

Salud Ambiental de los parques españoles: Aproximación al potencial alergénico de espacios verdes urbanos

Environmental health of Spanish parks: An approach to the allergenic potential of urban green spaces

Saúde ambiental de parques espanhóis: Abordagem ao potencial alergénico dos espaços verdes urbanos

Paloma Cariñanos¹, Manuel Casares-Porcel¹, Consuelo Díaz de la Guardia¹, María Jesús Aira², Marzia Boi³, Cristina Cardador⁴, Belén Elvira-Rendueles⁵, Santiago Fernández-Rodríguez⁶, José María Maya-Manzano⁷, Rosa Pérez-Badía⁴, David Rodríguez de la Cruz⁸, Francisco Javier Rodríguez-Rajo⁹, Jesús Rojo-Úbeda⁴, Estefanía Sánchez-Reyes⁸, José Sánchez-Sánchez⁸, Rafael Tormo-Molina⁷, Ana M^a Vega-Maray¹⁰

¹Departamento de Botánica. Universidad de Granada, España.

²Departamento de Botánica. Universidad de Santiago de Compostela, España.

³Departamento de Biología, Área de Botánica. Universidad de las Islas Baleares, España.

⁴Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha, España.

⁵Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena, España.

⁶Departamento de Construcción. Universidad de Extremadura, España.

⁷Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura, España.

⁸Instituto Hispano-Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE). Universidad de Salamanca, España.

⁹Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo, Universidad de Vigo, España.

¹⁰Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental (Botánica), Universidad de León, España.

Cita: Cariñanos P, Casares-Porcel M, Díaz de la Guardia C et al. Salud Ambiental de los parques españoles: Aproximación al potencial alergénico de espacios verdes urbanos. Rev. salud ambient. 2016; 16(1):33-42.

Recibido: 4 de abril de 2016. **Aceptado:** 16 de mayo de 2016. **Publicado:** 15 de junio de 2016.

Autor para correspondencia: Paloma Cariñanos.

Correo e: palomacg@ugr.es

Departamento de Botánica. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada, 18071 Granada, España.

Financiación: Este grupo no ha contado con ningún tipo de financiación para el desarrollo de su trabajo.

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.

Resumen

Los parques urbanos son elementos de la infraestructura verde que deben contribuir a mejorar la calidad de vida y el bienestar ciudadano. En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de un novedoso índice que estima la alergenicidad potencial de las zonas verdes urbanas. Este índice, que contempla parámetros biológicos y biométricos intrínsecos a las especies arbóreas existentes en los parques, genera un resultado cuyo valor está comprendido entre 0 y 1 según el potencial alergénico del parque sea nulo o de riesgo alto para la población. En una primera fase el índice se ha aplicado a parques de diferente tipología, diseño, tamaño, riqueza específica y biodiversidad ubicados en 20 ciudades españolas. Los resultados han mostrado que algunos de los parques estudiados registran un valor de índice superior a 0,30, umbral suficiente para causar síntomas de alergia a la población expuesta, y por tanto, de riesgo moderado o alto. Por el contrario, en la mayoría de los parques se obtuvo un valor inferior a este umbral. También es posible conocer cuáles son las especies que más contribuyen al valor resultante, que son aquellas con estrategia de polinización anemófila, periodos de floración extensos y alta alergenicidad referenciada. Estos requisitos los cumplen todas las especies de las familias Betuláceas, Cupresáceas y Moráceas, y en menor extensión, Oleáceas y Platanáceas. Puede concluirse que el desarrollo de un índice de estimación de alergenicidad de espacios verdes urbanos constituye una herramienta de utilidad para minimizar el impacto de la alergia polínica en la población.

Palabras clave: índice de alergenicidad; parques saludables; alergia al polen, parques urbanos; infraestructura verde.

Abstract

Urban parks are green infrastructure elements that should contribute to improving the quality of life and well-being of citizens. In this work there are presented the results of applying a new index to estimate the potential allergenicity of parks located in 20 Spanish cities. This index, which considers intrinsic biological and biometric parameters of existing plant species in parks, allows the allergenic risk thereof to be calculated on a scale ranging from 0 to 1, depending on whether to the park's allergenicity is zero or has a high risk for the population. The parks selected for this study have different typologies, sizes, species richness and biodiversities, which has yielded highly variable index values. Almost half of the analysed parks have an index value higher than 0.30, a threshold considered having a moderate to high risk, and therefore, enough to cause allergy symptoms in the population. Conversely, most of the parks had an index value below this threshold, so that the risk of suffering allergies is low or very low. The formula also allows the species that most contribute to the resulting value for allergenicity to be known, which are those having an anemophilous strategy of pollination, extended periods of flowering, and a referenced high allergenicity. These requirements are met by all species of the Betulaceae, Cupressaceae and Moraceae families, and to a lesser extent by Oleaceae and Platanaceae. It can be concluded that the development of an index to estimate the allergenicity of urban green spaces constitutes a useful tool to minimize the impact of pollen allergy on the population.

Keywords: Allergenicity index; healthy parks; pollen allergy; urban parks; green infrastructure.

