

Flora ornamental y potencial alergénico de los espacios verdes urbanos. Comparativa en parques de la ciudad de Toledo

Ornamental Flora and Allergenic Potential in Urban Green Spaces. Comparison in Parks of the Town of Toledo

Flora ornamental e potencial alergénico dos espaços verdes urbanos. Comparação entre parques da cidade de Toledo

Beatriz Lara, Jesús Rojo, Jesús Javier Blanco, Cristina Cardador, Juan Ignacio Serrano, David Soriano, Rosa Pérez-Badia

Área de Botánica. Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha.

Cita: Lara B, Rojo J, Blanco JJ, Cardador C, Serrano JI, Soriano D, Pérez-Badia R. Flora ornamental y potencial alergénico de los espacios verdes urbanos. Comparativa en parques de la ciudad de Toledo. Rev. salud ambient. 2017; 17(2):176-186.

Recibido: 9 de octubre de 2017. **Aceptado:** 6 de noviembre de 2017. **Publicado:** 15 de diciembre de 2017.

Autor para correspondencia: Beatriz Lara Espinar.

Correo e: beatriz.lara@uclm.es

Área de Botánica de la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla-La Mancha . Avda. Carlos III s/n, 45071.

Financiación: Plan Propio de I+D+i de la Universidad de Castilla-La Mancha y Ayuda para la formación de personal investigador de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Presentado como comunicación oral en el XIV Congreso Español de Salud Ambiental, celebrado en Zaragoza los días 21, 22 y 23 de junio de 2017, obtuvo el 2º Premio a la mejor comunicación de trabajo de investigación.

Resumen

Los espacios verdes urbanos aportan numerosos beneficios ambientales, sociales y económicos para la población. Sin embargo, en la elección de las especies que se emplean en parques y jardines no se suele considerar su alergenicidad, lo que supone un riesgo para la población alérgica. En este trabajo se ha calculado, teniendo en cuenta la composición florística y otros parámetros, el índice de alergenicidad potencial (I_{UGZA}) en los principales parques de la ciudad de Toledo, con el fin de valorar su potencial alergénico e identificar las especies que más contribuyen a incrementar el valor de este índice. Los resultados muestran que los olmos (familia Ulmaceae) son los árboles más abundantes en los parques de Toledo, y que la contribución más importante al índice de alergenicidad potencial, procede de los plátanos de sombra, y de los cipreses y arizónicas (familia Cupressaceae), debido a su elevado potencial alergénico. De los cinco parques estudiados, en los tres con mayor densidad arbórea, se ha obtenido un valor de I_{UGZA} medio (0,3-0,5). Mientras que, en los dos restantes, los valores del índice obtenidos han sido bajos (< 0,3), en correspondencia con su baja densidad de árboles y con una combinación de especies ornamentales exóticas y autóctonas. En el diseño de nuevos espacios verdes es recomendable combinar el uso de diferentes especies, evitando grandes superficies de una única especie y utilizar especies entomófilas y de bajo potencial alergénico para disminuir el riesgo alergénico.

Palabras clave: índice de alergenicidad; alergia al polen; flora ornamental; espacios verdes urbanos.

Abstract

Urban green spaces are important elements providing environmental, social and economic benefits to the population. Nevertheless, allergenicity is not taken into account in selecting species for urban green spaces. In this paper, the Urban Green Zone Allergenicity Index (I_{UGZA}) has been calculated for the main parks in the town of Toledo. The ultimate purpose of this paper is to assess these spaces'

potential allergenicity and to identify the most important contributors (species) to the index. The results show that elms (family Ulmaceae) are the most abundant trees, whereas plane trees (*Platanus orientalis* var. *acerifolia*) and cypresses (family Cupressaceae) are the most relevant contributors to the I_{UGZA} because of their potential allergenicity. A moderate I_{UGZA} value (0.3-0.5) was obtained in the three parks with the highest tree density. On the other hand, a low index value (< 0.3) was obtained in the other two parks under consideration, in correspondence with their low tree density and the combination of exotic and native ornamental species. It would be advisable when designing new green spaces to combine different species, avoiding large monospecific surface areas, and to use entomophilous species with low allergenic potential in order to reduce the allergenic risk.

Keywords: allergenicity index; pollinosis; ornamental flora; urban green spaces.

Resumo

Os espaços verdes urbanos representam numerosos benefícios ambientais, sociais e económicos para a população. No entanto, a projeção desses espaços geralmente não considera o potencial alergénico das espécies selecionadas, facto que significa um risco para a população alérgica. Neste trabalho calculou-se, tendo em conta a composição florística e outros parâmetros, o Índice de Alergenicidade Potencial (I_{UGZA}) nos principais parques da cidade de Toledo, com o objetivo de avaliar o seu potencial alergénico e identificar as espécies que mais contribuem para aumentar o valor deste índice. Os resultados mostram que os olmos (família Ulmaceae) são as árvores mais abundantes nos parques de Toledo e que a contribuição mais importante para o índice de alergenicidade potencial tem origem nos plátanos de sombra e nos ciprestes e arizónicas (família Cupressaceae), devido ao seu elevado potencial alergénico. Nos três parques com maior densidade arbórea, obteve-se um valor I_{UGZA} médio (0,3-0,5). Enquanto, nos restantes dois, os valores do índice obtidos foram baixos ($< 0,3$), em consequência da sua baixa densidade arbórea e da combinação de espécies ornamentais exóticas e autóctones. Na fase de projeção de novos espaços verdes, visando a diminuição do risco alergénico, é aconselhável o uso de diferentes espécies, evitar a existência de grandes áreas com uma única espécie, bem como, usar espécies com polinização entomófila e baixo potencial alergénico.

Palavras-chave: índice de alergenicidade; alergia ao pólen; flora ornamental; parques urbanos.

INTRODUCCIÓN

Los espacios verdes urbanos son esenciales para mantener una adecuada calidad de vida y favorecer el bienestar de los ciudadanos^{1,2}. Son numerosos los beneficios que parques y jardines pueden aportar a la población de las ciudades, desde el punto de vista social, económico y ambiental³. Los beneficios o servicios que proporcionan estos espacios verdes a los ciudadanos pueden entenderse por su incidencia en las condiciones ambientales locales, ya que reducen la contaminación atmosférica, la contaminación sonora y el efecto de incremento térmico⁴, o como lugares de desarrollo de diversas actividades sociales, deportivas, recreativas y comerciales⁵.

