especies identificadas como altamente alérgicas, alcanzando excepcionalmente el valor 4 (Tabla 1), cuando son las principales alérgicas de la zona de estudio.

p_{ei} = Emisión de Polen de cada especie, expresado en granos de polen/m³ de aire. Es la estrategia de polinización que tiene la especie, siendo 0 para individuos femeninos de especies dioicas, 1 para especies entomófilas, 2 para especies que pueden ser polinizadas tanto por insectos como por el viento (anfífilas) y 3 para las especies anemófilas (Tabla 1).

d_{ppi} = Duración del Período de Polinización de la especie i, en semanas. Es el tiempo aproximado del año que permanece una especie produciendo polen; este parámetro varía con el clima. Oscila entre 1 y 3, siendo 1 el período de menos de 3 semanas y 3 el período de más de 6 semanas (Tabla 1).

S_i = Área ocupada por cada especie en el parque, en m².

H_i = Altura máxima que puede alcanzar la especie en la madurez, en m.

El VPA resulta de la multiplicación de tres parámetros intrínsecos de las especies: el potencial alérgico, la emisión de polen y la duración del período de polinización; oscila entre 0 y 36. Estos datos se basaron en los de Cariñanos *et al.* (2014) para las especies que había en común, debido a la semejanza de las condiciones climáticas, ya que su estudio fue hecho en Granada; y de Moreno (2017), realizado en Cartagena (Murcia), para las especies de las que no se encontraron datos en el primer artículo. Cuando no se encontraron los datos de la misma especie, por similitud, se asignaron los valores de especies del mismo género; de esta forma, con las características intrínsecas y con su volumen (altura y área), se calcularon los valores del I_{UGZA}.

El valor máximo de VPA resulta de la multiplicación del valor más alto de VPA (36) con el valor más elevado de altura de todas las especies (28,2 m en la UAL y 20,2 m en el parque Huerta de Rosalía).

Cariñanos *et al.* (2014) propusieron una clasificación en la cual se identificaban a las distintas especies de árboles según los valores del VPA: las especies con baja alergenidad tendrán un VPA que oscila entre 0-8; las especies con alergenidad media, entre 9-17; y las especies con una elevada alergenidad, entre 18-36.

Tabla 1. Valores de cada parámetro del VPA.

Parámetro	Valores
Potencial Alergénico (ap)	<u>0</u> : no alergénica. <u>1</u> : baja alergenidad. <u>2</u> : moderada alergenidad. <u>3</u> : alta alergenidad. <u>4</u> : principal alergénico local.
Emisión de Polen (pe)	<u>0</u> : Plantas que no emiten polen porque son de sexo femenino. <u>1</u> : Plantas con polinización entomófila. <u>2</u> : Plantas con sistema de polinización mixto (entomófilo y anemófilo). <u>3</u> : Plantas con polinización anemófila.
Duración del Período de Polinización (dpp)	<u>1</u> : 1-3 semanas. <u>2</u> : 3-6 semanas. <u>3</u> : más de 6 semanas.

Para obtener la variable de cobertura vegetal o área ocupada por individuo (S_i) que se necesita en el IUGZA, se utilizó una ortoimagen descargada de la página del Instituto Geográfico Nacional (IGN) [Datos de <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>] del mes de julio de 2016 de la hoja de la zona de estudio (1045) y, con ayuda del programa QGIS (Sistema de Información Geográfica libre y de código abierto) se creó una capa poligonal de la UAL (Figura 2). El mismo procedimiento fue realizado para el parque Huerta de Rosalía: se descargó la ortoimagen del IGN, en este caso de la hoja 1044, también del mes de julio de 2016 y se delimitó la zona de estudio (Figura 3).

Una vez obtenidas y delimitadas las capas, se fueron creando polígonos, uno por cada especie de árbol (o palmera) que se encontraba, de forma que para cada especie se creaba un polígono por individuo o grupo de individuos, cuando no se podían separar. Se han cartografiado un total de 27 especies de árboles de las 61 que hay en la UAL (incluyendo palmeras), como se puede apreciar en la Figura 2. En el caso de Huerta de Rosalía, se han cartografiado un total de 9 especies de árboles (y palmeras) de las 11 que hay en el parque (Figura 3). Los valores de datos de cobertura se obtuvieron mediante una validación sobre el terreno: para representar los polígonos se hicieron múltiples visitas a las zonas de estudio y, de forma manual, se elaboraron mapas representando la posición de cada especie.

Las razones por las que se ha utilizado menos de la mitad de las especies de árboles que hay en la UAL son: que hay muy pocos individuos de algunas especies, que en la ortoimagen no se pueden representar los individuos porque se encuentran debajo de otros y no se puede saber el

área, o que la calidad de la imagen no es lo suficientemente buena como para diferenciar los individuos, esto último ocurre en pocos casos.



Figura 2. Área del campus universitario de la UAL con la delimitación mediante polígonos de las especies analizadas.

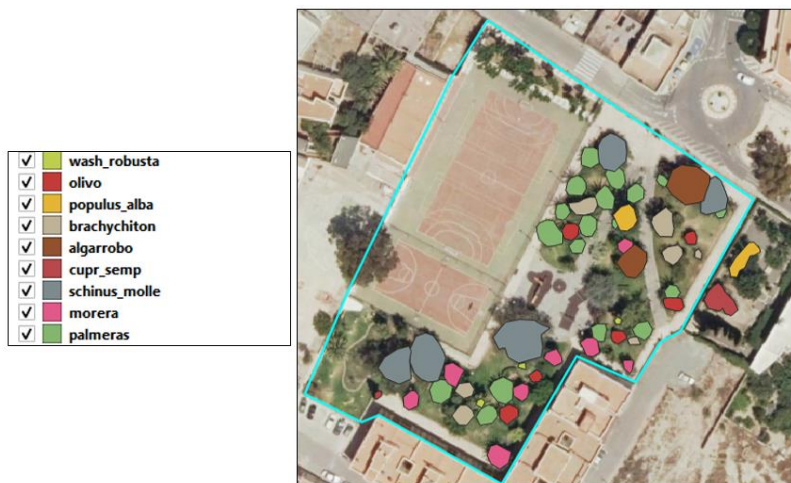


Figura 3. Área del parque Huerta de Rosalía (Alhama de Almería) con la delimitación mediante polígonos de las especies analizadas.

Paralelamente se procedió a la medición de la altura de cada especie mediante un clinómetro, representado en la Figura 4. Se utilizó una media de 10 árboles por especie y, en el caso de que no hubiera 10 individuos, se hizo la media de los que había; ese resultado corresponde al valor de H_i .



Figura 4. Clinómetro utilizado para la medición de las alturas de los árboles (marca Haglöf).

Posteriormente, el VPA de cada especie se multiplica por el volumen de emisión alérgica de la misma ($S_i \times H_i$) y por su número de individuos, para obtener la contribución de cada especie al total alérgico de los parques. De esta forma se pueden identificar las especies que contribuyen más en términos de área de superficie o abundancia de árboles.

Según Cariñanos *et al.* (2014, 2016a), el valor del I_{UGZA} a partir del cual comienzan a aparecer molestias para la población se encuentra en 0,30.

3.3. Realización del Atlas Polínico

Para la realización del segundo y tercer objetivo, se ha llevado a cabo la recolección de polen de las especies de interés y se han utilizado dos metodologías clásicas en Palinología para su observación al microscopio: acetólisis y muestras en fresco.

Las muestras de polen han sido obtenidas a partir de material fresco de los jardines estudiados, en este caso de las especies que permitían su recolección (estaban en flor); y de las colecciones del Herbario de la Universidad de Almería (HUAL), especialmente para aquellas especies cuyo período de polinización quedaba fuera del tiempo de realización de este estudio.

Por otro lado, tanto el Glosario de términos utilizado (Anexo I) como las descripciones polínicas del Atlas (Anexo II), se han basado en diversas fuentes especializadas: en el primero Díaz y Blanca (1994) y Sáenz (2004), y en el segundo Díaz y Blanca (1994) y Trigo *et al.* (2008).