Resumo

Os parques urbanos são elementos da infraestrutura verde que devem contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Neste trabalho apresentam-se os resultados da aplicação de um índice inovador, que permite estimar a alergenicidade potencial dos espaços verdes urbanos. Este índice, que inclui parâmetros biológicos e biométricos, intrínsecos às próprias espécies existentes nos parques, tem como resultado um valor numa escala entre 0 e 1, de acordo com o potencial alergénico do parque, caso este seja, respetivamente e nos seus extremos, nulo ou de máximo risco para as populações. O índice foi aplicado em parques de diferentes tipologias, desenho, tamanho, riqueza específica e biodiversidade, situados em 20 cidades espanholas. Os resultados demonstram que alguns dos parques estudados registam um valor de índice superior a 0,30, limite suficiente para causar sintomas de alergia na população exposta, e por tanto, risco moderado a alto. No entanto, a maioria dos parques apresenta um valor inferior a este limite. Também é possível conhecer quais as espécies que mais contribuem para o valor do índice, que correspondem aquelas com a estratégia de polinização anemófila, períodos de floração extensos e potencial alergénico referenciado. Estes requisitos são aplicáveis a todas as espécies das famílias Betuláceas, Cupressáceas e Moráceas, e em menor medida, Oleáceas e Platanáceas. Pode assim concluir-se que a aplicação de um índice de previsão dos níveis de alergenicidade dos espaços verdes urbanos constitui uma ferramenta útil para minimizar o impacto da alergia polínica sobre a população.

Palavras-chave: Índice de alergenicidade; parques saudáveis; alergia ao pólen, parques urbanos; infraestrutura verde.

INTRODUCCIÓN

Los espacios verdes urbanos constituyen un elemento fundamental en el contexto actual de ciudad sostenible y saludable¹. Como elementos de la infraestructura verde urbana, estos espacios participan activamente en la provisión de servicios ecosistémicos, que de forma directa o indirecta mejoran la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos². Entre sus principales funciones están las de mejorar la calidad ambiental, participando en la captación del CO₂ atmosférico, mitigar los efectos de isla de calor urbana y reducir la contaminación ambiental^{3,4}. Además, son lugares de ocio y socialización donde los ciudadanos pueden tener contacto cercano con la naturaleza⁵⁻⁷.

De las diferentes tipologías de espacios verdes urbanos existentes, los parques son uno de los elementos

más cercanos a los ciudadanos, ya que la proximidad de los mismos a sus domicilios les permiten desarrollar en ellos actividades de la vida cotidiana, de forma individual, en familia o en grupos sociales de intereses afines, o pueden disfrutar de un entorno paisajístico con numerosas especies vegetales dispuestas de modo atractivo⁸. Los parques pueden ser de titularidad pública o privada, históricos o modernos y pueden disponer de zonas y equipamiento para la realización de diferentes actividades de forma simultánea: deporte, paseo de mascotas, juegos infantiles o simplemente pasear y disfrutar del entorno⁶.

Entre los numerosos beneficios que los parques aportan a la población, son de destacar los que tienen incidencia sobre su bienestar. Numerosos estudios ponen de relieve la contribución directa de los espacios verdes a una mejora de las condiciones

de salud de los ciudadanos, señalándose entre ellos la reducción del estrés⁹, el bienestar mental y psicológico¹⁰, reducción de la obesidad¹¹, disminución de los síntomas cardiovasculares¹², y mejora de los Trastornos de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH)¹³. De forma indirecta, los parques también contribuyen a mejorar el estado físico de la población, promocionando la práctica de deporte¹⁴, además de favorecer la cohesión social y la participación ciudadana¹⁵.

Sin embargo, el balance neto de beneficios para la salud puede verse alterado por la producción de algunos efectos negativos que causan tanto perjuicio a la población como costes ambientales. Las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles Biológicos (COVB) y partículas biológicas (BPM), realizadas por la vegetación urbana, pueden ser generadoras de episodios de contaminación atmosférica con implicaciones sobre la salud^{16,17}. En el caso de las partículas biológicas, los granos de polen emitidos por las plantas durante el proceso de polinización han sido identificados como uno de los principales agentes causantes de alergia polínica en los habitantes de las ciudades¹⁸. Si comparamos con el entorno rural, en el ambiente urbano se ha producido un considerable incremento de afectados de polinosis¹⁹, convirtiéndose en uno de los principales problemas de salud pública, con cifras de incidencia en la población superiores al 30 %²⁰. Entre las causas que han incrementado el comportamiento alergógeno de la flora ornamental se encuentran la baja biodiversidad, la utilización masiva de unas pocas especies²¹, la incorporación de nuevas especies de alergenicidad desconocida²² y sobre todo la interacción con los contaminantes atmosféricos presentes en el ambiente urbano²³. A esto hay que unir la incorporación al aerosol urbano de emisiones de polen procedentes de cultivos extensivos en el entorno periurbano.

La estimación del incremento de población en los enclaves urbanos prevista para las próximas décadas²⁴, unido a los efectos que el cambio climático puede tener sobre la fenología de las especies vegetales presentes en el ecosistema urbano²⁵, hacen necesaria una revisión de los factores condicionantes de alergia polínica en zonas verdes urbanas, de manera que estas puedan seguir cumpliendo los objetivos de espacios sostenibles y saludables para la población. El objetivo de este trabajo es realizar una aproximación al cálculo del potencial alergénico de algunos de los principales parques urbanos ubicados en diferentes ciudades españolas. Los resultados pondrán de relieve todos aquellos aspectos que pueden tener incidencia sobre la salud y el bienestar

de los ciudadanos, así como las medidas de corrección que podrían implementarse para mejorar su calidad, cumpliendo con las expectativas de salud y ocio para toda la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