Por todo esto, los espacios verdes urbanos son importantes elementos de la ordenación urbanística, y en este sentido, constituyen un importante indicador de sostenibilidad ambiental de las ciudades⁶. Incluso, la Organización Mundial de la Salud ha puesto el foco en los espacios verdes como áreas beneficiosas para el bienestar y la salud de los ciudadanos. Por otro lado, los parques, los jardines y el arbolado de calles y paseos permiten la interacción entre el ser humano y la diversidad biológica⁷, y en algunos casos pueden representar el contacto más importante de los ciudadanos con la naturaleza.

El diseño y la planificación de los espacios verdes en las ciudades, con frecuencia, se ha basado en criterios estéticos y económicos, empleando especies de flora ornamental que reúnen ciertas características basadas exclusivamente en el periodo de crecimiento, características morfométricas, para producir sombreado, costes económicos, etc. Sin embargo, algunas de las especies empleadas como ornamentales en parques y jardines presentan un elevado riesgo para la población alérgica al polen⁸, por tratarse de árboles con una elevada producción polínica y un alto contenido de alérgenos en sus granos de polen. Por lo tanto, la elección de especies ornamentales con capacidad alergénica ha derivado en uno de los aspectos más perjudiciales de los espacios verdes⁹.

La relevancia de la composición de la flora ornamental de parques y jardines, así como el cambio de usos y aprovechamientos del suelo que sufre un territorio urbanizado¹⁰, se pone de manifiesto en las diferencias observadas en el patrón del espectro polínico de la atmósfera entre áreas urbanas y rurales^{11,12}. En ciudades de la región mediterránea, los tipos polínicos procedentes de flora ornamental de forma exclusiva, casi exclusiva o mayoritaria (por ejemplo, *Platanus*, Cupressaceae y *Ulmus*, respectivamente), se encuentran entre los más abundantes respecto al total de granos de polen

registrados¹³⁻¹⁵. En muchos casos, las concentraciones de estos tipos polínicos pueden incluso superar a las de polen procedente de la vegetación forestal, pastizales y cultivos agrícolas que son los mayoritarios en áreas naturales y zonas rurales¹⁶.

La planificación de nuevos espacios verdes urbanos debe considerar el riesgo alergénico de las especies seleccionadas e inclinarse hacia la utilización de especies con menor potencial alergénico, así como tasas bajas de emisión polínica. Recientemente, los expertos están focalizando este problema y se han desarrollado trabajos para intentar cuantificar el nivel de alergenicidad potencial de las zonas verdes urbanas^{17,18}. Estos trabajos proponen la utilización del índice de alergenicidad potencial de las zonas verdes urbanas (I_{UGZA} , por sus siglas en inglés) para estimar la alergenicidad potencial de los espacios verdes urbanos¹⁹ teniendo en cuenta las características biométricas de las especies de flora ornamental, las diversas características del proceso de polinización y el potencial alergénico de su grano de polen. Con los resultados de estas investigaciones se han identificado las variables que más influyen en el grado de alergenicidad potencial de los parques y jardines, información muy útil para proponer medidas que minimicen el impacto negativo de la flora ornamental en las personas alérgicas al polen²⁰.

OBJETIVO

En este trabajo se aplica un índice que permite estimar la alergenicidad potencial de los espacios verdes urbanos y se realiza una comparativa de cinco parques de la ciudad de Toledo. El objetivo es caracterizar la composición de la flora ornamental, relacionarla con el valor de alergenicidad potencial y destacar las especies que más contribuyen a aumentar el valor del índice de alergenicidad, para que los diseños de nuevos espacios verdes en la ciudad contemplen el uso de otras especies que disminuyan el impacto negativo sobre las personas alérgicas. Este tipo de trabajos es especialmente relevante en ciudades como Toledo, que recibe cada año varios millones de turistas, cuyos ciudadanos y visitantes pueden estar expuestos a los riesgos producidos por la flora alergénica de los espacios verdes de la ciudad.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Los parques y jardines seleccionados en este estudio se localizan en diferentes zonas de la ciudad de Toledo. Toledo está situado en el centro de la Península Ibérica (39° 51' N, 4° 02' O) a una altitud media de 529 m.s.n.m. Presenta un clima mediterráneo de tendencia continental.

La temperatura media anual es de 15,8 °C; siendo enero el mes más frío, con una temperatura media de 6,4 °C; y julio el mes más cálido, registrando una temperatura media de 26,8 °C. En lo referente a la precipitación, la media anual es de 342 mm y se concentra principalmente en los periodos de abril a mayo y de octubre a diciembre²¹. El bioclima se clasifica como mediterráneo pluviestacional-oceánico, con un termotipo mesomediterráneo de ombroclima seco²², que se caracteriza por un marcado déficit hídrico. Toledo presenta un periodo de sequía estival que transcurre desde finales de mayo hasta finales de septiembre y posee su máximo desde mediados de julio hasta mediados de agosto.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PARQUES CONSIDERADOS

En este estudio se han analizado cinco de los parques y jardines más importantes de la ciudad de Toledo, entre los cuales se encuentran tres parques urbanos, un parque periurbano y un jardín histórico (figura 1).

