

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ESTUDIO DEL POTENCIAL ALERGÉNICO Y OTROS EFECTOS ECOSISTÉMICOS EN ESPACIOS VERDES URBANOS DE CARTAGENA

Autor: Sergio Moreno Agüera

Directores: Encarnación Conesa Gallego

Manuel Munuera Giner

Octubre, 2017

Resumen

El arbolado urbano es un elemento vital en el planteamiento de las ciudades que interactúan con los ciudadanos proporcionándoles bienestar y aumentando indirectamente su calidad de vida. Sin embargo, muchos de los planteamientos de las ciudades no eligen bien las especies arbóreas, lo que conlleva a que puedan existir una serie de problemas que no se habían planteado hasta entonces, entre los que se encuentra el potencial alergénico. En este trabajo se ha querido utilizar un novedoso índice donde, a través de parámetros biológicos y biométricos intrínsecos a las especies arbóreas existentes en las calles y parques de la zona, genera un resultado entre 0 y 1 según el potencial que exista en la zona, siendo nulo o de riesgo alto respectivamente. También se ha querido comparar los resultados cuantitativos obtenidos, con el índice de datos cualitativos obtenidos de una aplicación externa "i-Tree". Los resultados han mostrado que muchas calles y algunos parques de la zona superan el umbral establecido como suficiente para causar síntomas de alergia en la población (0,30). Sin embargo la mayoría de las zonas estudiadas resultó ser un valor inferior a este umbral. Puede concluirse que el desarrollo de un índice de estimación de alergenidad constituye una herramienta de utilidad para minimizar el impacto de la alergia en la población.

Índice

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 ARBOLADO URBANO	4
1.1.1 <i>Funciones de los árboles urbanos</i>	5
1.2 EL POLEN Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LAS PERSONAS.....	8
1.2.1 <i>Antecedentes históricos</i>	8
1.2.2 <i>Aerobiología en España</i>	9
1.2.3 <i>Enfoques actuales</i>	13
1.3 JUSTIFICACIÓN	13
2. OBJETIVOS	14
3. MATERIAL Y MÉTODOS	14
3.1 MARCO GEOGRÁFICO	14
3.2 PARÁMETROS CONSIDERADOS	16
3.3 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ALERGENICIDAD	17
3.3.1 ÍNDICE POTENCIAL E ÍNDICE REAL	18
3.4 USO DE LA APLICACIÓN “I-TREE”	19
3.5 USO DEL PROGRAMA “QGIS”	20
4. RESULTADOS	21
4.1 RECUENTO E IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES	21
4.2 POTENCIAL ALERGÉNICO DE EL ENSANCHE (CARTAGENA).....	24
4.3 POTENCIAL ALERGÉNICO DE ZONAS DE INTERÉS	25
4.3.1 <i>Potencial alergénico de las calles de Cartagena</i>	25
4.3.2 <i>Potencial alergénico de los parques de Cartagena</i>	30
4.3.3 <i>Visión general en la ciudad de Cartagena</i>	33
4.4 VALORACIÓN CUALITATIVA CON LA APLICACIÓN“I-TREE”	34
4.4.1 <i>Evaluación de los resultados</i>	35
5. CONCLUSIONES	36
6. BIBLIOGRAFÍA	37

1. Introducción

1.1 Arbolado urbano

El árbol urbano nunca ha sido una prioridad en las ciudades ya que representaba, para muchos, un elemento que impedía el desarrollo de las propias ciudades (construcción de carreteras y edificios), la realidad, hoy en día, es que las ciudades han sufrido un crecimiento exponencial tanto en territorio y población como en contaminación, este aumento de la contaminación y de la población es lo que ha hecho que el arbolado urbano se convierta en un elemento prioritario dentro de las ciudades e incluso que se realicen estudios para ver qué especies pueden llegar a adaptarse mejor a las condiciones de la zona para sacar el mayor partido a su plantación (Sanahuja Velasco, 2013).

El árbol es un recurso natural, esté aislado o en conjunto, ya que se trata de un bien que puede disfrutar todo el mundo y además su renovación no es tan fácil o cuesta demasiado tiempo. Está claro, que el árbol urbano es un recurso vivo y su gestión necesita un plan tanto a largo como a corto plazo, asegurando así su presencia y mantenimiento en las ciudades, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

No todos los árboles se pueden plantar en las ciudades, o al menos no deberían plantarse. En el arbolado urbano se distinguen varias categorías con respecto a morfología y tamaño (Figura 1).

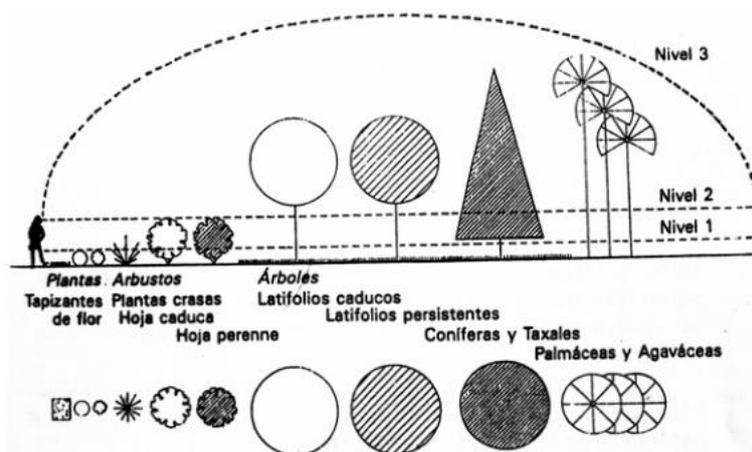


Figura 1. Niveles de ajardinamiento

Fuente. Navés Viñas, 1995

Los árboles tienen un papel fundamental en la estructura y organización de las ciudades y muchas ventajas e inconvenientes para los ciudadanos y para las propias ciudades se hace necesario acometer estudios que ayuden a mejorar su uso, de manera que se obtenga de ellos el mayor beneficio al menor coste. Encontramos árboles en diferentes espacios dentro del medio urbano: parques, calles, paseos, vías verdes, jardines, casas, etc. En los parques y calles hay cuatro tipos de árboles, según la función y la zona de plantación (Sanahuja Velasco, 2013).