CÁLCULO DE LA ALERGENICIDAD POTENCIAL DE LOS PARQUES ESPAÑOLES

Para estimar la alergenicidad potencial de los parques considerados en este estudio, se ha utilizado el Índice de Alergenicidad de Espacios Verdes Urbanos (I_{UGZA}), propuesto por Cariñanos *et ál.*²⁶. Se trata de un índice cuantitativo que considera tanto parámetros biológicos de las propias especies vegetales presentes en el parque, como ciertos aspectos de su actividad como foco emisor de partículas alergénicas. Una versión resumida del Índice es la siguiente:

$$I_{UGZA} = \frac{1}{\max VPA \cdot S_T} \sum_{i=1}^k VPA \cdot S_i \cdot H_i$$

En el cual K es el número de especies en el parque; VPA es el Valor de Potencial Alergénico de cada especie; S_i es la superficie ocupada por cada especie, en base al diámetro de su copa, y H_i es la altura máxima que puede llegar a alcanzar la especie. Dado que se trata de un índice potencial, tanto los valores de superficie (S) como de altura (H) se refieren al máximo que puede alcanzar cada especie en su madurez reproductiva. S_T es la superficie total del parque en m². El Valor de Potencial Alergénico (VPA) es a su vez un valor que resulta de la combinación de tres variables intrínsecas a las propias especies: la estrategia de polinización, la duración del periodo de polinización (en semanas), y la alergenicidad referenciada de del polen de las especies. En la tabla 1 se presentan los valores asignables a cada especie en base a sus características. Un listado de los valores de VPA de las cien especies más comunes en la Península Ibérica y Baleares puede consultarse en Cariñanos *et ál.*²⁷.

El resultado de este producto se expresa en relación al valor máximo que puede alcanzar un espacio de tamaño y características similares, en el que todas las especies tuvieran el máximo valor de VPA posible; es decir, especies de estrategias de polinización anemófila, periodo de floración superior a las 6 semanas y alérgenos mayoritarios en las zonas consideradas. Esto da como resultado un valor comprendido entre 0 (nula alergenicidad) y 1 (máxima alergenicidad), estableciéndose el umbral de 0,30 como suficiente para desencadenar reacciones de alergia en la población.

Tabla 1. Parámetros y valores asignables para calcular el Valor de Potencial Alergénico (VPA) de árboles ornamentales mediterráneos

PARAMETRO	VALORES
ESTRATEGIA DE POLINIZACIÓN (ep)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Valor 0</u>: Plantas que no emiten polen porque son estériles, cleistógamas o de sexo femenino. • <u>Valor 1</u>: Plantas con estrategia de polinización entomófila exclusiva. • <u>Valor 2</u>: Plantas de estrategia de polinización mixta o anfífila. • <u>Valor 3</u>: Plantas con estrategia de polinización anemófila.
DURACIÓN DEL PERIODO DE POLINIZACIÓN (dpp)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Valor 1</u>: Duración del periodo de polinización de 1 a 3 semanas. • <u>Valor 2</u>: Duración del periodo de polinización de 4 a 6 semanas. • <u>Valor 3</u>: Duración del periodo de polinización más de 6 semanas.
POTENCIAL ALERGÉNICO (pa)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Valor 0</u>: no alergénico o sin referencia como alergénico. • <u>Valor 1</u>: baja alergenicidad. • <u>Valor 2</u>: moderada alergenicidad. • <u>Valor 3</u>: alta alergenicidad. • <u>Valor 4</u>: principales alérgenos locales en las zonas climáticas correspondientes.

SELECCIÓN DE PARQUES ESPAÑOLES

Es nuestro objetivo establecer el I_{UGZA} de al menos un parque en cada una de las principales ciudades españolas en las cuales la Red Española de Aerobiología (REA) cuenta con Unidades de Muestreo Aerobiológico, de tal manera que los datos reales obtenidos del análisis permanente de la atmósfera permitan validar el valor de índice resultante.

En esta primera fase se ha estimado el índice de alergenicidad potencial de parques ubicados en las siguientes localidades: Almería, Badajoz, Cartagena, Ceuta, Córdoba, Granada, Huesca, León, Ourense, Oviedo, Palma de Mallorca, Pamplona, Plasencia, Salamanca, Santander, Santiago de Compostela, Toledo, Úbeda, Valencia y Zaragoza, cuyas características generales se presentan en la tabla 2. Los parques seleccionados

son de diferente tipología, desde parques urbanos tradicionales, modernos, jardines históricos, bulevares o plazas, lo que permite aplicar el índice en espacios de características y diseños diferentes entre sí, y establecer el VPA de una gran variedad de especies vegetales en distintas condiciones bioclimáticas.

Tabla 2. Características generales de los parques considerados en este estudio. En las últimas columnas se presentan el porcentaje de especies alergógenas en cada parque y las principales especies contributivas al Índice de Alergenicidad Potencial