El parque de Safont, con una superficie de 8,56 ha, se considera parque periurbano, estando delimitado por el río Tajo al este y por terreno urbano en el resto de su perímetro. Por otro lado, el jardín histórico situado en el Campus Universitario de la Antigua Fábrica de Armas de 12,21 ha también se encuentra limitado en su extremo suroccidental por el río Tajo. Este espacio verde se podría considerar parque periurbano por su situación, sin embargo tiene la consideración de jardín histórico por pertenecer al complejo histórico, catalogado como bien de interés cultural (BIC), del antiguo emplazamiento de la Real Fábrica de Armas del rey Carlos III, que se construyó en el siglo XVIII. Ambos parques están situados junto al río Tajo por lo que poseen especies de la vegetación de ribera junto con flora ornamental. La vegetación de ribera del río Tajo en este territorio, se caracteriza por la presencia de comunidades vegetales de alamedas (*Populus alba* L. y *Populus nigra* L.) y tarayales (*Tamarix* sp. pl.), así como la presencia de restos de olmedas de *Ulmus minor* Mill. y ejemplares de almez (*Celtis australis* L.). Además, tanto en el parque de Safont como en algunas zonas del Campus Universitario de la Fábrica de Armas, existe presencia de vegetación espontánea que está representada por algunas especies de flora invasora como es el caso del ailanto (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle).

El resto de parques analizados se encuentran situados en zonas interiores del tejido urbano de la ciudad de Toledo, y se corresponden con el parque de las Tres Culturas, el parque de La Vega y del Circo Romano. El parque de las Tres Culturas posee una gran superficie (9,56 ha) y se encuentra situado en una de las zonas más comerciales y residenciales de la ciudad de Toledo.

Debido a su configuración, a su situación céntrica en la ciudad y a que contacta con un importante complejo deportivo, este parque es transitado diariamente por un gran número de ciudadanos que lo utilizan como zona de paso cotidiana, o para el desarrollo de actividades de ocio y deporte. Otro de los parques más céntricos estudiados es el parque de La Vega, y como consecuencia también uno de los más transitados, que además

alberga un mercado semanal con una gran afluencia de visitantes. El parque de La Vega, denominado también Paseo Merchán, es un parque urbano con una superficie de 3,94 ha y está ubicado entre el casco histórico de Toledo (en contacto con la Puerta de Bisagra) y los barrios residenciales, limitado también por el emblemático edificio del Hospital de Tavera.

Figura 1. Localización geográfica de los espacios verdes estudiados en la ciudad de Toledo



Por último, el parque del Circo Romano es el parque de menor superficie muestreado (2,65 ha) y se encuentra situado en la denominada Vega Baja del río Tajo, en contacto con edificios públicos como escuelas o la comisaría de la Policía Local. En este parque, se encuentra uno de los yacimientos arqueológicos más importantes de la ciudad de Toledo. En su origen, éste era el emplazamiento de un circo romano que mandó construir el emperador Octavio Augusto en el siglo I d. C., y que funcionó como tal hasta el siglo IV d. C.

ÍNDICE DE ALERGENICIDAD POTENCIAL

El índice de alergenidad potencial de los espacios verdes urbanos (I_{UGZA}) valora cuantitativamente la capacidad potencial de la flora ornamental de un espacio verde para producir molestias por polinosis a las personas que utilicen o transiten dicho lugar¹⁹. El I_{UGZA} proporciona un valor estandarizado entre 0 y 1, donde el valor 0 corresponde a un espacio verde que no presenta ninguna especie con potencial alérgico y el valor

1 a un espacio verde cuya superficie está totalmente ocupada por especies de máximo potencial alergénico y de volúmenes de copa máximos. Los autores de este índice establecen en 0,3 el umbral a partir del cual, la flora del espacio verde puede provocar molestias a la población alérgica.

El índice considera una serie de características de las especies de flora presente en los espacios verdes:

- Número de individuos (n_i)
- Volumen de copa potencial: superficie cubierta (S_i) y altura de la especie (H_i)
- Potencial alergénico del grano de polen (ap_i)
- Estrategia de polinización (pe_i)

DURACIÓN DEL PERIODO DE POLINIZACIÓN (PPP)

Mediante la siguiente fórmula, el I_{UGZA} se calcula teniendo en cuenta la aportación de cada especie presente en el espacio verde al valor del índice, en relación al máximo valor de potencial alergénico (VPA_{max}) que puede alcanzar una determinada especie y a la superficie total del parque (S_T):

$$I_{UGZA} = \frac{1}{VPA_{max} \cdot S_T} \sum_{i=1}^k n_i \cdot ap_i \cdot pe_i \cdot ppp_i \cdot S_i \cdot H_i$$

Para conocer el valor de las características relacionadas con el potencial alergénico del grano de polen, la estrategia de polinización y la duración del periodo de polinización, existe una escala basada en categorías prefijadas que facilitan la estandarización del cálculo del índice¹⁹.

- Potencial alergénico: 0 no alergénico; 1 baja alergenicidad; 2 moderada alergenicidad; 3 alta alergenicidad; 4 principales alérgenos.
- Estrategia de polinización: 0 plantas que no emiten polen (estériles, cleistógamas, femeninas); 1 plantas entomófilas, 2 plantas anfífilas (estrategia de polinización mixta), 3 plantas anemófilas.
- Duración del periodo de polinización: 1 duración de 1 a 3 semanas, 2 duración de 4 a 6 semanas, 3 más de 6 semanas.

Además, es necesario considerar el número de ejemplares de cada especie, para lo que es necesario

realizar un inventario exhaustivo de los parques, y el volumen potencial de copa de cada especie, calculado a partir de la altura y la proyección, empleando la aproximación a formas geométricas cuyo volumen es posible calcular¹⁹.

RESULTADOS

Los parques con una mayor cobertura vegetal (respecto a todos los estratos) son los parques de La Vega, el parque de las Tres Culturas y el parque de Safont, ya que su superficie está cubierta por vegetación en torno a un 70-80 % del total (tabla 1). Sin embargo, la estructura del parque de Safont es muy diferente respecto a los otros dos parques, mientras que los parques de las Tres Culturas y La Vega son parques que cuentan con una elevada densidad arbórea y zonas ajardinadas limitadas por importantes alineaciones de setos, el parque de Safont está constituido principalmente por ejemplares arbóreos aislados en baja densidad. Alrededor de la mitad del parque del Circo Romano presenta cobertura vegetal, y en el caso del Campus Universitario de la Antigua Fábrica de Armas, la superficie cubierta por vegetación representa el 27 %. Respecto a la cobertura de césped, el parque que cuenta con mayor superficie de césped es el parque de las Tres Culturas (59 % del total), seguido por el parque de Safont (40 %), aunque en este caso la cobertura de herbáceas está compuesta por especies de gramíneas de carácter adventicio propias de comunidades ruderales, gestionadas mediante ciertas cortas anuales.