3.3.1. Acetólisis

El grano de polen es una célula viva con una capa externa, la exina, constituida fundamentalmente por esporopolenina, uno de los materiales vivos más resistentes. Con el fin de disponer de muestras de polen muy duraderas y limpias de restos de otro material vegetal (p. ej. restos de tejido de las anteras), y que permitan una nítida observación morfológica del polen, Erdtman (1960) propuso un método de limpieza que denominó acetólisis, que se ha estandarizado en Palinología. Este método consiste en tratar el polen con ácidos para eliminar la materia orgánica, excepto la esporopolenina, mediante una mezcla de 4,5 mL de anhídrido acético ((CH_3CO)₂O, con 99% de pureza) y 0,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4 , con 95-98% de pureza y una densidad a 20°C de 1,832 g/mL), que conforma el líquido acetolítico; esta mezcla se introduce inmediatamente en un baño con agua destilada (marca ArgoLab; modelo WB12) a 75°C, aproximadamente, durante 15-20 minutos, hasta que se vea que la muestra adquiere un color marrón oscuro (Figura 5), de forma que, cuanto más oscuro sea, más materia orgánica tendrá y, por tanto, requerirá de más centrifugaciones. Una vez transcurrido ese tiempo, las muestras se enfrían durante unos minutos y se meten a una centrifugadora (marca Dlab, modelo 0412; Figura 6), durante 30 minutos a 2.500 rpm (no se pone más velocidad para evitar la deformación o rotura del polen).

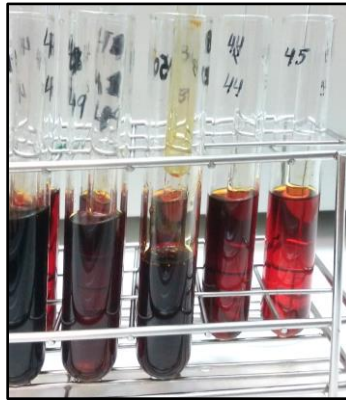


Figura 5. Muestras de polen con el líquido acetolítico tras el baño de agua a 75°C durante 15-20 minutos.



Figura 6. Centrifugadora marca Dlab, modelo 0412.

Cuando se ha terminado de centrifugar, se decanta el líquido con cuidado (Figura 7) y se vierten 5 mL ácido acético glacial ($\text{CH}_3\text{-COOH}$, con 99,5% de pureza y una densidad a 20°C approx 1,049 g/mL) para quitar el resto del ácido sulfúrico y de materia orgánica que pueda quedar en el polen; se vuelve centrifugar con las condiciones anteriormente señaladas. Este centrifugado con ácido acético se repite una vez más; y, si se observa aún un exceso de restos de materia orgánica, se realiza un nuevo lavado.

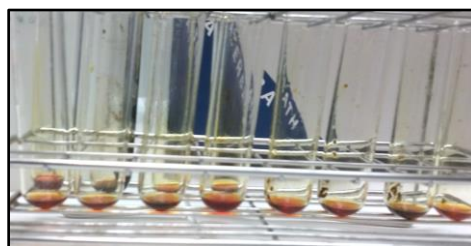


Figura 7. Muestras una vez decantado el líquido acetolítico tras la primera centrifugación.

Finalizado el proceso, mediante una pipeta de vidrio se pasa parte del polen desde el tubo de ensayo hasta un tubo *Eppendorf* y se vierte alcohol etílico 70%, quedando almacenadas y etiquetadas como en la Figura 8, reservando este material para la observación a Microscopía

Electrónica de Barrido (MEB). Por otra parte, el material que queda en el tubo de ensayo se procesa para su observación a microscopía óptica: se echan 1,5 mL de glicerol de origen vegetal ((HOCH₂)₂CHOH, con una pureza de más del 99% y densidad de 1,249 g/cm³) y 1,5 mL de agua destilada (H₂O₂) y se vuelve a centrifugar; terminada esta última centrifugación se vuelve a decantar el líquido y se deja el tubo de ensayo boca abajo. Transcurridas 24 horas se pueden ya montar las muestras para microscopía óptica: sobre un portaobjetos se pone un pequeño bloque de glicerogelatina (glicerol, escamas de gelatina y fenol) y, con ayuda de un asa de siembra esterilizada con un mechero, se reparte la muestra del polen sobre la glicerogelatina. Se pone un cubre y se pasa con cuidado sobre el mechero, de manera que la glicerogelatina se derrite y los granos de polen quedan inmersos en esta. Una vez fría la muestra, los bordes del cubreobjetos son sellados con laca, de manera que se fije y no se mueva, y se etiqueta con la especie y un código identificativo (Figura 9). Para las observaciones de las muestras, el microscopio óptico usado ha sido un Leica modelo DM500.



Figura 8. Muestras conservadas en alcohol etílico (70%) en tubos *Eppendorf* para MEB.



Figura 9. Muestras preparadas para el microscopio óptico.

3.3.2. Muestras en Fresco

Otro tipo de tratamiento, también muy informativo aunque menos duradero (1-2 años, dependiendo de la especie) es la tinción de polen en fresco. Las anteras recolectadas se cogen con pinzas y, en un portaobjetos limpio (con alcohol 70%), se sacuden para que suelten el polen; cuando se ha echado suficiente polen, se vierte una gota de ácido acético glacial y, cuando este se evapora, se vierten 3-4 gotas de glicerogelatina teñida con fucsina (42 mL H₂O₂, 7 g de gelatina en polvo, 50 g de glicerina, 0,5 g de fenol cristalizado, 1 pizca de fucsina) y se

coloca un cubre; en el momento en el que la solución se haya endurecido, se quita el sobrante que haya salido del cubre (Figura 10) y ya se puede observar al microscopio óptico.

Todos los análisis se han llevado a cabo en el laboratorio del CECOUAL.

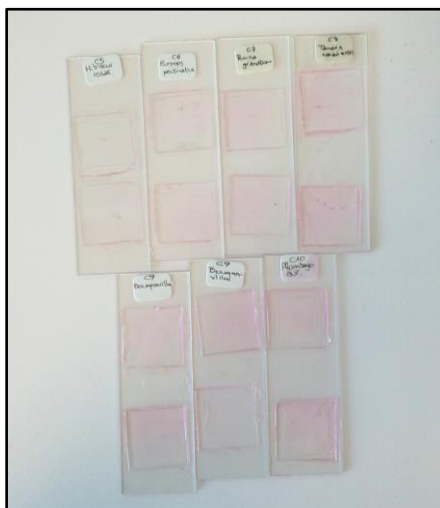


Figura 10. Muestras en fresco teñidas con fucsina.

4. Resultados

4.1. Índice de Alergenicidad

La superficie total del recinto de la UAL se ha estimado en unos 462.848,845 m², y de éstos, unos 42.000 m² están destinados a jardines (9,1%). La superficie de jardines analizada, dado que es la que posee las especies arbóreas de mayor tamaño y más abundantes, ha sido de 21.614,4 m² (4,7 % del total del recinto, 51 % del total de jardines). El resto de la zona ajardinada (20.384,66 m², 4,4% del total del recinto, 49% de jardines) está ocupada por vegetación herbácea o leñosa de pequeño tamaño, con escaso interés como emisora de polen aerovagante.

El I_{UGZA} de los jardines de la UAL ha resultado ser de 0,0816; este valor se ha obtenido a partir de los datos recolectados de las 27 especies de árboles (y palmeras) ornamentales pertenecientes a 13 familias (Tabla 2). Dos de las familias eran gimnospermas: *Cupressaceae* y *Pinaceae*, y el resto angiospermas. La familia más diversa en lo que se refiere a géneros ha sido *Fabaceae*, con 4, mientras que *Ficus* ha sido el género con mayor número de especies (5). *Ficus retusa*, *F. rubiginosa*, *Schinus molle* y *Washingtonia robusta* han sido las especies más abundantes (50, 51, 66 y 75 individuos, respectivamente), superadas únicamente por los 150 individuos de *Tipuana tipu*. Un número determinado de especies han tenido menos de 10 individuos: *Acacia cyanophylla*, *Albizia julibrissin*, *Chamaerops humilis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Jacaranda mimosifolia*, *Populus alba*, *P. nigra* y *Tetraclinis articulata*. Las especies, sin embargo, que ocupaban una superficie superior a 1.000 m² han sido *Ficus benjamina*, *F. macrophylla*, *F. retusa*, *F. rubiginosa*, *Schinus molle*, *Tamarix canariensis* y *Tipuana tipu*.