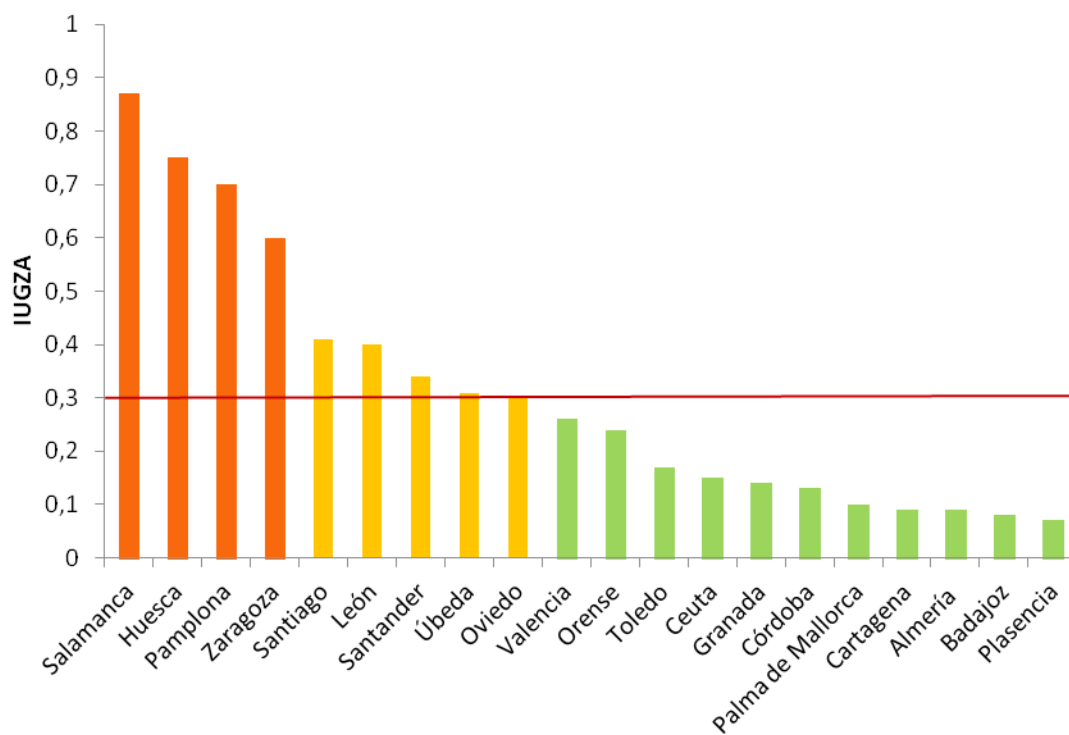
CIUDAD	PARQUE (TIPOLOGÍA)	COORDENADAS	SUPERFICIE (m ²)	Nº ÁRBOLES	DENSIDAD (ÁRBOLES/Ha.)	RIQUEZA ESPECÍFICA	ESPECIES ALERGÓGENAS (%)	PRINCIPALES ESPECIES CONTRIBUTIVAS (Nº INDIVIDUOS)
ALMERÍA	RAMBLA DE BELÉN (Bulevar)	36°51' N 2°27' W	29 796	622	214,48	8	37	<i>Ulmus minor</i> L. (91) <i>Lagunaria patersonii</i> (Andrews) G.Don. (51)
BADAJOS	PLAZA DE SAN FRANCISCO	38°52' N 6°58' W	10 800	116	116	4	33	<i>Phoenix</i> spp. (31) <i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (26)
CARTAGENA	PARQUE DE LA ROSA (MODERNO)	37°37' N -0°59' E	47 651	420	89,36	42	43	<i>Tamarix</i> spp. (34) <i>Morus</i> spp. (20) <i>Olea europaea</i> L. (12)
CEUTA	PARQUE SAN AMARO (HISTÓRICO)	35°53' N 5°17' W	12 128	305	254,16	56	18	<i>Fraxinus</i> spp. (19) <i>Olea europaea</i> L. (12) <i>Ginkgo biloba</i> L. (14) <i>Eucalyptus</i> spp. (19)
CÓRDOBA	JARDINES DE LA AGRICULTURA (HISTÓRICO)	37°53' N 4°47' W	30 542	356	118,66	32	31	<i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (54) <i>Phoenix</i> spp. (60) <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck. (118)
GRANADA	PARQUE GARCÍA LORCA (URBANO)	37°10' N 3°34' W	71 500	788	110,98	77	31	<i>Cupressus</i> spp. (88) <i>Ginkgo biloba</i> L. (52) <i>Morus</i> spp. (26) <i>Ligustrum</i> spp + <i>Olea europaea</i> L. (21)
HUESCA	PARQUE MIGUEL SERVET (URBANO)	42°08' N 0°24' W	65 000	1725	265,38	62	67	<i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (400) <i>Cupressus</i> spp. (462) <i>Ligustrum</i> spp. (73) <i>Carpinus betulus</i> L. (41) <i>Tamarix gallica</i> L. (41)
LEÓN	LA GRANJA (MODERNO)	42°35' N 5°33' W	60 800	754	125,6	38	39	<i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (119) <i>Aesculus hippocastanum</i> L. (111) <i>Fraxinus</i> spp. (57) <i>Morus alba</i> L. (35)
OURENSE	CAMPUS NORTE URBANO	42°20' N 7°51' W	16 400	353	236,87	70	17	<i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (120) <i>Ligustrum</i> spp. (63)
OVIEDO	PARQUE DE SAN FRANCISCO (HISTÓRICO)	43°21' N 5°21' W	90 000	836	92,88	57	49	<i>Aesculus hippocastanum</i> L. (183) <i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (102) <i>Taxus baccata</i> L. (30) <i>Fraxinus</i> spp. (27)
PALMA DE MALLORCA	SA RIERA (MODERNO)	39°34' N 2°38' E	123 812	1142	92,84	35	43	<i>Cupressus</i> spp. (159) <i>Fraxinus</i> spp. + <i>Olea europaea</i> L. (158) <i>Pinus</i> spp. (249)
PAMPLONA	PARQUE LA TACONERA (HISTÓRICO)	42°49' N 1°39' W	90 000	1333	148,11	53	56	<i>Platanus</i> spp. (483) <i>Aesculus hippocastanum</i> L. (82) <i>Betula</i> spp. (27) <i>Fraxinus</i> spp. (57)
PLASENCIA	PARQUE DE LOS PINOS (HISTÓRICO)	40°02' N 6°05' W	54 000	283	56,6	22	37	<i>Fraxinus</i> spp. (82) <i>Populus alba</i> L. (13)
SALAMANCA	LA ALAMEDILLA (HISTÓRICO)	40°58' N 5°39' W	23 512	321	139,56	28	39	<i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (183) <i>Cupressaceae</i> (20) <i>Ligustrum</i> spp. (19)
SANTANDER	PARQUE DE LAS LLAMAS (URBANO)	43°28' N 3°48' W	110 000	1709	155,36	57	29	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn (120) <i>Quercus ilex</i> , <i>Q. robur</i> (185) <i>Betula pubescens</i> , <i>B. papyrifera</i> , <i>B. alba</i> (134)
SANTIAGO DE COMPOSTELA	LA ALAMEDA (HISTÓRICO)	42°52' N 8°32' W	56 087	749	133,75	64	35	<i>Quercus robur</i> (279) <i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton. (51) <i>Cupressaceae</i> (18)
TOLEDO	CAMPUS FÁBRICA DE ARMAS (HISTÓRICO)	39°51' N 4°2' W	122 084	1091	89,42	55	53	<i>Ulmus</i> spp. (155) <i>Trachycarpus</i> spp. (137) <i>Ailanthus</i> spp. (102) <i>Cupressus</i> spp. (103) <i>Tilia</i> spp. (90)
ÚBEDA (JAÉN)	PARQUE NORTE (URBANO)	38°00' N 3°23' W	78 088	1002	128,46	69	30	<i>Cupressus</i> spp. (158) <i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh. (95) <i>Ulmus</i> spp. (40)
VALENCIA	JARDÍN DE AYORA (HISTÓRICO)	39°28' N 0°20' W	22 000	442	200	44	38	<i>Acer negundo</i> L. (45) <i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton. (44) <i>Casuarina equisetifolia</i> L. (21) <i>Cupressus</i> spp. (29)
ZARAGOZA	PARQUE DE LA ALJAFERÍA (MODERNO)	41°39' N 0°53' W	53 610	1669	314,9	45	53	<i>Cupressaceae</i> (574) <i>Platanus</i> spp. (122) <i>Populus</i> spp. (129)