- Árboles en espacio abierto: Disponen de total libertad para ocupar espacio, así como en la forma y crecimiento. No requieren mucho control y mantenimiento, suelen plantarse en suelos naturales y permeables, capaces de filtrar el agua de lluvia y crear un pequeño ecosistema.
- Árboles en paseos y recorridos: Requieren un control y mantenimiento, para respetar el recorrido al que dan apoyo. Es necesario un pequeño estudio para su selección, ya que, estarán más en contacto con el ciudadano y, si puede ser, se evitarán especies invasoras para no romper el ecosistema de la zona.
- Árboles próximos a edificios: Estos están sometidos a un control y mantenimiento estricto para evitar problemas tanto para los ciudadanos como para las edificaciones y urbanizaciones.
- Árboles situados al borde de parques o vías: Deben ser árboles resistentes, debido a los posibles daños que puedan tener por la limitación espacial o el tráfico, es necesario hacer una adecuada selección de especies para evitar causar molestias a viandantes y residentes (Figura 2). Deben tener un mantenimiento estricto y constante.

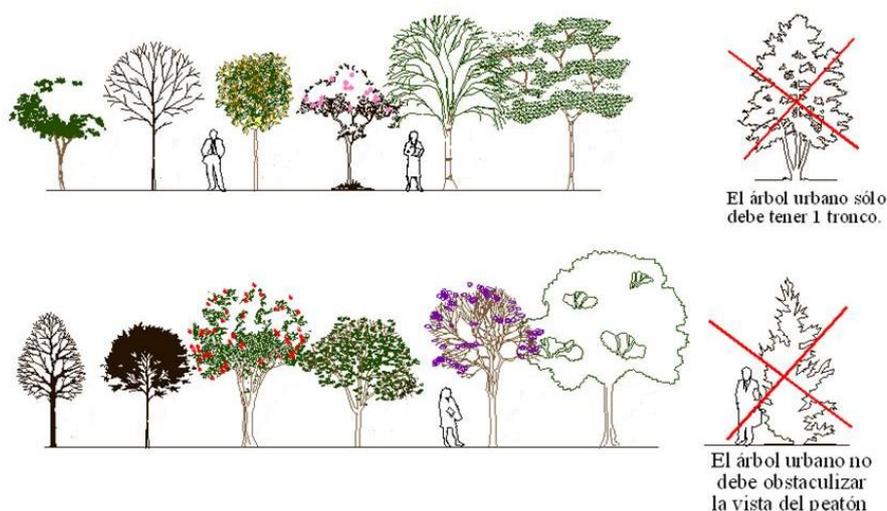


Figura 2. Criterio calidad árbol urbano

Fuente. JM, Santiago (ArboriculturaUrbana, 2012)

1.1.1 Funciones de los árboles urbanos

La vegetación urbana juega un papel fundamental en el ecosistema de las ciudades; como dice Cariñanos (2015) "están relacionados con la renovación y mejora de la calidad del aire proporcionando así el bienestar en los ciudadanos".

Tienen un impacto real y directo en la renovación del aire; se pueden citar cuatro maneras en las que la vegetación urbana puede afectar a la calidad del aire:

1. **Reducen la temperatura y otros efectos climáticos.** Transpiración, aumentan el nivel de sombra que ayuda a bajar las temperaturas de las calles y edificios en verano, absorción de la radiación, reducen la velocidad del viento que ayuda a que el polen y los contaminantes no se disperse , amortiguan el efecto negativo de las lluvias

torrenciales, aumentan la humedad relativa, reducen el albedo, etc. No todo son ventajas, ya que, una copa del árbol demasiado alta dejará pasar la radiación solar calentando así la superficie terrestre y el aire que allí se encuentra; además evitará el ascenso de este aire caliente y la temperatura no se reducirá. Este caso no es el habitual, lo normal es que baje la temperatura del aire en un rango de 1-1,5°C con respecto a las áreas sin vegetación, además con la reducción de temperatura también se reducen la formación de Ozono (O₃) (Nowak, 2002).

2. **Reducen la contaminación del aire.** Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) el 92% de la población de todo el mundo vive expuesta a altos niveles de contaminación; es de conocimiento general que los árboles son capaces de convertir el dióxido de carbono y el agua presente en el aire en glucosa y oxígeno que son liberados al medio ($6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$), pero también tienen otras funciones como captar partículas contaminantes del aire como el dióxido de sulfuro producido en las quemaduras de carbón de las industrias, el fluoruro y tetrafluoruro de hidrógeno liberado en producción de acero y fertilizantes químicos y los cloro-fluorcarbonados que son producidos por equipos refrigeradores y de aires acondicionados. Bien es cierto, que la única solución a largo plazo es la reducción de estos gases contaminantes, pero también se pueden tomar decisiones arbóreas en las ciudades para ayudar a reducir estos contaminantes. Como en el anterior caso, no todo son ventajas, y una posible ventaja como reducir la velocidad del viento aquí se convierte en una desventaja, estancando los contaminantes en las calles de las ciudades (BiU Arquitectura y Paisaje, 2012).
3. **Reducción niveles de contaminación diésel.** En las ciudades existen un gran número de coches los cuales generan un gran número de partículas, las más importantes son las que provienen de la combustión de motores diésel, que pueden agregar por transferencia los alérgenos de la superficie del grano de polen, lo que lo que puede facilitar el acceso de las moléculas alérgicas a las vías respiratorias. En regiones altamente contaminadas, los granos aerotransportados interaccionan con los contaminantes y favorecen la liberación de los alérgenos (Motta *et al.*, 2006).
4. **Afectan al ahorro energético en los edificios.** En lugares de clima mediterráneo, como es nuestro caso, la vegetación urbana de hoja caduca es la más adecuada para la protección del sol en verano. Nuestra zona puede llegar a alcanzar hasta los 40°C en pleno agosto, la vegetación urbana ayudará a mitigar esta temperatura con el efecto sombra (Figura 3 y 4), el efecto sombra se basa en que la sombra que proyectan los árboles se proyecte a su vez en fachadas y pavimentos exteriores urbanos, reduciendo así el alcance de los rayos solares e impidiendo que entren en el edificio y, por tanto, calienten la estructura; favoreciendo así el ahorro energético en verano (BiU Arquitectura y Paisaje, 2012). En cambio en otoño y en invierno, con la pérdida de las hojas, el sol pasa a través de sus ramas y calienta la zona alcanzada lo cual puede contribuir al ahorro energético de las viviendas.