De las 27 especies identificadas, un total de 15 estaban asociadas con un VPA inferior a 9 (Tabla 2): las 4 especies pertenecientes a la familia *Fabaceae* (*Acacia cyanophylla*, *Albizia julibrissin*, *Ceratonia siliqua* y *Tipuana tipu*), las 5 especies de la familia *Moraceae* (*Ficus benjamina*, *F. elastica*, *F. macrophylla*, *F. retusa* y *F. rubiginosa*), además de *Eucalyptus camaldulensis*, *Jacaranda mimosifolia*, *Lagunaria patersonii*, *Schinus molle*, *Washingtonia filifera* y *W. robusta*; 3 especies presentan una alergenidad media ($9 \leq \text{VPA} \leq 17$): *Phoenix dactylifera*, *Pinus halepensis* y *Tamarix canariensis*; y el resto (9) tienen una alergenidad elevada ($\text{VPA} > 17$): 3 especies pertenecientes a la familia *Cupressaceae* (*Cupressus macrocarpa*, *C. sempervirens* y *Tetraclinis articulata*), 2 *Salicaceae* (*Populus alba* y *P. nigra*), además de *Casuarina equisetifolia*, *Chamaerops humilis*, *Olea europaea* y *Schinus terebinthifolius*. Este último grupo de especies de alta alergenidad suma una cobertura total de 2.361,48 m², ocupando, aproximadamente, el 0,5% de la superficie total del campus y un 5,6% de la zona ajardinada.

En el caso de las especies pertenecientes a la familia *Cupressaceae* y otras como *Casuarina equisetifolia* y *Schinus terebinthifolius*, su VPA es muy elevado porque son especies anemógamas, su polen es muy alergénico y tienen un período de polinización amplio; las especies de la familia *Salicaceae* y *Chamaerops humilis* tienen características similares a las anteriores en lo que se refiere a los parámetros del índice, excepto que el período de polinización es más corto; *Olea europaea* tiene un período de polinización más reducido (3-6 semanas), es anemógama y su polen es especialmente alergénico; en cambio, el polen de *Pinus halepensis* no es muy alergénico y su período de polinización tampoco es muy largo (3-6 semanas), a pesar de que es una especie anemógama; mientras que *Phoenix dactylifera* es anemógama y su polen es muy alergénico, pero está emitiendo polen menos de 3 semanas; por último, *Tamarix canariensis* puede ser polinizada tanto por viento como por animales, su período de polinización es de 3 a 6 semanas y su polen es muy alergénico.

Las especies que han contribuido más al índice han sido: *Schinus terebinthifolius*, *Ficus retusa*, *Tamarix canariensis*, *Phoenix dactylifera* y *Tipuana tipu*, con los valores de: 0,0137, 0,0106, 0,0104, 0,0080 y 0,0076, respectivamente (Tabla 2); siendo la última la menos alergénica, de forma que su contribución se debe a que es la especie que más individuos tiene.

Tabla 2. Lista de especies del parque de la UAL y parámetros: potencial alérgico, emisión de polen y duración del período de polinización.

No	Especie	Familia	ap _i	pe _i	dpp _i	Volumen	VPA	n _i	Contribución al I _{UGZA}	H _i	S _i
1	<i>Acacia cyanophylla</i> Labill	Fabaceae	2	1	3	3.201,67	6	10	0,0004	6,84	468,08
2	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz	Fabaceae	1	1	2	323,00	2	4	0,0000	6,675	48,39
3	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	3	3	3	2.408,44	27	17	0,0024	10,21	235,89
4	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Fabaceae	2	1	2	1.614,38	4	29	0,0004	6,94	232,62
5	<i>Chamaerops humilis</i> L.	Arecaceae	3	3	2	63,55	18	8	0,0000	2,24	28,37
6	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw	Cupressaceae	4	3	3	4.838,71	36	11	0,0041	8,88	544,9
7	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Cupressaceae	4	3	3	2.475,84	36	22	0,0042	8,18	302,67
8	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	Myrtaceae	2	1	1	15.282,17	2	5	0,0003	16,23	941,6
9	<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae	1	1	2	13.413,39	2	22	0,0012	12,49	1.073,93
10	<i>Ficus elastica</i> Roxb	Moraceae	1	1	2	4.503,72	2	13	0,0002	8,74	515,3
11	<i>Ficus macrophylla</i> Desf	Moraceae	0	1	2	10.740,82	0	47	0	9,03	1.189,46
12	<i>Ficus retusa</i> L.	Moraceae	1	1	2	49.577,89	2	50	0,0106	12,91	3.840,27
13	<i>Ficus rubiginosa</i> Desf	Moraceae	1	1	2	10.281,82	2	51	0,0022	7,29	1.410,4
14	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	Bignoniaceae	2	1	1	795,03	2	5	0,0000	7,26	109,47
15	<i>Lagunaria patersonii</i> Andrews	Malvaceae	3	1	1	7.245,60	3	30	0,0014	10	724,56
16	<i>Olea europaea</i> L.	Oleaceae	4	3	2	1.066,63	24	18	0,0009	4,72	225,98
17	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	3	3	1	10.128,07	9	41	0,0079	10,57	958,19
18	<i>Pinus halepensis</i> Mill	Pinaceae	2	3	2	11.556,50	12	10	0,0029	12,27	941,85
19	<i>Populus alba</i> L.	Salicaceae	3	3	2	414,57	18	6	0,0001	9,31	44,53
20	<i>Populus nigra</i> L.	Salicaceae	3	3	2	535,68	18	2	0,0000	15,7	34,12
21	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	3	1	1	15.552,06	3	66	0,0065	9,91	1.569,33
22	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	4	3	3	5.978,98	36	30	0,0137	6,49	921,26
23	<i>Tamarix canariensis</i> Willd	Tamaricaceae	3	2	2	10.208,29	12	40	0,0104	9,15	1.115,66
24	<i>Tetraclinis articulata</i> Vahl	Cupressaceae	3	3	3	354,02	27	1	0,0000	14,9	23,76
25	<i>Tipuana tipu</i> Benth	Fabaceae	1	1	1	354,02	1	150	0,0076	7,01	3.409,57
26	<i>Washingtonia filifera</i> Lindl	Arecaceae	1	3	2	1.123,76	6	33	0,0005	5,59	201,03
27	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl	Arecaceae	1	3	2	3.401,70	6	75	0,0033	6,76	503,21

La superficie total del parque Huerta de Rosalía se ha estimado en 6.436,96 m², con una superficie destinada a jardines de 2.526,90 m² (39,3% del total). La superficie analizada ha sido 1.166,24 m² (18,1% del total del recinto, 46,1% del total de jardines), mientras que la no analizada por no tener interés alérgico ha sido 1.360,66 m² (21,1% del total del recinto, 53,8% del total de jardines).

El I_{UGZA} del parque Huerta de Rosalía ha resultado ser de 0,1533, valor obtenido a partir de los datos recolectados de las 9 especies de árboles (y palmeras) ornamentales utilizados que pertenecen a 8 familias distintas (Tabla 3). Una sola familia era gimnosperma: *Cupressaceae*; el resto eran angiospermas. *Arecaceae* ha sido la familia más diversa en lo que se refiere a géneros, que presentó dos. *Brachychiton populneus*, *Morus alba*, *Olea europaea*, *Schinus molle* y *Washingtonia robusta* han sido las especies más abundantes (7, 8, 6, 5 y 6 individuos, respectivamente), superadas únicamente por los 18 individuos de *Phoenix dactylifera*. El resto de especies presentan menos de 5 individuos: *Ceratonia siliqua*, *Cupressus sempervirens* y *Populus alba*. Las especies, sin embargo, que ocupaban una superficie superior a 300 m² eran *Phoenix dactylifera* y *Schinus molle*.

De estas, un total de 4 especies estaban asociadas con un VPA inferior a 9 (Tabla 3): *Brachychiton populneus*, *Ceratonia siliqua*, *Schinus molle* y *Washingtonia robusta*; una sola especie (*Phoenix dactylifera*) tiene una alergenidad media ($9 \leq \text{VPA} \leq 17$); y el resto (4) presentan una elevada alergenidad ($\text{VPA} \geq 18$). En el caso de *Populus alba* y *Morus alba*, la razón por la que su VPA sea muy elevado es porque son especies anemógamas y su polen es muy alérgico; mientras que *Cupressus sempervirens* y *Olea europaea*, son también especies anemógamas y su polen es mucho más alérgico. Las especies de este último grupo suman una cobertura total de 284,05 m², ocupando, aproximadamente, un 4,4% de la superficie total del parque y un 11,2% de la zona ajardinada.

Las especies que han contribuido más al índice han sido, en este caso: *Phoenix dactylifera*, *Morus alba* y *Schinus molle*, con los valores de: 0,0836, 0,0302 y 0,0137, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Lista de especies del parque Huerta de Rosalía y parámetros: potencial alérgeno, emisión de polen y duración del período de polinización.