RESULTADOS

En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación del Índice de Alergenicidad Potencial a los parques de distintas localidades españolas. Los valores obtenidos oscilan entre un mínimo de 0,07 del Parque de los Pinos en Plasencia y un máximo de 0,87

del Parque de la Alamedilla de Salamanca. Considerando que el umbral de 0,30 ya es suficiente para causar molestias a la población afectada de alergia polínica, 9 de los parques analizados registran un valor de índice alto o moderado, mientras que los restantes tendrían un potencial alergénico de moderado a muy bajo.

Figura 1. Índice de Alergenicidad Potencial de los parques españoles considerados en este estudio. La línea marca el valor de Índice (0,30) considerado como suficiente para generar problemas en los usuarios



El porcentaje de especies alergógenas sobre el total de especies presentes en los distintos parques también es muy variable, desde el 17 % en el Campus de Orense, hasta el 67 % del parque Miguel Servet de Huesca (tabla 2). Valores próximos a un 50 % de especies alergógenas se registran en los parques de Pamplona, Oviedo, Zaragoza y Toledo. Entre los taxones que mayor contribución realizan al valor del Índice por la frecuente presencia en los parques se encuentran todos los de las familias Cupresáceas (*Cupressus* spp., *Chamaecyparis* sp., *Thuja* spp., *Juniperus* spp., género *Platyclusus*, género *Cryptomeria*, *Tetraclinis articulata*, *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum*, *Metasequoia glyptostroboides*), plátano de sombra (*Platanus x hispanica*, *P. orientalis*), Oleáceas (*Olea europaea*, *Fraxinus* spp., *Ligustrum* spp.) y, en menor medida y en función de

su representatividad, Betuláceas (*Betula* spp., *Carpinus betulus*, *Corylus* spp., *Alnus* spp., *Ostrya carpinifolia*), *Acer* spp., *Morus* spp., *Aesculus hippocastanum*, *Tilia* spp., *Populus* spp. y *Ulmus* spp.

Varios de los taxones anteriormente citados son también los que han registrado los valores de VPA más elevados, presentando todos ellos estrategia de polinización anemófila, periodos de floración superiores a las 6 semanas, bien de forma individual o bien por la presencia de varias especies de la misma familia con floración solapada, y un potencial alergénico local elevado. Estas características las presentan de forma estricta todas las especies de la Familia Cupresáceas, y por afinidad, las Taxodiáceas, además de Moráceas (*Morus* spp., *Broussonetia* sp.), Betuláceas (*Alnus* spp., *Betula* spp.,

Carpinus sp., *Corylus* spp. y *Ostrya* sp.) y Casuarináceas (*Casuarina* spp.)

Son numerosos los taxones que, aunque no alcancen el máximo valor de VPA, presentan el valor máximo en cuanto al potencial alergénico, como ocurre con todos los de Oleáceas y Ulmáceas y los géneros *Acer*, *Ailanthus*, *Catalpa*, *Chamaerops*, *Ginkgo*, *Lagunaria*, *Pistacia*, *Platanus*, *Populus*, *Rhus*, *Salix*, *Tamarix* y *Trachycarpus*.

Estos taxones son algunos de los que más contribuyen al valor de índice obtenido para el parque, bien por el elevado número de especímenes de alta alergenicidad existentes: 279 *Quercus robur* en Santiago de Compostela, 483 *Platanus* sp en Pamplona y más de 400 *Cupressus* spp en Huesca y Zaragoza, o bien porque son varias las especies alergénicas que aparecen como es el caso de Oviedo, Santander, León y Salamanca.