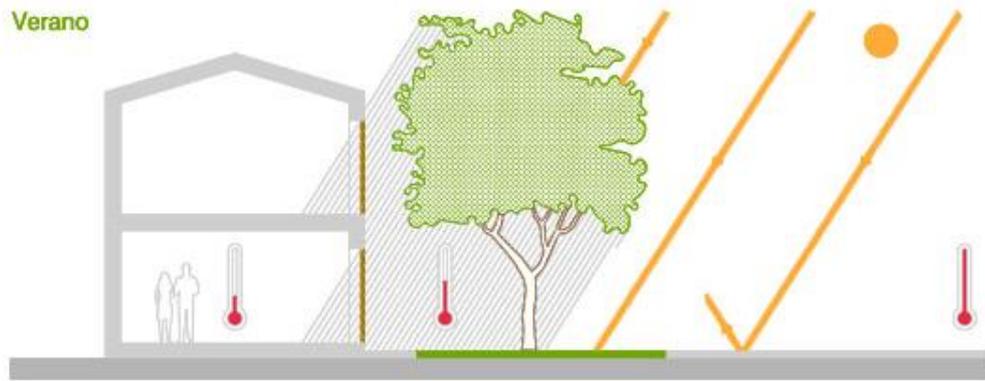


Figura 3.Efecto sombra en verano

Fuente. BiUARquitecturayPaisaje

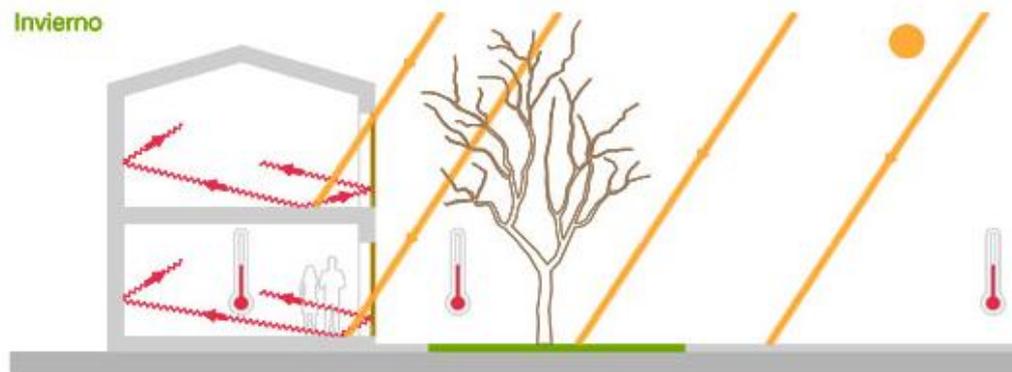


Figura 4.Efecto sombra en otoño e invierno.

Fuente. BiUARquitecturayPaisaje.

5. **Emiten y recogen compuestos orgánicos volátiles.** Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles por los árboles pueden contribuir a la formación de ozono y monóxido de carbono (Nowak, 2002). Sin embargo, en la mayoría de situaciones, para que se formen estos compuestos volátiles es necesario temperaturas altas y los propios árboles reducen la temperatura del ambiente, con grandes coberturas arbóreas el impacto por emisión de compuestos orgánicos volátiles es mínima. Como era de esperar, no todo son ventajas; una gran cobertura arbórea suele estar relacionado con una gran cantidad de polen, el cual puede ser un gran problema que puede verse agravado por su relación con los contaminantes y afectar de manera negativa a la vida cotidiana, como se comentará más adelante (Nowak, 2002).

1.2 El polen y sus efectos sobre la salud de las personas

1.2.1 Antecedentes históricos

El grano de polen es una estructura pluricelular que contiene el gameto sexual masculino en su madurez. Se forma en los estambres y se dispersa una vez maduro. El grano de polen requiere que su parte más externa sea resistente, ya que, se ve sometido a condiciones adversas que podrían provocar el colapso y desecación de los componentes celulares, alterándolos y haciendo el polen inviable. Como adaptación a estas condiciones están rodeados de una pared denominada exina, formada por esporopolenina (Puiggròs Casas, 2012).

La función del polen es alcanzar el órgano femenino de una flor y provocar una posible fecundación. El transporte del polen se denomina polinización y según el vector utilizado las plantas se diferencian en:

- **Anemófilas**, realizada por el viento.
- **Hidrófilas**, por medio del agua.
- **Zoófilas**, polinización por medio de animales. Cuando los insectos son los vectores, se denomina Entomofilia.

Desde la antigüedad se ha intuido que el origen de ciertas enfermedades, entre las que están la rinoconjuntivitis y el asma alérgica, reside en ciertas partículas presentes en la atmosfera que respiramos. En el siglo XIX, el Dr. Blackley (1820-1900) pudo establecer que la denominada “fiebre del heno” estaba causada por los granos de polen de gramíneas, tras detectar, su presencia en el aire de Manchester y observar que la sintomatología en sus pacientes coincidía con los periodos de mayor captación de dichos pólenes. Con Blackley se inicia una nueva disciplina, la aerobiología, cuyo objeto es el estudio del contenido biológico de la atmósfera.

Por su parte, Pierre Miquel (1850-1922) realizó numerosos estudios sobre los microorganismos contenidos en la atmósfera de París desde 1879 y durante 25 años, perfeccionando numerosos métodos. Fabricó y desarrolló el primer colector volumétrico capaz de succionar 20 litros de aire por hora, realizando el primer muestreo largo y periódico de la atmósfera con métodos volumétricos, y concluyendo que el número de microbios en el aire variaba enormemente en el mismo emplazamiento a diferentes horas, estaciones o alturas (Comtois, 1997).