Las especies del género *Ulmus* son las más abundantes en los parques (*Ulmus minor* Mill. y *Ulmus pumila* L., y algún ejemplar de *Ulmus laevis* Pall. en el Campus de la Antigua Fábrica de Armas), excepto en el parque de Safont, donde la especie predominante es el almez (*Celtis australis* L.) (tabla 1). En relación con el volumen de copa que ocupan las diferentes especies agrupadas en familias, la familia Ulmaceae es, en términos de porcentaje, la que mayor volumen representa en los parques, destacando de manera importante frente al resto (23,2-53,6 %). En el Campus de la Antigua Fábrica de Armas, la familia Tiliaceae (24,4 %) representada por los tilos (*Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop.), presenta un porcentaje de volumen de copa similar al de la familia Ulmaceae (24,4 %) (figura 2), y en el parque de las Tres Culturas, destaca por detrás de la familia Ulmaceae (23,2 %), la familia Pinaceae (19,1 %). Por tanto, las coníferas aparecen también bien representadas en algunos de los parques, como el parque de las Tres Culturas, como se acaba de comentar, el parque de La Vega y el Circo Romano donde la familia Pinaceae cuenta con aproximadamente el 15-20 % del volumen de copa del parque (figura 2), albergando

especies como el pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.), el pino piñonero (*Pinus pinea* L.) y el cedro (*Cedrus deodara* (D. Don) G. Don). Otras coníferas que muestran gran abundancia son las especies de la familia Cupressaceae, principalmente representada por el ciprés (*Cupressus sempervirens* L.) en la mayor parte de los parques (tabla 1),

sin embargo, también es importante la presencia del ciprés de Arizona (*Cupressus arizonica* Greene) en el parque de las Tres Culturas, el ciprés de América central (*Cupressus lusitanica* Mill.) o la tuya oriental (*Platyclusus orientalis* (L.f.) Franco) en el Campus Universitario.

Tabla 1. Características de los espacios verdes estudiados en la ciudad de Toledo (las especies más abundantes se muestran en orden decreciente de abundancia)

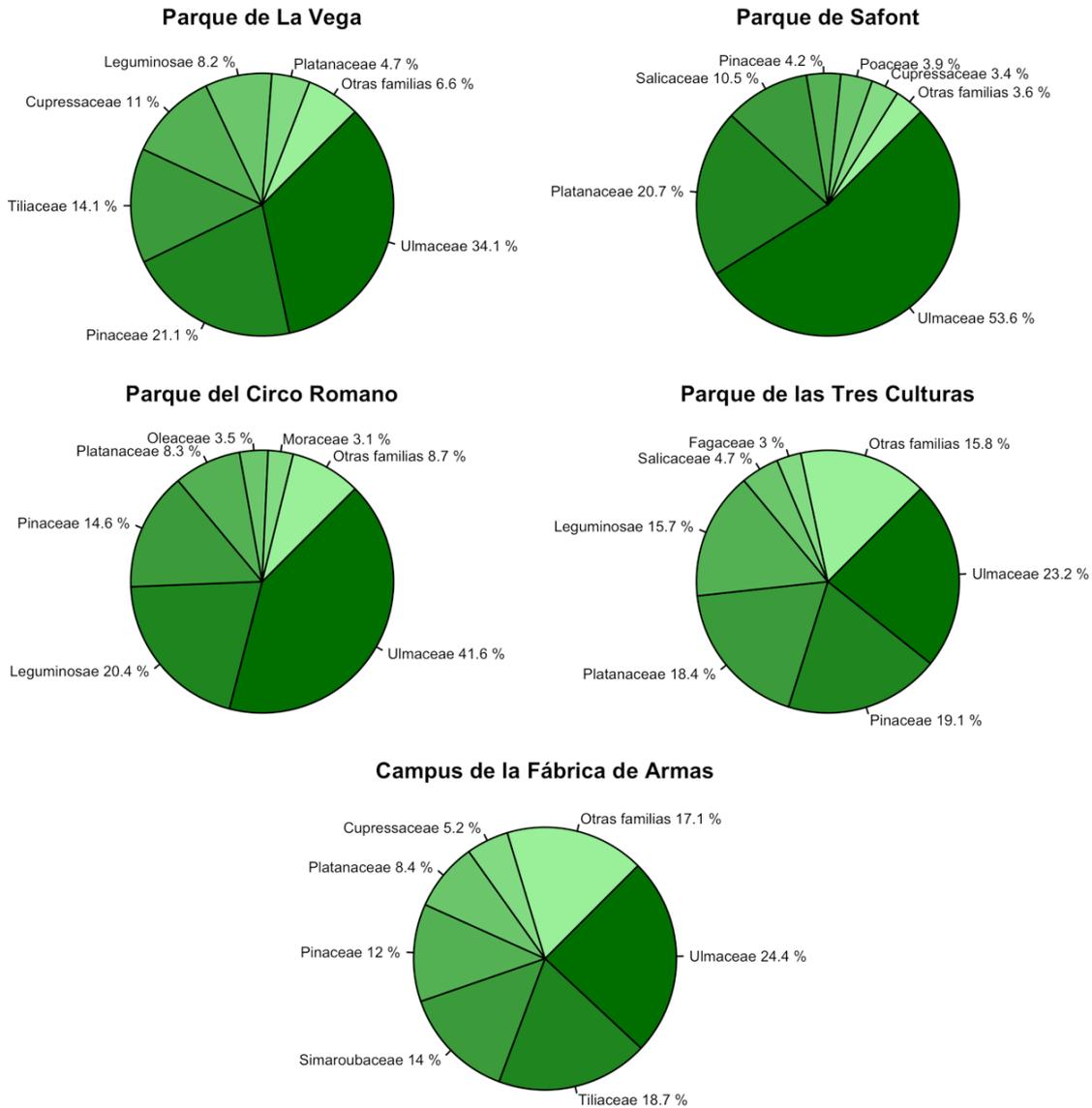
ESPACIO VERDE	TIPOLOGÍA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	SUPERFICIE (m ²)	COBERTURA VEGETAL (m ²)	COBERTURA DE CÉSPED (m ²)	ESPECIES MÁS ABUNDANTES
Parque de La Vega	Urbano	39° 51' 49,46" N 4° 01' 32,63" O	39 404	29 842 (75,7 %)	1 755 (4,5 %)	<i>Ulmus</i> sp. pl. (<i>U. minor</i> y <i>U. pumila</i>) <i>Cupressus sempervirens</i> <i>Pinus halepensis</i> <i>Ligustrum lucidum</i> <i>Tilia</i> sp. pl. (<i>T. cordata</i> y <i>T. platyphyllos</i>)
Parque de Safont	Periurbano	39° 51' 57,03" N 4° 01' 2,88" O	85 612	58 402 (68,2 %)	33 819 (39,5 %)	<i>Celtis australis</i> <i>Populus alba</i> <i>Cupressus sempervirens</i> <i>Platanus orientalis</i> var. <i>acerifolia</i> <i>Ulmus</i> sp. pl. (<i>U. minor</i> y <i>U. pumila</i>)
Parque del Circo Romano	Urbano	39° 51' 50,87" N 4° 01' 46,03" O	26 500	14 900 (56,2%)	987 (3,7 %)	<i>Ulmus</i> sp. pl. (<i>U. minor</i> y <i>U. pumila</i>) <i>Trachycarpus fortunei</i> <i>Cupressus sempervirens</i> <i>Ligustrum lucidum</i> <i>Pinus halepensis</i>
Parque de las Tres Culturas	Urbano	39° 52' 23,15" N 4° 01' 52,25" O	95 635	78 500 (82 %)	56 719 (59,3 %)	<i>Ulmus</i> sp. pl. (<i>U. minor</i> y <i>U. pumila</i>) <i>Pinus pinea</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Acer negundo</i> <i>Populus</i> sp. pl. (<i>P. alba</i> y <i>P. nigra</i>)
Campus de la Antigua Fábrica de Armas	Histórico	39° 51' 52,79" N 4° 02' 30,30" O	122 084	32 812 (26,9 %)	4 812 (3,9 %)	<i>Ulmus</i> sp. pl. (<i>U. minor</i> y <i>U. pumila</i>) <i>Trachycarpus fortunei</i> <i>Ailanthus altissima</i> <i>Tilia</i> sp. pl. (<i>T. cordata</i> y <i>T. platyphyllos</i>) <i>Cupressus sempervirens</i>