DISCUSIÓN

Los parques seleccionados para este estudio son de tipología variada, incluyendo algunos históricos (Santiago de Compostela, Oviedo, Pamplona, Salamanca, Plasencia, Valencia, Toledo, Córdoba y Ceuta), modernos (Palma de Mallorca, Zaragoza y Cartagena), urbanos (Santander, Ourense, Huesca, León, Úbeda y Granada), bulevar (Rambla de Belén) y plaza (Badajoz), lo que nos ha permitido calcular el Índice de Alergenicidad Potencial en espacios de diferentes características, diseño y composición de especies. Al estar representados parques de ciudades ubicadas en distintas zonas bioclimáticas, se obtienen también resultados relevantes en cuanto a las especies presentes en ellos, que ecológicamente deben estar en sintonía con las características termométricas e hidrológicas de cada zona²⁸. En total se ha podido establecer el VPA de más de 150 especies diferentes, vinculadas a 70 familias botánicas, por lo que prácticamente se encuentran representadas las principales especies de árboles ornamentales utilizados en España²⁹. En general, en los parques ubicados en las localidades de la Región Eurosiberiana (Santiago, Oviedo, Santander, Pamplona, Huesca y León), es frecuente encontrar especies caducifolias que pueden beneficiarse de una mayor disponibilidad hídrica: *Betula*, *Fagus*, *Aesculus*, *Carpinus* y especies caducifolias de *Quercus*, árboles de comportamiento gregario, con una estrategia de polinización anemófila y, por tanto, más susceptibles de producir alta alergenicidad. Por el contrario, en los parques mediterráneos de la mitad sur y este de la Península Ibérica, las temperaturas suaves favorecen una mayor diversidad y permiten una mayor presencia de especies de origen tropical de polinización entomófila: *Lagunaria*, *Citrus*, *Phoenix*, *Erythrina*, *Jacaranda*, *Tipuana*

o *Phytolacca*, que en general presentan un menor índice de alergenicidad.

Otro aspecto a considerar es la relación entre el índice de alergenicidad y la densidad de árboles. Una relación más directa entre ambos parámetros se observa en los parques de Huesca y Zaragoza, con 265 y 314 árboles/Ha, respectivamente, y valores de alergenicidad elevados, si bien la Rambla de Belén de Almería, con una densidad de 214 árboles/m² registra uno de los valores de índice más bajos. Por el contrario, se observa una relación inversa entre la riqueza específica de los parques y el I_{UGZA} , ya que hay parques con más de 50 especies diferentes que tienen un valor de I_{UGZA} bajo (por ejemplo, el Campus de la Antigua Fábrica de Armas de Toledo, $I_{UGZA} = 0,17$), y otros que con tan sólo 28 especies alcanzan un Índice de 0,87 (Parque de la Alamedilla, Salamanca). Destacable es el caso del Parque de San Francisco de Badajoz, que con una riqueza específica de 4 registra un valor de índice similar al Parque de los Pinos de Plasencia, con 22 o al Parque de la Rosa de Cartagena, con 42.

Los valores de índice resultantes en los diferentes parques también ponen de relieve aquellas situaciones que pueden tener una mayor incidencia sobre la salud de los ciudadanos. En todos los parques en los que se ha obtenido un valor de Índice superior a 0,30, y por tanto suficiente para causar molestias en la población, se presentan formaciones grupales de una o varias especies que generan importantes focos de emisión de alérgenos: robledal de *Quercus robur* en Santiago, alineaciones de *Aesculus* sp. y *Platanus* sp. en León, perímetros de plátano de sombra en Salamanca o una población de más de 500 cipreses en Zaragoza. En este apartado también deben incluirse las formaciones de otras especies con menor valor en cuanto a las emisiones polínicas, por presentar estrategia de polinización entomófila, pero con probada alergenicidad, como puede ser *Citrus* sp. en Córdoba³⁰ y *Lagunaria* sp. en Almería²⁷.

La posibilidad de conocer la contribución de las distintas especies existentes en el parque al valor final del Índice es también un parámetro interesante. Por ejemplo, la presencia de varias especies de la misma familia, aunque el número de ejemplares por especie sea bajo, puede traducirse en un incremento importante del valor de alergenicidad ya que entre ellas pueden establecerse reacciones de reactividad cruzada³¹. Esto es particularmente notable en el caso de las familias Oleáceas y Cupresáceas. En el caso de las Oleáceas, ya se ha mencionado la presencia en algunos parques de ejemplares de *Ligustrum* spp., *Fraxinus* spp. y *Olea* sp., que además de compartir proteínas alergénicas pueden prolongar el periodo de aparición de síntomas debido

al solapamiento y sucesión de sus periodos de floración: *Fraxinus* spp. en invierno, *Olea europaea* L. en primavera y *Ligustrum* spp. a principios de verano^{32,33}.

En el caso de las Cupresáceas, además de ser una de las familias con mayor número de especies utilizadas en los parques, tanto arbustivas como arbóreas, hay que considerar que en términos aerobiológicos son afines a las especies de las familias Taxáceas (*Taxus baccata*) y Taxodiáceas (*Taxodium distichum*, *Cryptomeria japonica*), pues todas ellas comparten el mismo tipo polínico²¹. Esta gran variedad de especies, junto a su elevada alergenicidad, y al dilatado periodo de presencia de polen en la atmósfera, los convierten en uno de los grupos que más contribuyen al valor de Índice global, constatando su importancia como alérgeno polínico mayoritario del área Mediterránea³⁴.

Otro de los aspectos que se ha observado al aplicar el Índice es la significativa diferencia que puede tener el valor resultante en el caso de que en el parque existan ejemplares masculinos o femeninos de especies dioicas, como es el caso de *Acer negundo* L., *Ginkgo biloba* L., *Laurus nobilis* L., *Morus alba* L., *Populus* spp., *Rhus typhina* L., *Schinus molle* L. y *Salix alba* L. Es frecuente que los ejemplares femeninos de estas especies sean descartados de las paletas de plantación por los problemas de olores y suciedad que causan sus frutos, siendo utilizados en su lugar sólo los ejemplares masculinos, de porte y valor paisajístico similar. Estas consideraciones estéticas no tienen en cuenta, sin embargo, las emisiones polínicas de los individuos estaminados que pueden disminuir notablemente la calidad del aire del entorno^{17,35}.