Desde el primer muestreo aerobiológico realizado por Blackley y tras el primer captador volumétrico ideado por Miquel, la metodología aerobiológica ha evolucionado mucho. Los métodos no volumétricos basados en la deposición gravimétrica fueron los primeros usados en los estudios aerobiológicos y hoy en día están prácticamente en desuso. Actualmente se usan diferentes métodos volumétricos basados en los principios de filtración, impactación y ciclones (Alergo Murcia, 2013).

En la actualidad, se ha podido demostrar que las moléculas responsables de las afecciones típicas de una polinosis (alérgenos) son proteínas (Jiang *et al.*, 2005; Vega-Maray *et al.*, 2006), siendo el grano de polen el transportador primario de estas moléculas alérgicas (Beggs 1998).

Los alérgenos están localizados dentro del grano de polen, la liberación de estos es un proceso que depende de la temperatura, pH, humedad y polución. (Bartra *et al.*, 2007)

Tras ser liberado de la antera, el grano de polen puede sufrir una deshidratación de hasta un 35% y cuando llegan a una superficie húmeda, como puede ser la mucosa de las personas experimentan una hidratación considerable (Puiggròs Casas, 2012). Con la hidratación se produce unos cambios metabólicos que terminan en un exudado de lípidos, proteínas y enzimas, que son las responsables de provocar la respuesta alérgica en las personas sensibles (Suárez Cervera *et al.*, 2004).

Según la OMS, las manifestaciones clínicas de la reacción al polen en el cuerpo humano incluyen conjuntivitis, rinitis, rinofaringitis e incluso asma, debido al contacto directo del grano de polen con las mucosas de ojos, nasofaringe y nariz. Sin embargo, el grano de polen intacto no es el único vehículo de alérgenos, existen también partículas submicrónicas que son capaces de penetrar en las vías respiratorias más bajas y proceder a manifestaciones clínicas a nivel bronquial y alveolar (Puiggròs Casas, 2012).

Los granos de polen son las partículas que originan mayoritariamente los procesos alérgicos de origen biológico entre la población y la alergia es uno de los problemas sanitarios en auge, casi el 20% de la población humana (Devesa, 1995). Los pólenes alergénicos proceden, mayoritariamente, de plantas que polinizan a través del aire (polinización anemófila). Cada especie tiene un periodo propio de floración y polinización, que depende de la climatología. La abundancia de los pólenes alergénicos en una localidad depende de la vegetación del entorno, de la flora urbana y del curso climático de cada año.

Se ha planteado que las partículas en suspensión derivadas de la combustión de motores diésel puedan agregar por transferencia los alérgenos de la superficie del grano de polen, lo que puede facilitar el acceso de las moléculas alergénicas a las vías respiratorias inferiores y su permanencia en el aire por más tiempo de lo habitual. En zonas altamente contaminadas, la polución favorece la liberación de los alérgenos (Motta *et al.*, 2006).

1.2.2 Aerobiología en España

En España existen dos redes que suministran información aerobiológica, la Red Española de Aerobiología (REA), y el Comité de Aerobiología de la Sociedad Española de Alergia e Inmunología Clínica. Las diferentes redes aerobiológicas trabajan en la estandarización de los métodos de muestreo y cuantificación, siendo vital en el desarrollo de las redes aerobiológicas en el ámbito internacional (Galán, 1998).

Según la REA, Red Española de Aerobiología, la aerobiología ha ido adquiriendo una gran importancia en las últimas décadas. Se puede definir la aerobiología de dos modos, en el sentido amplio de la palabra, se trata del estudio de los organismos vivos del aire; en un sentido mucho más conciso, la aerobiología estudia el contenido atmosférico en granos de polen y esporas de hongos, su diversidad y las concentraciones con las que se presentan en las distintas épocas del año y en los distintos momentos del día. La aerobiología también permite hacer previsión de las floraciones, su intensidad y su adelanto o retraso (SEAIC, 2012).

En la actualidad, para los estudios aerobiológicos se utilizan sistemas de captación de filtración y de succión, como el captador volumétrico de polen Burkard (Figura 5), que permite obtener datos diarios y horarios. Posee una cobertura de muestreo media de unos 20 km en condiciones orográficas y de asentamiento normales y un caudal de 10 L/min. Para el proceso de colección capta el aire por succión de una bomba a través de una rendija y lo hace impactar en una cinta de melinex que está impregnada en silicona y allí quedan adheridos los pólenes. La cinta es analizada al microscopio, lo que permite cuantificar el contenido polínico y hacer predicciones e incluso establecer niveles de alerta que resultan de utilidad para los médicos alergólogos y sus pacientes afectados de alergia al polen (Figura 6).

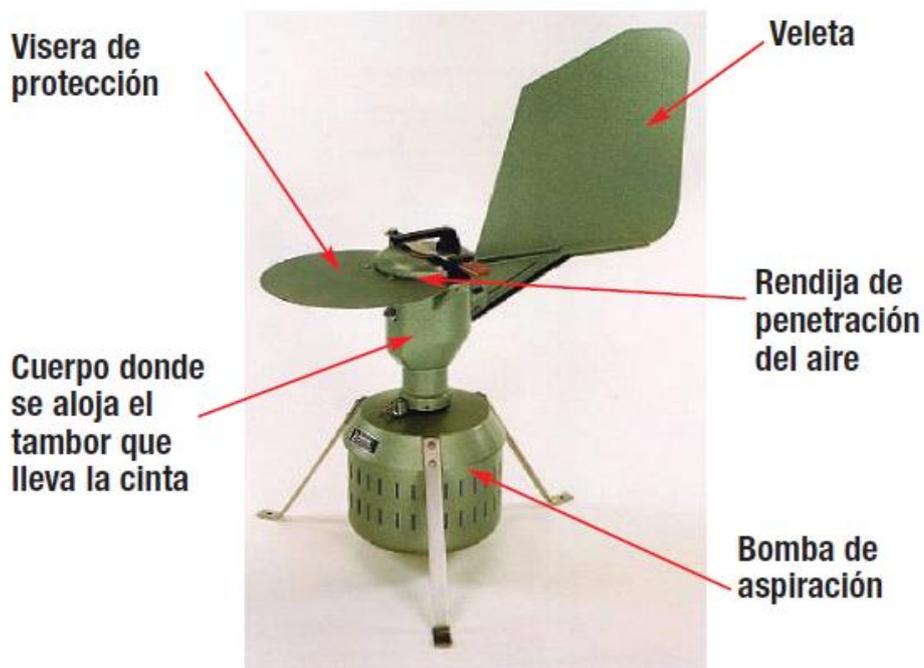


Figura 5. Aparato captador tipo Hirst (Burkard)

Fuente. Daria Bermejo Ramos (2011)



Figura 6. Nivel de alerta de polen de *Olea europaea* en relación a la cantidad de granos/m³

Fuente. SEAIC

Los estudios aerobiológicos también permiten obtener gráficos de distribución de las concentraciones polínicas a lo largo del año. Como ejemplo mostramos los publicados por la SEAIC para la ciudad de Cartagena.