Otra familia de especies planifolias importante es Platanaceae, cuya única especie, el plátano de sombra (*Platanus orientalis* L. var. *acerifolia* Dryand in Aiton), representa aproximadamente entre el 8,3 y el 20,7 % del volumen de copa de los parques (figura 2), salvo en el parque de La Vega donde ocupa un 4,7 %. En algunos casos como el Parque de La Vega, el del Circo Romano o el parque de las Tres Culturas, la familia Leguminosae representada principalmente por la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), la sófora (*Sophora japonica* L.) o la acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos* L.) muestra un importante volumen de copa (8,2 %, 20,4 % y 15,7 % respectivamente). En el Campus Universitario de la Antigua Fábrica de Armas la familia Simaroubaceae

cuenta con el 14 % del volumen vegetal, representada por el ailanto (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle).

Otras especies destacables empleadas frecuentemente en alguno o en la mayor parte de los parques son: los álamos de la familia Salicaceae (*Populus alba* L., *Populus nigra* L.), la palmera de Fortune de la familia Arecaceae (*Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl.), el arce negundo de la familia Aceraceae (*Acer negundo* L.), las moreras de la familia Moraceae (*Morus alba* L., *Morus nigra* L.), el aligustre (*Ligustrum lucidum* W.T. Aiton) y el olivo (*Olea europaea* L.) de la familia Oleaceae y la encina de la familia Fagaceae (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.).

Figura 2. Distribución porcentual del volumen de copa de los ejemplares agrupados por familias respecto al volumen de copa total en cada uno de los parques estudiados



Los valores obtenidos en el índice de alergenicidad potencial (I_{UGZA}), reflejan que el parque de las Tres Culturas, el parque de La Vega y el parque del Circo Romano poseen un valor medio de alergenicidad potencial (figura 3), debido a que superan el umbral de 0,3 establecido por los autores del índice a partir del cual las personas alérgicas pueden sufrir molestias moderadas. Por otro lado, los espacios verdes del Campus de la Antigua Fábrica de Armas y el parque de Safont poseen un valor bajo del índice. Respecto a la densidad de árboles y arbustos, los tres parques con I_{UGZA} medio (0,3-0,5) poseen una mayor densidad superando el valor de los 250 individuos/ha. Los parques con I_{UGZA} bajo (<0,3), presentan una densidad cercana a 100 individuos/ha.

En general, los árboles que más contribuyen al valor del índice de alergenicidad potencial, con un valor superior a 0,1, son los olmos (*Ulmus sp. pl.*) y el plátano de sombra (*Platanus orientalis L. var. acerifolia* Dryand in Aiton) en la mayoría de los parques (figura 4). Además, en el parque de La Vega destaca la contribución del ciprés (*Cupressus sempervirens L.*).