No	Especie	Familia	ap _i	pe _i	dpp _i	Volumen	VPA	n _i	Contribución al I _{UGZA}	H _i	S _i
1	<i>Brachychiton populneus</i> Schott	Malvaceae	2	1	1	1.195,30	2	7	0,0036	10,69	111,86
2	<i>Ceratonía siliqua</i> L.	Fabaceae	2	1	2	1.187,86	4	2	0,0020	9,8	121,21
3	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Cupressaceae	4	3	3	353,46	36	2	0,0054	8,6	41,1
4	<i>Morus alba</i> L.	Moraceae	3	3	2	980,92	18	8	0,0302	8,275	118,54
5	<i>Olea europaea</i> L.	Oleaceae	4	3	2	273,72	24	6	0,0084	4	68,43
6	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	3	3	1	2.414,42	9	18	0,0836	7,99	302,18
7	<i>Populus alba</i> L.	Salicaceae	3	3	2	758,53	18	2	0,0058	13,55	55,98
8	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	3	1	1	4.271,27	3	5	0,0137	12,6	338,99
9	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl	Arecaceae	1	3	2	78,44	6	6	0,0006	9,87	7,95

4.2. Atlas Polínico y Palinoteca

En el Atlas Polínico (Anexo II) se han incluido 6 especies valoradas como de elevada alergenidad ($VPA \geq 18$): *Casuarina equisetifolia*, *Chamaerops humilis*, *Cupressus sempervirens*, *Olea europaea*, *Schinus terebinthifolius*, y *Tetraclinis articulata*, además de otras 7 que no lo son demasiado ($VPA < 18$): *Acacia cyanophylla*, *Ceratonia siliqua*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Phoenix dactylifera*, *Pinus halepensis*, *Schinus molle* y *Tamarix canariensis*. En él, se ha realizado una descripción, utilizando los términos polínicos pertinentes (Glosario, Anexo I), de la estructura morfológica y del tamaño del polen; acompañando la descripción se han incluido, como mínimo, dos fotografías de cada especie junto con sus medidas, expresadas en μm .

Con respecto a la palinoteca, se han realizado 59 muestras permanentes del polen, siendo 30 de ellas especies ornamentales, y el resto silvestres. Para que pase al registro formal del centro de colecciones, a cada muestra se le ha adjudicado un código de registro del HUAL, que son aportados por el centro; además, se ha identificado cada muestra con datos como: el nombre de la especie, las coordenadas de la zona de recolección (UTM), las fechas de recolección y de análisis (acetólisis), el número de tubo de ensayo, así como el número de tanda de la acetólisis, y las submuestras que serán sometidas a un tratamiento para su observación a MEB.

5. Discusión

5.1. Índice de Alergenicidad

Los resultados del índice de alergenidad obtenidos a partir de la aplicación de la fórmula descrita anteriormente (IUGZA, Cariñanos *et al.*, 2014), sugieren que, en términos generales, ambos parques tienen bajo potencial alérgico. Cariñanos *et al.* (2019) establecieron una clasificación de los parques en función del valor del IUGZA: baja alergenidad, cuando es inferior a 0,2; alergenidad moderada, con valores entre 0,2-0,3; y alta alergenidad, cuando es superior a 0,3. Es decir, según esta clasificación se puede considerar que son parques ambientalmente sanos y no generan daños graves a la salud de la población sensible al polen que realiza distintas actividades diarias en estos espacios: vida universitaria, socialización, actividades deportivas o pasear a las mascotas.

A pesar de que ambos parques tengan baja alergenidad, el IUGZA del parque Huerta de Rosalía representa casi el doble del de la UAL (y está más cercano a 0,2), mientras que el de la UAL es inferior a 0,1. Cabe destacar que el primero es mucho más pequeño y tiene muchos menos individuos y, en concreto, bastante menos diversidad de especies que el segundo. Sin embargo, el área que ocupan las especies identificadas como alérgicas es superior en el parque Huerta de Rosalía, teniendo en cuenta tanto la superficie ajardinada como la superficie total del parque.

En ambas zonas se emplean especies similares, por tanto, el tipo de clima parece no influir demasiado en la plantación de una especie u otra. Consecuentemente, nuestros resultados no sostienen la hipótesis planteada. Pero en este caso, lo que sí parece que influye más en la alergenidad es la diversidad de especies que hay en una zona, ya que la UAL tiene mucha más biodiversidad que el parque Huerta de Rosalía. Muchos autores aluden a la baja

biodiversidad como uno de los rasgos que aumentan la alergenidad de los EVU (Middleton, 1994; Cariñanos y Casares-Porcel, 2011), sobre todo si las que abundan son las más alergógenas (Cariñanos *et al.*, 2019), como es el caso del parque Huerta de Rosalía. Pero también se han evidenciado relaciones positivas entre biodiversidad y alergenidad en parques cuando hay un equilibrio entre las especies con diferentes atributos de floración y alergenidad (Cariñanos *et al.*, 2019). Esto explicaría la baja alergenidad del parque de la UAL, ya que es claramente más diverso en especies de esta naturaleza.

Igualmente, afecta a la alergenidad el hecho de que haya infraestructuras rodeando el parque que impiden la dispersión del polen (Cariñanos *et al.*, 2014), determinando la medida en que los granos de polen emitidos pueden unirse al flujo de aire y dispersarse, evitando así su acumulación en concentraciones excesivas. Aunque habría que hacer estudios precisos, en los dos parques estudiados, ambos rodeados por espacios abiertos y bien aireados, no se cree que este fenómeno de la acumulación de polen en la atmósfera local sea alta. Lo que sí podría afectar más es el enriquecimiento de la atmósfera en polen alergógeno por la vegetación que hay fuera de los límites de ambos parques: la UAL tiene próximas zonas seminaturales con especies como *Tamarix canariensis* y arbustos y herbáceas pertenecientes a las familias *Amaranthaceae* y *Poaceae*, siendo todas altamente alergénicas; y el parque Huerta de Rosalía tiene al Oeste la Sierra de Gádor, con grandes extensiones de pinares (*Pinus halepensis*) próximas, de forma que su polen puede ser arrastrado hacia el parque por el viento.

A pesar de que estos factores puedan incrementar la alergenidad de los parques, no son tenidos en cuenta por el IUGZA, ya que este se basa sólo en la composición de especies del parque y no lo que le rodea (Cariñanos *et al.*, 2014). No obstante, este índice permite tener en cuenta qué especies emplear a la hora del diseño de los EVU y, además, qué medidas se pueden adoptar para reducir la alergenidad, como por ejemplo, incrementar el número de individuos femeninos (Ogren, 2000, 2002), introducir especies con cortos períodos de polinización y aumentar la diversidad de especies utilizadas (Cariñanos y Casares-Porcel, 2011). En los parques estudiados, teniendo en cuenta los bajos valores de alergenidad obtenidos, no se recomendaría realizar cambios sustanciales.

Además, el gradiente latitudinal es también un parámetro interesante ya que determina las variables ambientales predominantes (Cariñanos *et al.*, 2019), aunque no se ha utilizado en este trabajo por la similitud de latitudes. Sin embargo, en climas más fríos de la Península, al ser más húmedos, hay un estrés hídrico menor y, por tanto, una floración más intensa, consecuentemente, el valor del IUGZA será más elevado (Cariñanos *et al.*, 2019).

5.2. Especies más Alergógenas

El polen de los cipreses y otras especies de la familia *Cupressaceae* se sabe que genera problemas de alergia graves sobre la población más vulnerable de las ciudades, incluyendo síntomas como rinitis o asma (Iacovacci *et al.*, 1998; Aceituno *et al.*, 2000). Es por ello por lo que, en lugares donde son abundantes, las autoridades deberían de advertir a la población durante el período de polinización, que suele ser en los meses de invierno (Cariñanos *et al.*, 2019). E incluso, se deberían de tomar medidas de rediseño de dichos jardines para disminuir

su alergenidad. Aunque no es demasiado factible eliminar de los parques todos los árboles que generan alergias (Lorenzoni-Chiesura *et al.*, 2000), la conciencia detallada del problema puede permitir una disminución de las especies más alergógenas mediante su reemplazamiento cuando mueran (Cariñanos *et al.*, 2016b); en este contexto, según Sklar y Ames (1985), la esperanza de vida de los árboles en ambientes urbanos puede llegar a ser un 40% más baja que si estuvieran en un hábitat más natural.