Tan importante como las especies que componen el parque y su distribución sobre la superficie es el entorno en el que este espacio se ubica. Varios de los parques de este estudio se encuentran ubicados en los centros urbanos (Salamanca, Valencia, Zaragoza, Badajoz, Córdoba, Plasencia), por lo que hay que considerar que las emisiones polínicas del propio parque pueden permanecer durante bastante tiempo en el entorno debido a las dificultades de dispersión del material particulado en el entramado urbanístico³⁶. En otras ocasiones, los parques están ubicados en las proximidades de importantes vías de circulación de tráfico, como avenidas principales y autovías (Orense, León, Granada), por lo que podría producirse una interacción entre el material biológico y el resto de contaminantes, con efectos aún más perjudiciales para la salud³⁸. También hay que considerar la incorporación a la atmósfera del parque de otras emisiones biológicas procedentes tanto de focos cercanos como de otros ubicados a cierta distancia, y que pueden ser trasladados

con las corrientes de aire³⁸. Por el contrario, en los parques ubicados en zonas costeras (Cartagena, Ceuta, Santander), la renovación del aire se ve favorecida por los procesos brisa mar-tierra que facilitan la dispersión de las emisiones tanto en el interior como en el exterior del parque. Esto evidencia la necesidad de contar con estaciones de muestreo aerobiológico de la Red Española de Aerobiología (REA) en cada zona, de manera que pueda completarse la información ofrecida a la ciudadanía con datos precisos sobre la calidad biológica del aire³⁹.

Para finalizar, señalar que el análisis detallado de los parques pone de relieve algunos de los aspectos que más incidencia pueden tener sobre su alergenicidad potencial, y sobre los cuales ahora es posible establecer medidas de corrección para minimizar su impacto. Algunos de los valores más elevados de Índice ha sido registrado en aquellos parques en los que se ha utilizado una especie de alto valor de alergenicidad para formar perímetros de contorno (*Platanus x hispanica* en Salamanca y Orense), o presentan bosquetes y poblaciones monoespecíficas concentrados en una determinada superficie (*Quercus robur* en Santiago; *Cupressus sempervirens* L. en Zaragoza y Úbeda; *Washingtonia filifera* (Lindl) H.Wendl. en Almería), por lo que se recomienda como medida de gestión ir introduciendo diversidad de especies a medida que algunos ejemplares actuales vayan muriendo, teniendo en cuenta que su vida media en entornos urbanos suele verse mermada por las condiciones ambientales⁴⁰. Otros de los aspectos destacables es que una alta densidad de árboles por hectárea de territorio no tiene por qué estar relacionada con una alta alergenicidad potencial, siempre que se mantenga una adecuada riqueza específica y un bajo porcentaje de especies alergógenas. Algunos de los parques considerados, como el Jardín de Ayora de Valencia, el Campus Norte de Orense, el Parque de San Amaro de Ceuta y la Rambla de Belén de Almería tienen una densidad de más de 200 árboles por hectárea y un valor de alergenicidad por debajo de 0,3. Una buena cobertura arbórea permite además que las especies de estos parques contribuyan a la mejora de los servicios ecosistémicos prestados por la vegetación urbana⁴¹, y sobre todo, a la salud y bienestar de los ciudadanos.

CONCLUSIONES

El Índice de Alergenicidad potencial aplicado a diferentes tipos de parques de ciudades españolas constituye una herramienta de gran utilidad a la hora de estimar el riesgo de padecer síntomas de alergia a los usuarios de los mismos y la población que habita en sus inmediaciones. Este índice permite conocer qué especies contribuyen más al valor total del parque, tanto por su

Valor de Potencial Alergénico individual, como por su coexistencia en una superficie con otras especies con las que puede establecer reacciones de reactividad cruzada. Este índice hace posible además el diseño de medidas de corrección encaminadas a minimizar el impacto de alergia polínica asociada a los espacios verdes urbanos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal técnico de los Servicios de Parques y Jardines de los Ayuntamientos de Palma de Mallorca, Valencia, Cartagena, Córdoba, Huesca, Santander y Salamanca; a la Empresa de Obras, Infraestructuras y Medio Ambiente (OBIMASA) de Ceuta, su colaboración para la realización de los inventarios de vegetación de los parques ubicados en esas localidades. Asimismo, agradecen a todos los integrantes del Grupo de Trabajo de Aerobiología Urbana de la Asociación Española de Aerobiología (AEA) por hacer posible este trabajo.