Figura 3. Valor del índice de alergenicidad potencial de los espacios verdes urbanos (IUGZA) y densidad de árboles y arbustos (nº ejemplares/ha) en los espacios verdes estudiados

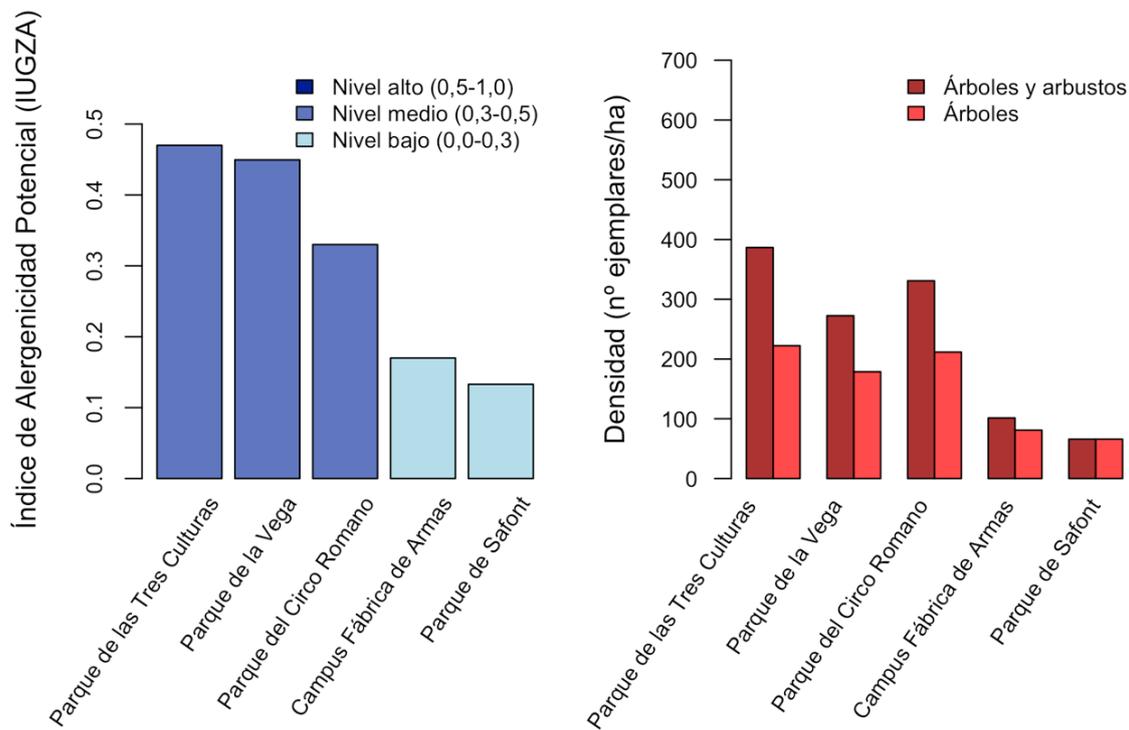
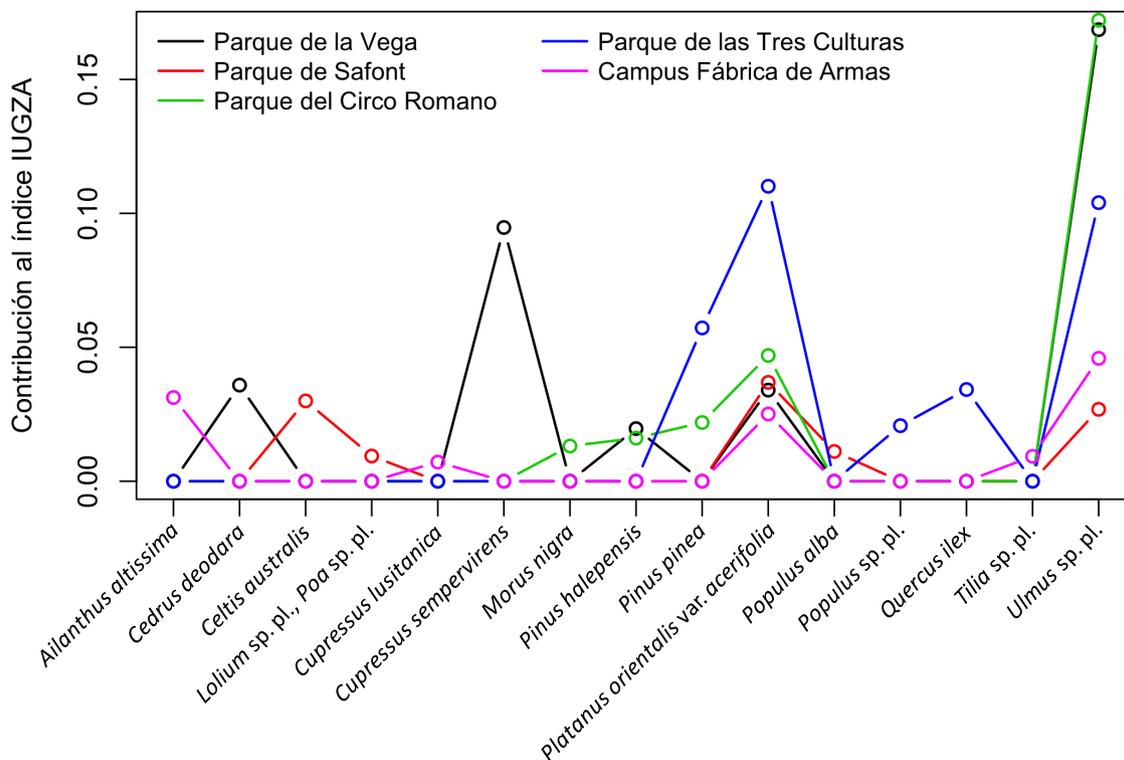


Figura 4. Contribución de las especies más representativas de los parques estudiados al índice de alergenicidad potencial de los espacios verdes urbanos (IUGZA)



DISCUSIÓN

En la composición florística de los espacios verdes estudiados domina la presencia de especies frondosas de hoja caduca, destacando la abundancia de los olmos (*Ulmus* sp. pl.) que forman alineaciones en los paseos, proporcionando sombra gracias a las características de su copa y rápido crecimiento. En este sentido, también están presentes los plátanos de sombra (*Platanus orientalis* L. var. *acerifolia* Dryand in Aiton), los tilos (*Tilia* sp. pl.), las falsas acacias (*Robinia pseudoacacia* L.), etc. Además, existe buena representación de coníferas de las familias Pinaceae y Cupressaceae, cuyos representantes son ejemplares de gran porte como los cedros (*Cedrus* sp. pl.) o los pinos carrascos (*Pinus halepensis* Mill.), o se presentan en forma de alineaciones o agrupaciones en el caso de los cipreses (*Cupressus sempervirens* L.), o como arbustos o setos. Además, también están presentes especies características de la vegetación natural del entorno como es el álamo (*Populus alba* L.) o la encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.). En general, la composición florística de estos espacios verdes coincide con la de otros espacios verdes de la región Mediterránea donde especies ornamentales alóctonas conviven con especies autóctonas⁸.