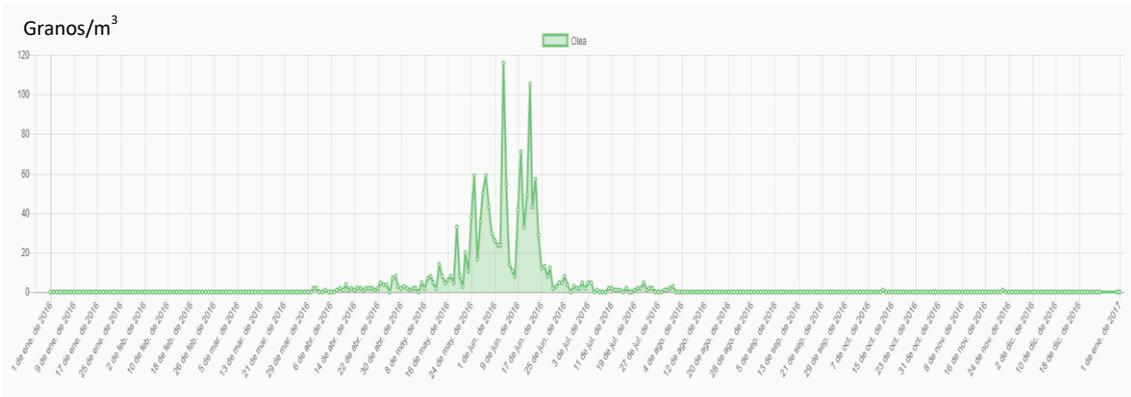


Figura 7. Calendario polínico *Olea europaea*, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

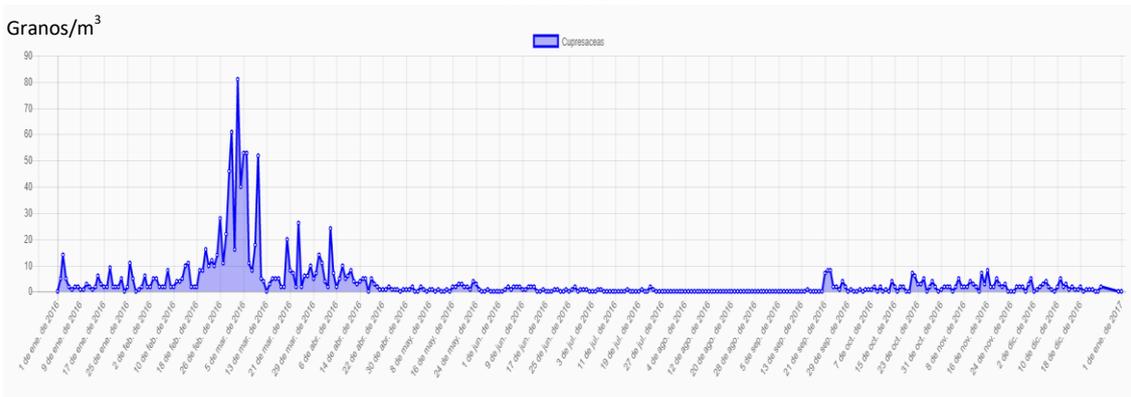


Figura 8. Calendario polínico Cupresáceas, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

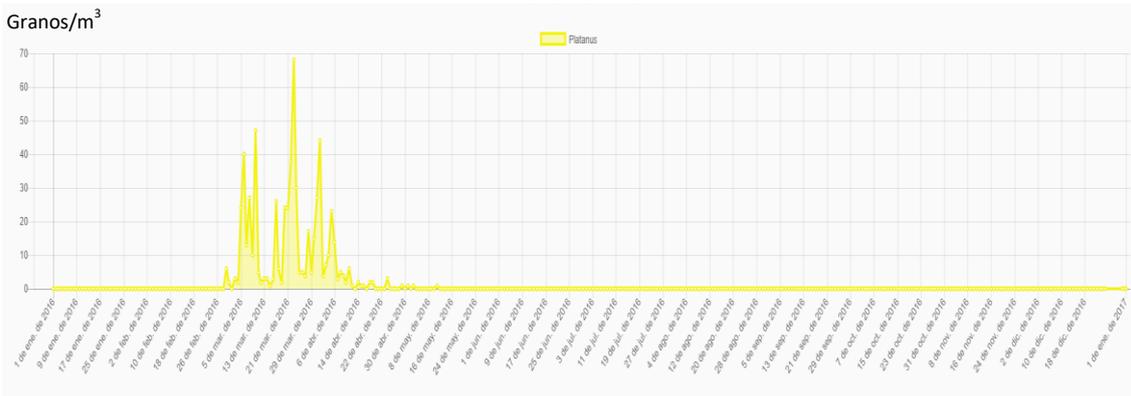


Figura 9. Calendario polínico *Platanus*, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