Como ya es bien conocido, el polen del olivo produce daños sobre la población más sensible, haciendo que, incluso, no se pueda salir a la calle en zonas donde hay altas densidades de olivos. Además, al haberse incrementado su uso como planta ornamental, en algunos lugares ha aumentado la sensibilización a otras especies de la familia *Oleaceae* por la reactividad cruzada (Lombardero *et al.*, 2002). Por otro lado, el polen de la familia *Salicaceae* y, en concreto del género *Populus*, tiene una importancia alérgica considerable (Oh, 2018); genera efectos típicos de las alergias (asma y conjuntivitis alérgica) y, si la exposición es diaria, se puede incluso llegar a la hospitalización (Oh, 2018). En cuanto a la familia *Moraceae*, en la que se incluye *Morus alba*, se produce un polen que es altamente alérgico (Singh *et al.*, 1987; Sneller *et al.*, 1993; Subiza *et al.*, 1995; Singh *et al.*, 2003; García-Mozo *et al.*, 2006; Gonzalo-Garjo *et al.*, 2006), generando algunos de los efectos respiratorios citados anteriormente.

A pesar de que está constatada la alergia generada por el polen del género *Pinus* sobre la población, dicha alergia ha sido considerada como clínicamente insignificante (Oh, 2018). Los problemas suelen incluir rinoconjuntivitis estacional (Marcos *et al.*, 2001).

Por su parte, la mayoría de especies entomófilas usadas en jardines tienen a las abejas como su principal polinizador (Tommasi *et al.*, 2004); por tanto, esto confirma la importancia de los EVU en lo que respecta a servicios ecosistémicos, no sólo por la diversidad de abejas que realizan la polinización, sino también porque mantienen los procesos ecosistémicos (Gómez-Baggethun y Barton, 2013). Como las especies entomófilas no suelen ser demasiado alergógenas, se deberían de utilizar árboles con este tipo de polinización ya que, junto con la diversidad de abejas mencionada, va asociada la baja alergenidad; a diferencia de las especies con polinización anemófila (más intensa en las coníferas), que son las que más se suelen utilizar y las que generan los llamados diservicios ecosistémicos.

El calentamiento global, inducido severamente por la especie humana, incrementa las alergias sobre la población, en parte, por el impacto sobre las especies que son más alergógenas (Oh, 2018). Es decir, un clima alterado puede llegar a afectar al rango de especies alergógenas, así como a la longitud del período de polinización, y la elevación de las concentraciones de CO₂ podría aumentar la productividad vegetal y, consecuentemente, la producción de polen (Oh, 2018) que, una vez liberado al aire, se suele comportar como los contaminantes químicos o abióticos (Cariñanos *et al.*, 2001); su dispersión está muy influenciada tanto por la estructura de planificación de la ciudad como por su microclima (Cariñanos *et al.*, 2016b).

La incidencia de enfermedades respiratorias asociada a altas concentraciones de polen se verá aumentada en los próximos años, no sólo por el calentamiento global, sino también por el incremento de la población que vive en ciudades (United Nations, 2008), ya que se estima que

el 70% de la población mundial vivirá en zonas urbanas. Para reducir esta problemática, todas las ciudades deben adoptar medidas para afrontar el calentamiento global, mitigar su impacto y reforzar la resiliencia de estas (Cariñanos *et al.*, 2019); en este contexto, los EVU juegan un papel importante porque aportan servicios ecosistémicos, beneficios y bienestar a la población (Andreucci, 2017; Mexia *et al.*, 2018). Llegando a utilizar las especies adecuadas en el desarrollo de estos espacios, se puede, incluso, mejorar la salud de los ciudadanos, reduciendo la manifestación de las alergias.

6. Conclusiones

Tras la aplicación del IUGZA sobre los jardines de la UAL y del parque Huerta de Rosalía, los primeros han resultado ser menos alergénicos que los segundos (el del parque Huerta de Rosalía es el doble de alergénico que el de la UAL), no por el tipo de clima, ya que presentan especies muy similares, sino porque el de la UAL cuenta con una mayor biodiversidad; como consecuencia, los resultados no sostienen la hipótesis planteada en este trabajo.

Ambos jardines tienen un índice de alergenidad bajo, luego no generan efectos muy negativos sobre las personas sensibles. Sin embargo, en el caso de que se quieran disminuir aún más estos valores, se recomienda que, en el momento de plantar nuevos individuos, o bien reemplazar alguno que haya muerto, se utilicen especies con baja alergenidad y, a poder ser, que sean autóctonas.

Se ha enriquecido, además, la palinoteca del CECOUAL en 52 muestras permanentes mediante acetólisis y 55 muestras temporales de larga duración en vivo, que serán utilizadas, entre otros estudios, como referencia para la identificación del polen aerovagante de la ciudad de Almería.

Aunque en este estudio nos hemos centrado en los árboles ornamentales, sería interesante profundizar en el papel que juegan los matorrales y la vegetación herbácea (tanto ornamental como silvestre) en las alergias de la población, ya que, como se ha observado en los resultados, en ambos parques ocupan, aproximadamente, la mitad de la superficie destinada a jardines, y, además, en el caso de la UAL, se encuentra rodeada de especies herbáceas, muchas de ellas muy alergénicas.

7. Bibliografía y Webgrafía

- Aceituno, E., Del Pozo, V., Mínguez, A., Arrieta, I., Cortegano, I., Cárdbaba, B., ... Lahoz, C. (2000). Molecular cloning of major allergen from *Cupressus arizonica* pollen: Cup a 1. *Clin. Exp. Allergy*, 30 (12): 1750-1758.
- Andreucci, M. (2017). *Progettare green infrastructure tecnologie, valori e strumenti per la resilienza urbana*. Milán, Italia. Wolters Kluwer. ISBN: 978-882-17-6317-5.
- Annerstedt, M., Notman, J., Boman, M., Matson, L., Grahn, M., y Währborg, P. (2010). Finding stress relief in a forest. *Ecol. Bull.*, 53: 33-42.

- Bowler, D. E., Buyung, A. L., Knight, T. M., y Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landsc. Urban Plan.* 97: 147–155.
- Cariñanos, P., Adinolfi, C., Casares-Porcel, M., De Linares, C., y Díaz, C. (2016a). Characterization of Allergen Emission Sources in Urban Areas. *J. Environ. Qual.*, 45 (1): 244-252.
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., Díaz de la Guardia, C., Aira, M., Boi, M., Cardador, C., ... Vega-Maray, A. (2016b). Salud Ambiental de los parques españoles: Aproximación al potencial alergénico de espacios verdes urbanos. *Rev. Salud Ambiental*, 16 (1): 33-42.
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., y Quesada-Rubio, J. (2014). Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landsc. Urban Plan.*, 123: 134-144.
- Cariñanos, P., Grilo, F., Pinho, P., Casares-Porcel, M., Branquinho, C., Acil, N., ... Vilhar, U. (2019). Estimation of the Allergenic Potential of Urban Trees and Urban Parks: Towards the Healthy Design of Urban Green Spaces of the Future. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16 (1357): 1-17.
- Cariñanos, P., Prieto, J., Galán, C., y Domínguez, E. (2001). Solid suspended particles affecting the quality of air in urban environments. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 67: 385-391.
- Cariñanos, P., y Casares-Porcel, M. (2011). Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landsc. Urban Plan.*, 101: 205-214.
- D'Amato, G., Baena-Cagnani, C.E., Cecchi, L., *et al.* (2013). Climate change, air pollution and extreme events leading to increasing prevalence of allergic respiratory diseases. *Multidiscip. Respir. Med.*, 8: 12.
- D'Amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., y Van Cauwenberge, P. (2007). Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, 62 (9): 976-990.
- D'Amato, G., Spieksma, F., Liccardi, G., Jager, S., Russo, M., Kontou-Fili, *et al.* (1998). Pollen-related allergy in Europe. *Allergy*, 53: 567-578.
- Díaz, C., y Blanca, G. (1994). *Flora ornamental de Granada. Polen e incidencia en las alergias*. Granada, España. Universidad de Granada. ISBN: 978-843-38-1957-4.
- Dwyer, J. F., McPherson, E. G., Schroeder, H. W., y Rowntree, R. A. (1992). Assessing the benefits and costs of the urban forests. *J. Arboric.*, 18: 227–235.
- Erdtman, G. (1960). The acetolysis method. *Svensk. Bot. Tidskr.*, 54: 561-564.