Destaca la baja diversidad de familias taxonómicas representadas, de manera que el 50 % del volumen vegetal de cada parque pertenece como máximo a tres familias taxonómicas, e incluso en el parque de Safont, a una única familia. Con frecuencia en el diseño de parques y jardines y plantaciones de grandes superficies, se utiliza una única especie o una combinación de unas pocas especies¹⁴. Esta baja diversidad puede conllevar un riesgo alergénico muy elevado en los casos en los que alguna de las especies masivamente empleada posea un elevado potencial alergénico, aunque no es el caso de los parques estudiados.

Los resultados muestran diferencias importantes en la composición y la estructura de los parques que condicionan el valor del índice de alergenicidad potencial. La densidad arbórea presenta gran influencia en el potencial alergénico, y de esta manera, los parques con elevada densidad arbórea como el parque de las Tres Culturas y el parque de La Vega, poseen el mayor valor respecto a los parques considerados. En los parques de nuestro estudio observamos importantes diferencias en otro aspecto, la presencia de césped. En la mayoría de los parques las superficies herbáceas son céspedes ornamentales plantados y manejados por el hombre, pero en el parque de Safont las superficies herbáceas corresponden a la vegetación espontánea (comunidades ruderales herbáceas anuales). Aunque la función como

cobertura vegetal puede ser equiparable en ambos tipos de cubiertas, las especies de gramíneas presentes en unos u otros ambientes deberían ser estudiadas en detalle, debido a que el potencial alergénico difiere dependiendo de las características de las especies²³.

Las especies con mayor potencial alergénico presentes en Toledo y de forma habitual en los espacios verdes de la región Mediterránea son principalmente los cipreses (*Cupressus* sp. pl.) y otras cupresáceas, y el plátano de sombra (*Platanus orientalis* L. var. *acerifolia* Dryand in Aiton)²⁴. Además, cabe destacar la presencia de superficies de césped que son dominadas por especies de diversos géneros de gramíneas (*Lolium* sp. pl., *Poa* sp. pl., etc.). El riesgo alergénico de estas especies deriva de su estrategia de polinización anemófila que conlleva una elevada producción de polen²⁵, en conjunción con el potencial alergénico del grano de polen de estas especies. Por otro lado, la gran abundancia de los olmos dentro de los espacios verdes urbanos hace que destaquen por su contribución al índice de alergenicidad potencial, aunque su grano de polen posee menor potencial alergénico que cipreses o plátanos^{26, 27}.

La elevada abundancia de las especies anemófilas presentes en parques y jardines provoca que su polen se encuentre entre los tipos polínicos más abundantes en la atmósfera de la ciudad de Toledo²⁸, debido a que la distribución temporal y la abundancia del polen están fuertemente influenciadas por la vegetación presente en el entorno de una determinada zona²⁹. La cercanía de los espacios verdes urbanos a los propios ciudadanos y visitantes de las ciudades, hace que sea de especial importancia considerar el tipo de especies que constituyen estos espacios verdes. En este sentido, es importante una adecuada selección de las especies que se plantan en el diseño de nuevos parques y jardines, para minimizar en lo posible los riesgos en la población alérgica de las ciudades. Teniendo en cuenta lo establecido por algunos autores²⁴ y los resultados de este trabajo, se desaconseja el uso de las especies de cupresáceas (*Cupressus* sp. pl., *Platycladus orientalis*, etc.) en la configuración de zonas verdes, así como la plantación del plátano de sombra (*Platanus orientalis* L. var. *acerifolia* Dryand in Aiton). Según los resultados de este trabajo, estas especies poseen una elevada contribución al I_{UGZA} de los espacios verdes, aun cuando no presentan la mayor abundancia.

Es posible plantear alternativas a las especies con mayor potencial alergénico, con otras especies que pueden ser consideradas en nuevas plantaciones. En el caso de las especies de frondosas se pueden utilizar especies anemófilas con menor potencial alergénico

como son el álamo (*Populus alba* L.) o el chopo (*Populus nigra* L.). También puede ser recomendable la utilización de especies entomófilas, como por ejemplo la sófora (*Sophora japonica* L.) o el tilo (*Tilia* sp. pl.). Es necesario destacar también que ciertas especies como el aligustre (*Ligustrum lucidum* W.T. Aiton) pueden producir episodios de polinosis en las personas sensibles que se encuentren en contacto con estas especies durante la época de floración e inhalen dicho polen³⁰. Respecto a las coníferas, las cupresáceas pueden ser sustituidas por especies de pináceas que presentan un menor potencial alergénico. En algún caso también se podría plantear el cultivo de pies femeninos de otras cupresáceas dioicas como es el enebro (*Juniperus* sp. pl.). También resulta interesante emplear especies procedentes de la vegetación natural del entorno con bajo potencial alergénico, adaptadas a las condiciones climáticas del territorio, con la necesidad de un mínimo grado de intervención y favoreciendo la biodiversidad en el espacio urbano³¹. En cualquier caso, es recomendable el uso de diferentes especies combinadas, evitando las grandes agrupaciones monoespecíficas⁸. En los parques ya existentes, las medidas de gestión deben ir encaminadas a la reducción en lo posible de la producción de flores por parte de las especies alergénicas de la flora ornamental²⁰.