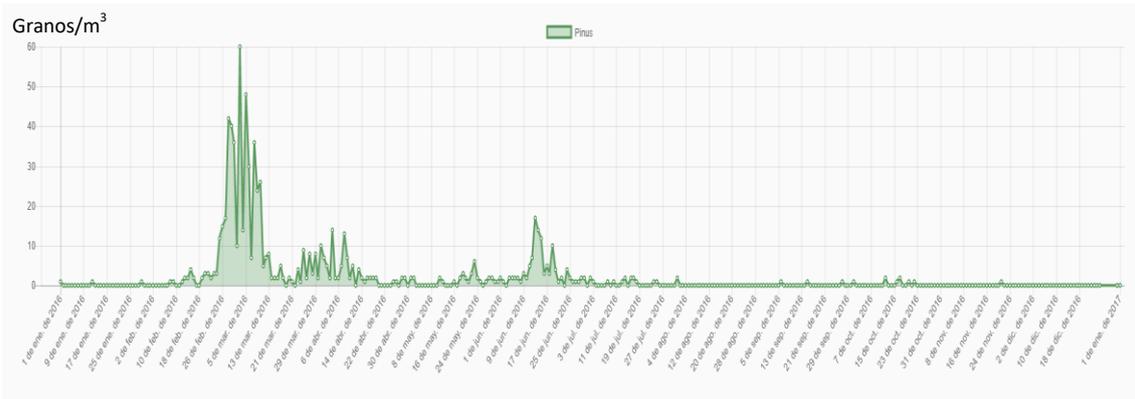


Figura 10. Calendario polínico *Pinus*, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

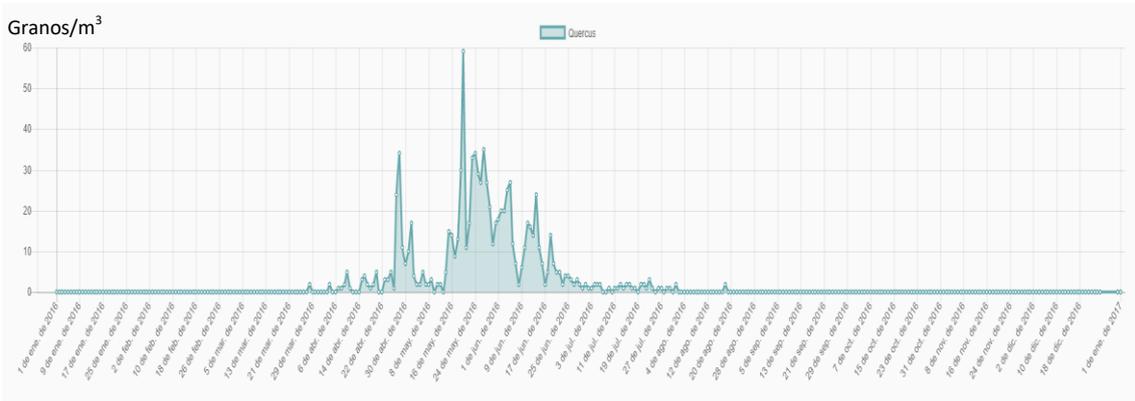


Figura 11. Calendario polínico *Quercus*, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

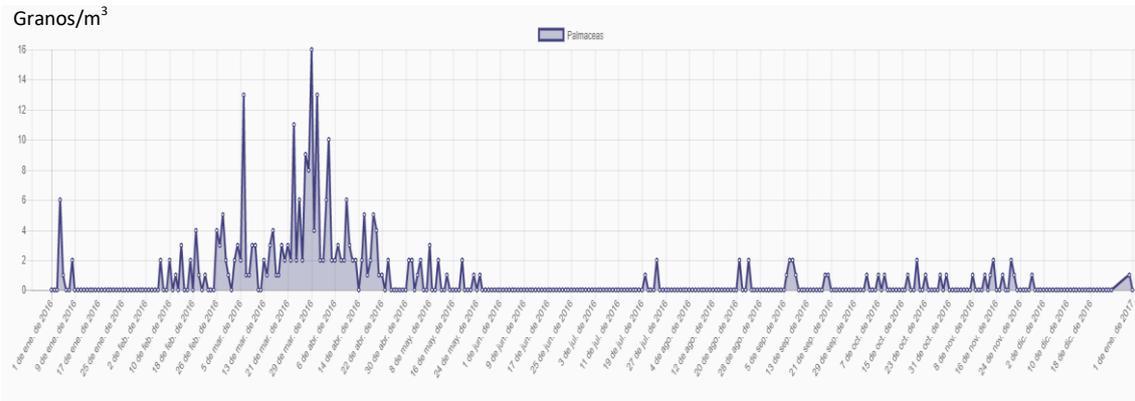


Figura 12. Calendario polínico *Palmáceas*, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

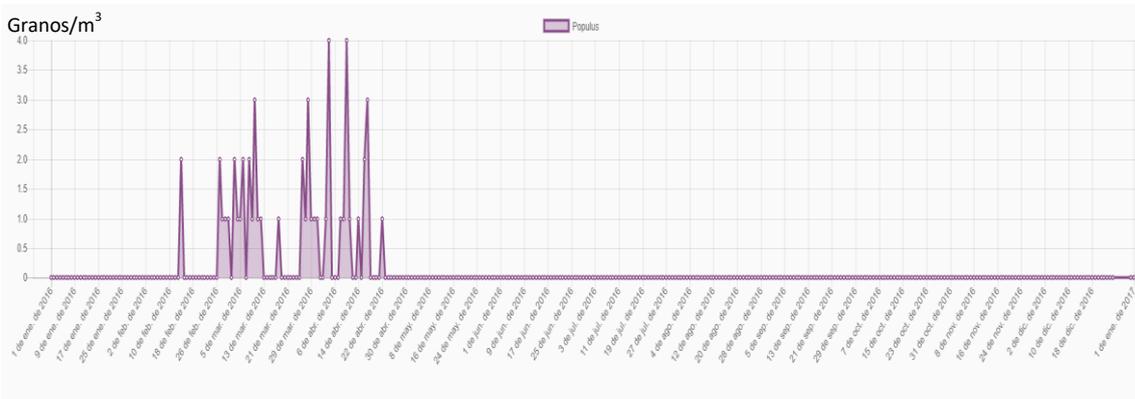


Figura 13. Calendario polínico *Populus*, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