- Escobedo, F. J., Kroeger, T., y Wagner, J. E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environ. Pollut.*, 159: 2078–2087.
- García-Mozo, H., Pérez-Badia, R., Fernández-González, F., y Galán, C. (2006). Airborne pollen sampling in Toledo, Central Spain. *Aerobiologia*, 22 (1): 55-66.
- Gioulekas, D., Papakosta, D., Damiales, A., Spieksma, F. T. M., Giouleka, P., y Patakas, D. (2004). Allergenic pollen records (15 years) y sensitization in patients with respiratory allergy in Thessaloniki, Greece. *Allergy*, 59: 174-184.
- Gómez-Baggethun, E., y Barton, D. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecol. Econ.*, 86: 235-245.
- Gonzalo-Garjo, M., Tormo-Molina, R., Muñoz-Rodríguez, A., y Silvia-Palacios, I. (2006). Differences in the spatial distribution of airborne pollen concentrations at different urban locations within a city. *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.*, 16 (1): 37-43.
- Grahn, P., y Stigsdotter, V. A. (2003). Landscape planning and stress. *Urban For. Urban Green.*, 2: 1–18.
- Herranz, J. M. (2017). *Los jardines botánicos y la conservación vegetal: contribución del jardín botánico de Castilla-La Mancha* (Lección Inaugural, inédito). Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete.
- Hesse, M., Halbritter, H., Zetter, R., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A., y Ulrich, S. (2009). *Pollen Terminology. An illustrated handbook*. Viena, Austria. Springer Wien New York. ISBN: 978-321-17-9893-5.
- Hruska, K. (2003). Assessment of urban allergophytes using y allergen index. *Aerobiologia*, 19: 107-111.
- Iacovacci, P., Afferni, C., Barletta, B., Tinghino, R., Di Felice, G., Pini, C., y Mari, A. (1998). *Juniperus oxycedrus*: a new allergenic pollen from the *Cupressaceae* family. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 101: 755-761.
- Jochner-Oette, S., Stitz, T., Jetschni, J., y Cariñanos, P. (2018). The influence of individual-specific plant parameters and species composition on the allergenic potential of urban green spaces. *Forests*, 9: 284.
- Knox, R. B., Suphioglu, C., Taylor, P., Desai, R., Watson, H. C., Pebg, J. L., y Bursill, L. A. (1997). Major grass pollen allergen Lol p1 binds to diesel exhaust particles: implications for asthma and air pollution. *Clin. Exp. Allergy*, 27: 246-251.
- Laforteza, R., Carrus, G., Sanesi, G., y Davies, C. (2009). Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban For. Urban Green.*, 8: 97–108.

- Lafortezza, R., Davies, C., Sanesi, G., y Konijnendijk, C. (2013). Green infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions. *iForest*, 6: 102–108.
- Liu, C., y Li, X. (2012). Carbon storage and sequestration by urban forests in Shenyang, China. *Urban For. Urban Green.*, 11: 121–128.
- Lombardero, M., Obispo, T., Calabozo, B., Lezaún, A., Polo, F., y Varber, D. (2002). Cross-reactivity between olive and other species. Role of Ole e 1-related proteins. *Allergy*, 57: 29-34.
- Lorenzoni-Chiesura, F., Giorato, M., y Marcer, G. (2000). Allergy to pollen of urban cultivated plants. *Aerobiologia*, 16: 313-316.
- Lyytimäki, J., y Sipilä, M. (2009). Hopping on one leg – The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban For. Urban Green.*, 8: 309–315.
- Marcos, C., Rodríguez, F., Luna, I., Jato, V., y González, R. (2001). Pinus pollen aerobiology and clinical sensitization in northwest Spain. *Ann. Allergy Asthma Immunol.*, 87 (1): 39-42.
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., y Hales, S. (2006). Climate change and human health: Present and future risks. *Lancet*, 367: 859-869.
- Mexia, T., Vieira, J., Príncipe, A., Anjos, A., Silva, P., Lopes, N., ... Pinho, P. (2018). Ecosystem services of urban parks under the magnifying glass. *Environ. Res.* 24: 469–478.
- Middleton, J. (1994). Effects of urbanization on biodiversity in Canada. En Biodiversity Science Assessment Team (Canada) (Ed), *Biodiversity in Canada: A Science Assessment for Environment Canada* (pp. 127-132). Ottawa. Environment Canada. ISBN: 978-066-22-2458-7.
- Moreno, S. (2017). *Estudio del potencial alergénico y otros efectos ecosistémicos en espacios verdes urbanos de Cartagena* (Trabajo Fin de Grado, inédito). Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena.
- Ogren, T. (2002). Trees, shrubs and urban allergies. In *WAA annual conference. Wisconsin ANR Urban Forestry Conference*.
- Ogren, T. (2000). *The revolutionary guide to healthy landscaping*. Berkeley, CA/Toronto. Ten speed press. ISBN: 978-158-00-8200-6.
- Oh, J. (2018). *Pollen allergy in a changing world. A guide to scientific understanding and clinical practice*. Seoul, South Korea. Springer. ISBN: 978-981-10-5498-3.
- Paoletti, E., Bardelli, T., Giovannini, G., y Pecchioli, L. (2011). Air quality impact of an urban park over time. *Procedia Environ. Sci.* 4: 10–16.

- Quesada, C. (2018a). Colecciones de plantas vasculares. En Bellido, M. L., Cabrera, M. I., Sánchez, P., Sánchez, F. J. y Tinaut, A. (Eds), *Herbario de la Universidad de Granada* (pp. 37-55). Granada, España: Universidad de Granada. ISBN: 978-84-338-6190-0.
- Quesada, C. (2018b). Introducción de los “libros de hierbas” a los centros de documentación botánica. En Bellido, M. L., Cabrera, M. I., Sánchez, P., Sánchez, F. J. y Tinaut, A. (Eds), *Herbario de la Universidad de Granada* (pp. 9-15). Granada, España: Universidad de Granada. ISBN: 978-84-338-6190-0.
- Quesada, C. (2018c). Nuevos usos: nuevas colecciones. En Bellido, M. L., Cabrera, M. I., Sánchez, P., Sánchez, F. J. y Tinaut, A. (Eds), *Herbario de la Universidad de Granada* (pp. 103-115). Granada, España: Universidad de Granada. ISBN: 978-84-338-6190-0.
- Rantio-Lehtimäki, A., Viander, M., y Koivikko, A. (1994). Airborne birch pollen antigens in different particle sizes. *Clin. Exp. Allergy*, 24: 23–28.
- Sáenz, C. (2004). Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa*, 25: 93-112.
- Sanesi, G., y Chiarello, F. (2006). Residents in urban green spaces: The case of Bari. *Urban For. Urban Green.*, 4: 125–134.
- Sicard, P., Agathokleous, E., Araminiene, V., Carrari, E., Hoshika, Y., De Marco, A., y Paoletti, E. (2018). Should we see urban trees as effective solutions to reduce increasing ozone levels in cities? *Environ. Pollut.*, 243: 163-176.
- Singh, A., y Kumar, P. (2003). Aeroallergens in clinical practice of allergy in India. An overview. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 10 (2): 131-136.
- Singh, B., Singh, A., Nair, P., y Gangal, S. (1987). Survey of airborne pollen and fungal spores at Dehra Dun, India. *Ann. Allergy*, 59 (3): 229-234.
- Sklar, F., y Ames, R. (1985). Staying alive: Street tree survival in the inner city. *J. Urban Aff.*, 7: 55-66.
- Sneller, M., Hayes, H., y Pinnaas, J. (1993). Pollen changes during five decades of urbanization in Tucson, Arizona. *Ann. Allergy*, 71 (6): 519-524.
- Sofiev, M. (2016). On impact of transport conditions on variability of the seasonal pollen index. *Aerobiologia*, 33: 1-13.
- Spieksma, F. T., Nikkels, B. H., y Dijkman, J. H. (1995). Seasonal appearance of grass pollen allergen in natural pauci-micronic aerosol of various size fraction. Relationship with airborne grass pollen concentration. *Clin. Exp. Allergy*, 25 (3): 202–205.
- Subiza, J., Jerez, M., Jiménez, J., Narganes, M., Cabrera, M., Varela, S., y Subiza, E. (1995). Allergenic pollen pollinosis in Madrid. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 96 (1): 1.
- Tommasi, P., Miro, A., Higo, H., y Winston, M. (2004). Bee diversity and abundance in an urban planning. *Can. Entomol.*, 136: 851-869.