El cálculo del índice de alergenicidad potencial ha permitido valorar el potencial alergénico general de la flora presente en los principales espacios verdes de la ciudad de Toledo, sin embargo, este valor varía a lo largo del año según la época de floración de cada especie³². La importancia en la determinación de las especies más relevantes desde el punto de vista de la contribución al índice de alergenicidad reside en la posibilidad de establecer recomendaciones para personas alérgicas sobre los periodos en los cuales está desaconsejado el tránsito o la permanencia en determinadas zonas de los espacios verdes en relación a su composición florística¹⁸.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Castilla-La Mancha la financiación derivada del Plan Propio de I+D+i y a la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha la concesión de una ayuda para la formación de personal investigador, a la primera autora de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Laforteza R, Carrus G, Sanesi G, Davies C. Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban Forestry & Urban Greening* 2009; 8:97-108.
2. Stodolska M, Shinew KJ, Acevedo JC, Izenstark D. Perceptions of urban parks as havens and contested terrains by Mexican-Americans in Chicago neighborhoods. *Leisure Sciences* 2011; 33(2):103-26.
3. Dobbs C, Escobedo FJ, Zipperer WC. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning* 2011; 99:196-206.
4. Laforteza R, Davies C, Sanesi G, Konijnendijk CC. Green infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions. *iForest* 2013; 6:100-6.
5. Adinolfi C, Suárez-Cáceres G, Cariñanos P. Relation between visitors' behaviour and characteristics of green spaces in the city of Granada, south-eastern Spain. *Urban Forestry & Urban Greening* 2014; 13:534-42.
6. Grupo de Expertos sobre el Medio Ambiente Urbano. Ciudades europeas sostenibles, Informe. Comisión Europea, Dirección General XI Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil 1996.
7. Li F, Wang R, Paulussen J, Liu X. Comprehensive concept planning or urban greening based on ecological principles: a cause study in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning* 2005; 72:325-36.
8. Cariñanos P, Casares-Porcel M. Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape and Urban Planning* 2011; 101:205-14.
9. Staffolani L, Velasco-Jiménez MJ, Galán C, Hruska K. Allergenicity of the ornamental urban flora: ecological and aerobiological analyses in Córdoba (Spain) and Ascoli Piceno (Italy). *Aerobiologia* 2011; 27(3):239-46.
10. García-Mozo H, Oteros JA, Galán C. Impact of land cover changes and climate on the main airborne pollen types in Southern Spain. *Science of the Total Environment* 2016; 548:221-8.
11. Rodríguez-Rajo FJ, Fdez-Sevilla D, Stach A, Jato V. Assessment between pollen seasons in areas with different urbanization level related to local vegetation sources and differences in allergen exposure. *Aerobiologia* 2010; 26(1):1-4.
12. Bosch-Cano F, Bernard N, Sudre B, et ál. Human exposure to allergenic pollens: A comparison between urban and rural areas. *Environmental Research* 2011; 111(5):619-25.
13. Ballero M, Maxia A. Pollen spectrum variations in the atmosphere of Cagliari, Italy. *Aerobiologia* 2003; 19(3-4):251-9.
14. Velasco-Jiménez MJ, Alcázar P, Valle A, et ál. Aerobiological and ecological study of the potentially allergenic ornamental plants in south Spain. *Aerobiologia* 2014; 30(1):91-101.
15. Puljak T, Mamić M, Mitić B, et ál. First aerobiological study in Mediterranean part of Croatia (Dalmatia): pollen spectrum and seasonal dynamics in the air of Split. *Aerobiologia* 2016; 32(4):709-23.

16. García-Mozo H, Dominguez-Vilches E, Galan C. Airborne allergenic pollen in natural areas: Hornachuelos Natural Park, Cordoba, southern Spain. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2007; 14(1):63-9.
17. Cariñanos P, Adinolfi C, Díaz de la Guardia C, et ál. Characterization of allergen emission sources in urban areas. *Journal of Environmental Quality* 2016; 45:244-52.
18. Rojo J, Serrano JI, Cariñanos P, et ál. El potencial alergénico de los espacios verdes urbanos y su estimación en Toledo: El Parque de las Tres Culturas. *La Cultura del Árbol* 2017; 77:28-36.
19. Cariñanos P, Casares-Porcel M, Quesada Rubio JM. Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landscape and Urban Planning* 2014; 123:134-44.
20. Cariñanos P, Casares-Porcel M, Díaz de la Guardia C, et ál. Assessing allergenicity in urban parks: A nature-based solution to reduce the impact on public health. *Environmental Research* 2017; 155:219-27.
21. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Guía resumida del clima en España 1981-2010. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente 2017. [citado: 5 de octubre de 2017]. Disponible en: www.aemet.es.
22. Rivas-Martínez S, Aguiar C, Aguilera A, et ál. Map of series, geoseries and geopermaseries of vegetation in Spain [MEMORY OF MAP OF POTENTIAL VEGETATION OF SPAIN, 2011] PART II. *Itinera geobotánica* 2011; 18(II):1-764.
23. Romero-Morte J, Rojo J, Rivero R, et ál. Standardised index for measuring atmospheric grass-pollen emission. *Science of The Total Environment* 2018; 612:180-91.
24. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, et ál. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007; 62(9):976-90.
25. Friedman J, Barrett SC. Wind of change: new insights on the ecology and evolution of pollination and mating in wind-pollinated plants. *Annals of botany* 2009; 103(9):1515-27.
26. Fernández-González D, González-Parrado Z, Vega-Maray AM, et ál. *Platanus* pollen allergen, Pla a 1: quantification in the atmosphere and influence on a sensitizing population. *Clinical & Experimental Allergy* 2010; 40(11):1701-8.
27. Guerra F, Daza JC, Miguel R, et ál. Sensitivity to *Cupressus*: allergenic significance in Cordoba (Spain). *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 1996; 6:117-20.
28. Pérez-Badia R, Rapp A, Morales C, et ál. Pollen spectrum risk of pollen allergy in central Spain. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2010; 17:139-51.
29. Rojo J, Rapp A, Lara B, et ál. Effect of land uses and wind direction on the contribution of local sources to airborne pollen. *Science of the Total Environment* 2015; 538:672-82.
30. Cariñanos P, Alcázar P, Galán C, Domínguez E. Privet pollen (*Ligustrum* sp.) as potential cause of pollinosis in the city of Cordoba, south-west Spain. *Allergy* 2001; 57(2):92-7.
31. Alonso P. Diseño de áreas verdes con criterios ecológicos. *Cuadernos de Investigación Urbanística* 2015; 101:3-76.
32. Martínez-Bracero M, Alcázar P, et ál. Pollen calendars: a guide to common airborne pollen in Andalusia. *Aerobiología* 2015; 31(4):549-57.