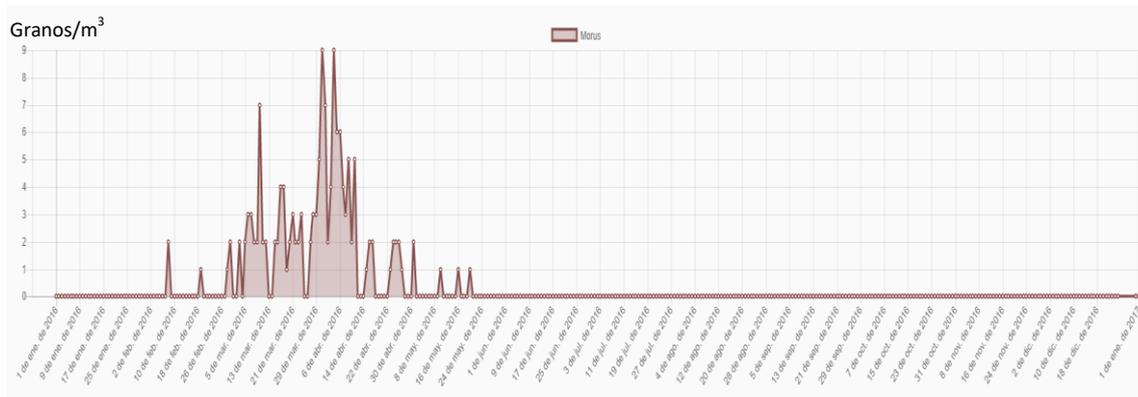


Figura 14. Calendario polínico *Morus*, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

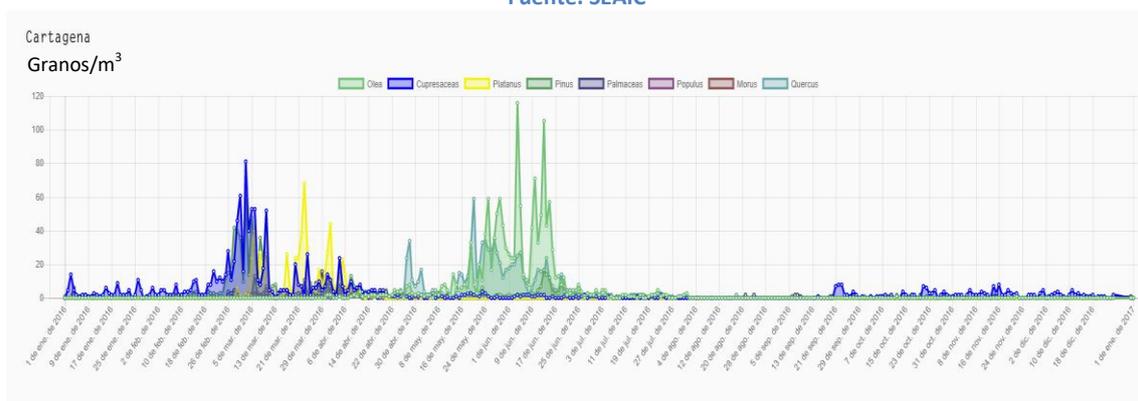


Figura 15. Agrupación del calendario polínico, Cartagena 2016-2017
Fuente. SEAIC

1.2.3 Enfoques actuales

En la actualidad se están haciendo originales aproximaciones al conocimiento de cómo la vegetación de los espacios verdes urbanos puede afectar a las personas alérgicas. Una propuesta interesante es la de la Dra. Cariñanos y su equipo (Cariñanos *et al.*, 2014), que permite valorar el potencial alergénico de los parques mediante un índice que, con datos biológicos y biométricos, genera un resultado comprendido entre 0 y 1 que indica si un determinado espacio supone un riesgo bajo o alto respectivamente.

1.3 Justificación

Como se ha visto, uno de los mayores problemas que supone el arbolado urbano para la salud de las personas es la emisión de polen y de compuestos orgánicos y volátiles. Por otra parte, los estudios aerobiológicos que podrían ayudar a una mejor gestión de la enfermedad alérgica se refieren, en general, a las especies autóctonas cuyos pólenes son bien conocidos y habitualmente se encuentran en grandes cantidades.

Sin embargo, son ignoradas las especies exóticas habitualmente usadas en jardinería y paisajismo urbano, productoras de cantidades menores de polen y que a menudo no son registradas en los captadores (que no suelen encontrarse en el centro de los núcleos urbanos sino en su periferia).

Es generalizado el incremento de la población en las ciudades, que aún será mayor en las próximas décadas, lo que unido a los efectos de cambio climático (que afecta a los ciclos vitales y la fenología de las plantas), a la alta incidencia de las enfermedades alérgicas y a la necesidad de tener en consideración el efecto de las especies exóticas sobre los usuarios de los espacios verdes urbanos justifica hacer en nuestra ciudad un estudio según la propuesta realizada por la Dra. Cariñanos y su equipo a fin de proponer, en su caso, las medidas de gestión necesarias para hacer de ellos lugares sostenibles saludables para todos los vecinos. Este trabajo se centrará en el estudio del potencial alergénico que pueden presentar algunos espacios verdes de la ciudad de Cartagena debido a la producción de polen.

2. Objetivos

Este estudio persigue los siguientes objetivos:

- Determinar el potencial alergénico de las áreas verdes, parques y calles de El Ensanche de Cartagena.
- Valorar otros efectos de la vegetación presente en estos espacios sobre otros factores que pueden afectar negativamente a los ciudadanos, tales como CO₂, O₂, NO_x, etc....

Se estudiarán y evaluarán los resultados obtenidos, dando una posible solución a los casos que puedan suponer un problema para la salud de la población.

3. Material y métodos

3.1 Marco geográfico

Se han estudiado varios espacios verdes urbanos de la ciudad de Cartagena, situada en la Región de Murcia sudeste de la Península Ibérica a una altitud de 67 metros sobre el nivel del mar; coordenadas 37°36'00"N 0°58'55"O. Cartagena está situada junto al Mar Mediterráneo y el Mar Menor, por lo que presenta un clima Mediterráneo, generalmente con unos veranos calurosos y unos inviernos suaves, el viento predominante es el que proviene del Este (Levante).



Figura 16. Situación de Cartagena

Fuente: http://www.viasverdes.com/img/image/itinerarios/Campo_de_Cartagena/Mapa_CampoCartagena.png

El emplazamiento escogido para el estudio fue la emblemática zona de El Ensanche en Cartagena, ya que, al ser una de las zonas más transitadas de la ciudad, la vegetación presente en los espacios verdes y viales podría estar representando un riesgo para una parte importante de la población de Cartagena.