Alergenicidad en espacios verdes urbanos y atlas polínico: herramientas para el seguimiento de las polinosis en la provincia de Almería (España)

Trigo, M., Jato, V., Fernández, D., y Galán, C. (2008). *Atlas aeropalínológico de España*. León, España. Publicaciones Universidad de León. ISBN: 978-84-9773-403-5.

United Nations (2008). World urbanization prospects: The 2007 revision. *Executive summary*. United Nations, Dep. Econ. Social Affairs, New York.

Valero, A. L., y Cadahía, A. (2002). *Polinosis. Polen y alergia*. Barcelona, España. MRA Ed. SL/Lab. MENARINI SA. ISBN: 84-88865-71-6.

Vieira, J., Matos, P., Mexia, T., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., Correia, O., Branquinho, C., y Pinho, P. (2018). Green spaces are not all the same for the provision of ecosystem services: The case of air purification and climate regulation. *Environ. Res.* 160: 306–313.

Weber, R. W. (2003). Patterns of pollen cross-allergenicity. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 46 (112): 229–239.

Webgrafía

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=63250&k=and>

<https://es.climate-data.org/europe/espana/andalucia/alhama-de-almeria-226071/>

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>

<http://www2.ual.es/cecoual/presentacion/>

8. Anexo

8.1. Anexo I: Glosario

Analeptomado: Polen con un área adelgazada o leptoma en el polo distal.

Anasulcado: Polen con una apertura en forma de sulco en el polo distal.

Angulaperturado: Grano de polen que, en visión polar, posee las aperturas en los ángulos del contorno ecuatorial.

Apertura: Zona del polen en la que la exina está adelgazada o ausente, facilitando los mecanismos harmomegáticos y la salida del tubo polínico.

Apocolpia: Área situada en los polos distal y proximal, comprendiendo zonas no aperturadas.

Apolar: Sin polos definidos.

Colpo: Apertura alargada con una longitud mayor que dos veces su anchura y con el eje más largo formando un ángulo recto con el ecuador.

Columela: Elemento del infratécum a modo de columna que sustenta al téctum.

Corpus: Parte central de ciertos pólenes que sustenta los sacos o vesículas aeríferas.

Distal: Área de cada grano de polen que está más alejada del interior de la tétrada.

Ectexina: Capa más externa de la exina.

Ectoapertura: Apertura que afecta a la ectexina.

Endexina: Capa interna de la exina, suele ser lisa y homogénea.

Endoapertura: Apertura que afecta a la endexina.

Escábrida: Áspera. Superficie con elementos ornamentales más o menos isodiamétricos que no sobrepasan 1 μm de longitud.

Espínula: Semejante a la espina, pero de altura inferior a 3 μm .

Esporodermis. Cubierta que rodea y protege al polen.

Exina: Pared más externa de la cubierta del grano de polen, la única que permanece en los granos acetolizados.

Heteropolar: Se aplica a los pólenes cuyos polos distal y proximal son distintos entre sí.

Inaperturado: Polen que carece de aperturas.

Infratécum: Estrato de la sexina o de la ectexina que está debajo del téctum y suele estar provisto de columelas.

Intina: Pared más interna de la esporodermis, poco resistente y que se destruye en los granos acetolizados.

Isopolar: Se aplica a los pólenes cuyos polos distal y proximal son iguales entre sí.

Lalongada: Endoapertura alargada en sentido transversal.

Leptoma: Área adelgazada de la exina, irregular, que funciona como una apertura.

Lúmen: En pólenes reticulados, cada uno de los espacios delimitados por los muros.

Membrana apertural: Área de la exina más débil y elástica que está en las aperturas.

Monoanaporado: Polen con un poro en el polo distal.

Monosulcado: Polen que presenta un sólo sulco.

Muro: Engrosamiento que separa los lúmenes de un retículo.

Nexina: Capa más interna de la exina, continúa.

Oblado/oblato: Eje polar más corto que el diámetro ecuatorial.

Opérculo: Parte de la ectexina que cubre una apertura, aislada del resto por una estrecha zona en la que falta.

Orbículo: Pequeños cuerpos esféricos y espinulosos que se disponen sobre la exina de forma irregular.

Pantosincolpados: Polen que presenta los colpos soldados distribuidos por toda la superficie.

Peroblado: Grano de polen radiosimétrico isopolar cuya razón eje polar/diámetro ecuatorial es menor de 0,5 μm .

Políada: Conjunto de granos de polen de una célula madre cuando se forman en número superior a cuatro; término que se utiliza cuando dichos granos se dispersan juntos.

Poro: Apertura más o menos redondeada, de longitud menor que dos veces su anchura.

Prolato: Eje polar más largo que el diámetro ecuatorial.

Psilada: Superficie que carece de elementos ornamentales.

Rugulado o escábrido: Polen con elementos ornamentales al menos dos veces más largos que anchos, distribuidos irregularmente.

Sexina: Capa externa de la exina, esculturada.

Sincolporado: Polen colporado que tiene los colpos soldados en los polos.

Suboblato: Polen cuya razón eje polar/diámetro ecuatorial es de 0,75 μm a 0,88 μm .

Subprolato: Polen cuya razón eje polar/diámetro ecuatorial es de 1,14 μm a 1,33 μm .

Sulco: Apertura más de dos veces más larga que ancha, situada en el polo distal.

Téctum: Estrato externo de la ectexina, más o menos continuo.

Tétrada: Conjunto constituido por cuatro granos de polen que se dispersan juntos.

Tretrazonocolporado: Polen que tiene cuatro aperturas colporadas cuyo centro coincide con el ecuador.

Tricolporado: Polen con tres colpos.

Trizonocolpado: Polen que tiene tres colpos cuyo centro coincide con el ecuador.

Trizonocolporado: Que tiene tres aperturas colporadas cuyo centro coincide con el ecuador.

Trizonoporado: Que tiene tres aperturas en los poros.

Trizonosincolporado: Polen colporado que tiene los tres colpos soldados en los polos.

8.2. Anexo II: Atlas Polínico

Nota: para el tamaño de los granos de polen se ha seguido la clasificación de Díaz y Blanca (1994) que considera las siguientes clases:

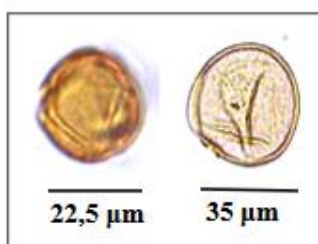
Pequeño: inferior a 25 μm .

Mediano: entre 25 y 35 μm .

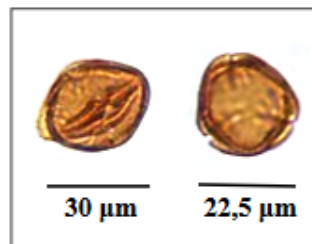
Grande: superior a 35 μm .

Anacardiaceae

Schinus molle L.



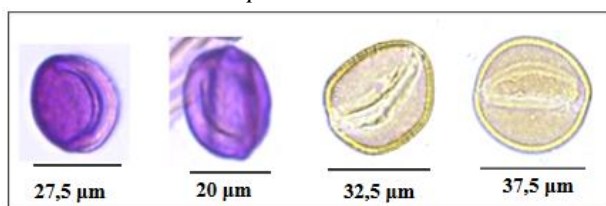
Schinus terebinthifolius Raddi.



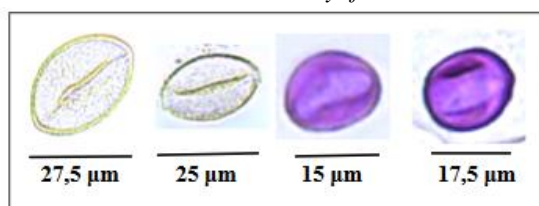
El polen de este género es trizonocolporado, isopolar, con simetría radial, prolato-esferoidal, triangular en visión polar, angulaperturado. Su tamaño oscila entre 20-35 μm (pequeño-mediano). Los colpos son terminales, obtusos, constreñidos en el ecuador y la membrana apertural es granulada; la endoapertura es de tipo poro, lalongada. Téctum completo; superficie estriada, con endoretículo, formado por conexiones laterales y perforaciones.

Arecaceae

Chamaerops humilis L.