REFERENCIAS

- Chiesura A. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape Urban Plan.* 2004; 68:129-38.
- Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being: A framework for Assessment. Washington, DC: Island Press; 2005.
- Nowak DJ, Crane DE. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environ. Pollut.* 2002; 116:381-9.
- Yan H, Wang X, Hao P, Dong L. Study on the microclimatic characteristics and human comfort of park plant communities in summer. *Procedia Environ. Sci.* 2012; 13:755-65.
- De Groot RS. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape Urban Plan.* 2006; 75:175-86.
- Tzoulas K, Kospela K, Venn S, et ál. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green infrastructure: a literatura review. *Landscape Urban Plan.* 2007; 8:167-78.
- Matsouka RH, Kaplan R. People needs in the urban landscape: analysis of landscape and urban planning contribution. *Landscape Urban Plan.* 2008; 84:7-19.
- Gómez Lopera F. Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales XXXVII.* 2005; 14:417-36.
- Ward Thompson C. Linking landscape and health: the recurring theme. *Landscape Urban Plan.* 2011; 99:187-95.
- 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;33:103-26.
- Lovasi GS, O'Neil-Dunne JPM, Lu JWT, et ál. Urban tree canopy and asthma, wheeze, rhinitis and allergic sensitization to tree pollen in New York City birth cohort. *Environ. Health Perspect.* 2013; 121:494-500.
- Richardson EA, Mitchel R. Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. *Soc. Sci. Med.* 2010; 71:568-75.
- Taylor AF, Kuo FE, Sullivan WC. Views of nature and self-discipline: evidence from inner city children. *J. Environ. Psychol.* 2002; 22:49-63.
- Babey SH, Hastert TA, Yu H, Brown ER. Physical activity among adolescents: when do parks matter? *Am. J. Prev. Med.* 2008; 34:345-8.
- Arnberger A, Eder R. The influence of green space on community attachment of urban and suburban residents. *Urban Forestry & Urban Greening* 2012; 11:41-9.
- Calfapietra C, Fares S, Manes F, et ál. Role of biogenic volatile organic compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentrations in cities: A review. *Environ. Pollut.* 2013; 183:71-80.
- Cariñanos P, Casares-Porcel M. Urban Green Zones and related pollen allergy: A review. Guidelines for designing spaces of low allergy impact. *Landscape Urban Plan.* 2011; 101: 205-14.
- D'Amato G, Cecchi L, D'Amato M, Liccardi G. Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy: An update. *J. Invest. Allergol. Clin. Immunol.* 2010; 20:95-102.
- Bosh-Cano F, Bernard V, Suche B, et ál. Human exposure to allergenic pollens: A comparison between urban and rural areas. *Environ. Res.* 2011; 111:619-25.
- Pawankar R, Canonice GW, Holgate ST, Lockey RF. WAO white book on allergy 2011-2012: Executive summary. Milwaukee, WI: World Allergy Organization. 2011.
- Díaz de la Guardia C, Alba F, De Linares C, et ál. Aerobiological and allergenic analysis of Cupressaceae pollen in Granada (Southern-Spain). *J. Invest. Allergol. Clin. Immunol.* 2006; 16:24-33.
- Trigo MM, Recio M, Toro FJ, et ál. Annual variations of airborne Casuarina pollen in the Iberian Peninsula. *Polen* 1999; 10:67-73.
- Beck I, Jochner S, Gilles S, et ál. High environmental ozone levels lead to enhanced allergenicity of birch pollen. *PLoS ONE* 2013; 8:e80147.
- United Nations. World urbanization prospects: The 2007 revision, Executive summary. New York: United Nations, Dep. Econ. Social Affairs. 2008.
- Bisgrove R, Hadley, P. Gardening in the Global Greenhouse: The Impacts of Climate Change on Gardens in the UK. Technical Report. Oxford: The UK Climate Impacts Programme. 2002.

26. Cariñanos P, Casares-Porcel M, Quesada-Rubio JM. Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landscape Urban Plan.* 2014; 123:134-44.
27. Cariñanos P, Adinolfi C, Díaz de la Guardia C, et ál. Characterization of Allergen Emission Sources in Urban Areas. *J. Environ. Qual.* 2016; 45:244-52.
28. Roloff A, Korn S, Gillner S. The Climate-Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. *Urban Forestry & Urban Greening* 2009; 8:295-308.
29. López-Lillo A, de Lorenzo Cáceres JM. Árboles en España. Manual de Identificación. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 2001.
30. Alcázar P, Velasco-Jiménez MJ, Dominguez-Vilches E, Galán C. A contribution to the study of airborne *Citrus* pollen in Córdoba, southern Spain. *Urban Forestry & Urban Greening* 2016; 16:9-12.
31. Weber RW. Patterns of pollen cross-allergenicity. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2003; 112:229-39.
32. Lombardero M, Obispo T, Calabozo B, et ál. Cross-reactivity between olive and other species. Role of Ole e 1-related proteins. *Allergy* 2002; 57:29-34.
33. Cariñanos P, Alcázar P, Galán C, Dominguez E. Privet pollen (*Ligustrum* sp.) as potential cause of pollinosis in the city of Córdoba, southwest Spain. *Allergy* 2002; 57:1-7.
34. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, et ál. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007; 62:976-90.
35. Ogren TL. *Safe sex in the garden and other propositions for an allergy free-world.* Berkeley, CA: Ten Speed Press. 2003.
36. Cariñanos P, Prieto JC, Galán C, Domínguez E. Solid suspended particles affecting the quality of air in urban environments. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2001; 67:385-91.
37. Kalbande DM, Dhadse SN, Chandhari PR, Wale SR. Biomonitoring of heavy metals by pollen in urban environments. *Environmental Monitoring and Assessment* 2008; 138:233-8.
38. Oteros J, García-Mozo H, Alcázar P, et ál. A new method for determining the sources of airborne particles. *J. Environ. Manage.* 2015; 155:212-8.
39. Martínez-Bracero M, Alcázar P, Díaz de la Guardia C, et ál. Pollen calendars: a guide to common airborne pollen in Andalusia. *Aerobiologia* 2015; 31:549-57.
40. Sklar F, Ames RG. Staying alive: Sheet tree survival in the inner city. *J. Urban Affairs* 1985; 7:55-66.
41. Haq SMA. Urban Green Spaces and an integrative approach to sustainable environment. *J. Environ. Protection* 2011; 2:601-8.