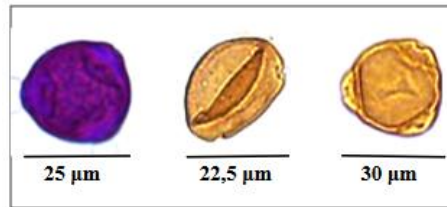
Phoenix dactylifera L.



El polen de la familia *Arecaceae* es monosulcado, heteropolar, con simetría bilateral, de oblado esferoidal a peroblado, en visión polar puede ser elíptico o subcircular y planoconvexa en visión ecuatorial. El tamaño puede variar de las 15 μm a las 35 μm (pequeño-mediano). La apertura es de tipo sulco y está situada en el polo distal, recorriendo su eje mayor. Téctum parcial, infratéctum columelado; la superficie es de perforada a reticulada, con lúmenes pequeños e irregulares y muros lisos, en general más gruesos.

Casuarinaceae

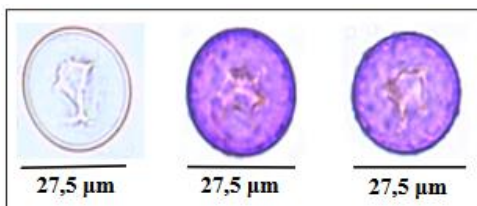
Casuarina equisetifolia L.



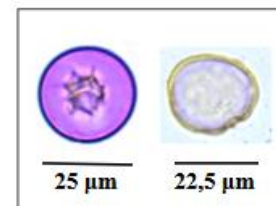
El polen presenta apariencia similar al de la familia de las betuláceas: es trizonoporado, suboblato, isopolar y con simetría radial. En vista polar es triangular, con las aperturas dispuestas en los ángulos y los lados convexos; en vista ecuatorial, sin embargo, es elíptico. Oblado. Su tamaño oscila entre las 25-35 µm (mediano). Los poros están ligeramente aspirados y miden entre 2-3 µm de diámetro. La exina mide de 1,5-2 µm de grosor y la superficie aparece finamente rugulada o escábrida, con pequeñas espínulas como elementos suprategatales. La intina forma un engrosamiento bajo las aperturas (sólo se observa en muestras en fresco).

Cupressaceae

Cupressus sempervirens L.



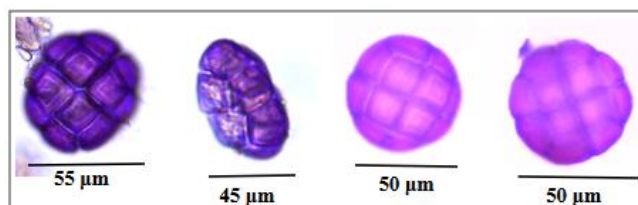
Tetraclinis articulata Vahl.



El polen de la familia *Cupressaceae* es inaperturado o monoanaporado, con una apertura poco visible. Es apolar y presenta simetría radial; tiene forma esferoidal. El tamaño es mediano, variando entre 20-30 µm. La exina es muy delgada, con elementos ornamentales de tipo orbículos irregularmente distribuidos por toda la superficie del grano de polen. La exina se rompe con facilidad, por lo que es frecuente observarla separada del contenido celular. La intina, sin embargo, es muy gruesa.

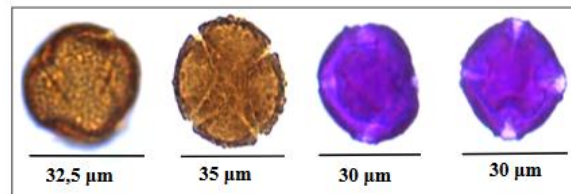
Fabaceae

Acacia cyanophylla Labill.



El polen en las acacias se emite en grupos (políadas) formados generalmente por 16 granos poligonales en las especies más frecuentes. Su tamaño oscila entre 45-55 µm (grande). La cara distal de los granos es poligonal, más o menos cuadrangular, con la exina engrosada y psilada en la parte más gruesa y la sexina más gruesa que la nexina; la ornamentación es foveolado-reticulada. En el centro, cada grano presenta una apertura cuadrangular o subcircular, con una membrana granulosa y un opérculo central con ornamentación similar al resto de la cara distal.

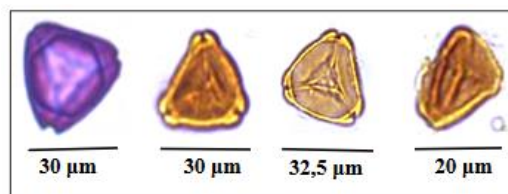
Ceratonia siliqua L.



El grano de polen del algarrobo es tretrazonocolporado, isopolar o heteropolar y con simetría radial, subcircular o cuadrado en visión polar, situándose las aperturas en los ángulos; mientras que en visión ecuatorial es circular o subcircular. Esferoidal o subesferoidal. Tamaño entre las 30-40 µm (mediano). Colpos terminales y estrechos; membrana apertural granulada; algunas apocolpias pueden ser más pequeñas, al soldarse a veces los colpos de dos en dos en los polos; ectoaperturas de tipo colpo y endoaperturas alargadas. La exina es de 2-2,5 µm de grosor, de superficie reticuladoperforada, con muros anchos y lúmenes redondeados.

Myrtaceae

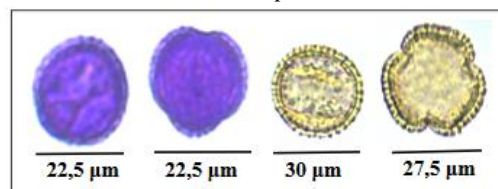
Eucalyptus camaldulensis Dehnh.



El polen de este eucalipto es trizonosincolporado, isopolar, con simetría radial, oblato-esferoidal, triangular con vértices obtusos en visión polar, angulaperturado. Su tamaño oscila entre las 20-35 µm (mediano). Los colpos están soldados en los polos formando un triángulo; la endoapertura es de tipo poro. La exina es de 2 µm, llegando a los 4 µm en la proximidad de los colpos. El tectum es completo y la superficie es escábrido-granulada.

Oleaceae

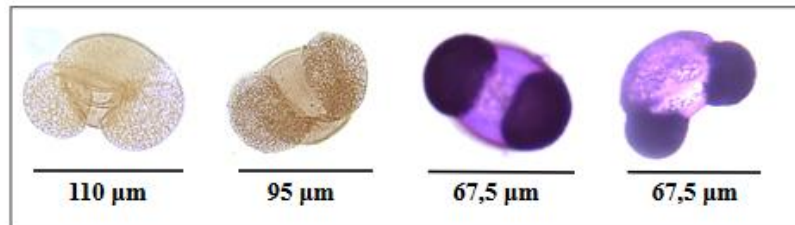
Olea europaea L.



El polen del olivo es trizonocolporado, isopolar, con simetría radial, prolato-esferoidal. El tamaño va de las 20 µm a las 30 µm, aproximadamente (pequeño-mediano). Posee colpos subterminales, estrechos y una membrana apertural granulada; la endoapertura es de tipo poro y a veces es poco visible. La exina es gruesa. El tectum es parcial, mientras que el infratectum es columelado; presenta una superficie reticulada con lúmenes irregulares.

Pinaceae

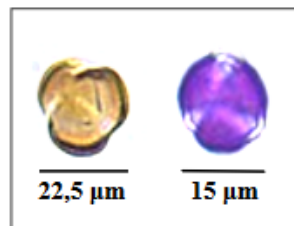
Pinus halepensis Mill.



El polen del género *Pinus* es muy característico: es analeptomado, heteropolar y con simetría bilateral, presenta dos vesículas aeríferas laterales. El corpus es de oblado a oblado-esferoidal que, en visión polar es elíptico, y en visión ecuatorial plano-convexo. El tamaño del polen es superior a las 45 µm (grande). La apertura es de tipo leptoma e irregular. La exina es de 2-4 µm. El téctum es completo y la superficie del corpus es granulado-verrugosa, mientras que la de las vesículas aeríferas psilado-microperforada.

Tamaricaceae

Tamarix canariensis Willd.



El polen de esta especie de taray es trizonocolpado, isopolar, con simetría radial, subprolato; en visión polar triangular-lobulado y en visión ecuatorial elíptico. Su tamaño oscila entre las 15-25 µm (pequeño). Las aperturas se extienden desde las zonas polares. Sus colpos son terminales, estrechos, extremos agudos y de membrana apertural granulada. La exina es de unos 2 µm de grosor. La superficie es reticulada; el téctum parcial e infratéctum columelado. A veces se presentan pólenes pantosincolpados.