Figura 17. Área de estudio, zona del Ensanche (Cartagena)

Fuente. GoogleMaps

Esta zona incluye un total de 30 calles y 3 parques.

Calles con arbolado

- Paseo Alfonso XIII
- Av. Reina Victoria
- Pinto Balaca
- Calle Asdrúbal
- Calle Trafalgar
- Calle Almirante Baldasano
- Calle Jorge Juan
- Calle Ángel Bruna
- Calle Ramón y Cajal
- Calle Príncipe de Asturias
- Calle Juan Fernández
- Calle Wssell de Guimbarde
- Calle Guardia Civil
- Calle Carmen Conde
- Av. de los Toreros
- Calle Jiménez de la Espada

Calles sin arbolado

- Alfonso X El Sabio
- San Martín de Porres
- Francisco Celdrán
- La Paz
- María Luisa Selgas
- Hazmín Cartagena
- Ricardo Codorniú
- Ramón J Sénder
- Miguel de Unamuno
- Generalife
- Enrique Martínez Muñoz
- Félix Martí Alpera
- Picasso
- De la Gaviota

Parques con arbolado

- Plaza de España
- Parque de los Juncos
- Alameda de San Antón

3.2 Parámetros considerados

La recogida de todos los datos se llevó a cabo durante la primavera de 2017. Los principales parámetros medidos fueron:

- **Área de las calles y parques (m²).** Medidas tomadas desde el Geo Portal virtual (<http://urbanismo.cartagena.es/urbanismo/IDE>). Se tomaron medidas tanto en longitud (L) como en anchura (B) de cada una de las calles, al tratarse de calles rectangulares el Área (A) sería igual a:

$$A = L \times B$$

Con respecto a los parques, el parque de los Juncos y la Alameda de San Antón también se pueden tratar como rectangulares, solo Plaza de España es un parque circular, para calcular el área (A) de la Plaza de España se utilizó solo el radio (r) del parque.

$$A = \pi r^2$$

- **Especies.** Identificación de cada uno de los ejemplares situados en la zona estudiada, tanto a nivel de familia como de especie. Recuento del número de individuos, toma de datos de diámetro de copa y altura.

- **Diámetro de copa.** Se utilizó el método que viene recogido en la Guía del arbolado de la ciudad de Cartagena (Conesa *et al.*, 2017); se utilizó una cinta métrica midiendo la copa en dos direcciones (Norte-Sur y Este-Oeste), se tomaron como referencia las sombras proyectadas sobre el suelo, la medida final corresponde a la media entre los dos valores obtenidos.
- **Altura (m).** Es la distancia real desde la base del tronco hasta el ápice de la copa del árbol. Para la medida se utilizó un telemetro láser.
- **Contribución I_{UGZA}** (Urban Green Zone Allergenicity Index). Calculado con la fórmula de Cariñanos que se comentará más adelante.
- **Aplicación i-Tree.** Se han obtenido datos cualitativos como alergenicidad, almacenamiento de carbono o eliminación de la contaminación del aire. Se hace a través de la aplicación “i-Tree” desarrollado por el departamento de agricultura de Estados Unidos, englobado en el modelo UFORE, explicada más adelante.

3.3 Cálculo del índice de alergenicidad

Para estimar el potencial alergénico total de los espacios estudiados se utiliza el Índice de Alergenicidad (I_{UGZA} , Urban Green Zone Allergenicity Index), propuesto por Cariñanos *et al.*, (2014). Es una fórmula cuantitativa que relaciona los parámetros biológicos de las especies presentes en la ciudad con su capacidad como foco emisor de partículas alergénicas.

La fórmula es la siguiente:

$$I_{UGZA} = \frac{1}{378S_T} \sum_{i=1}^k n_i \times ap_i \times pe_i \times ppp_i \times S_i \times H_i$$

Donde,

- **378**, es una constante que corresponde con el Valor Potencial Alergénico Máximo
- **S_T** , es la superficie total de la calle o el parque (m^2)
- **k** es el número de especies en el parque o calle
- **n_i** es el número de individuos de cada especie en la zona estudiada
- **ap_i** , es el potencial alergénico que va desde 0 a 3 o excepcionalmente 4, siendo 0 un potencial nulo y 4 el máximo (Tabla 3)
- **pe_i** , es la emisión de polen o estrategia de polinización que va desde 0 a 3 (Tabla 3)
- **ppp_i** , es la duración del periodo de polinización, dividido en 3 valores (Tabla 3)
- **S_i** , área verde ocupada por la especie en m^2
- **H_i** , altura de copa del árbol en m. Con la combinación de ambos ($S_i \times H_i$) se obtiene el volumen (Figura 10). Se observan diferentes volúmenes en función del elemento estudiado, siendo árboles, arbustos o césped

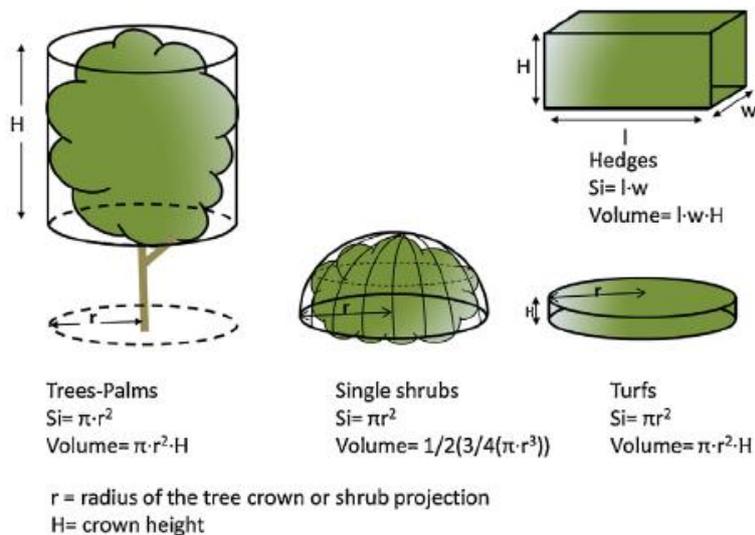


Figura 18. Cálculo del volumen según dimensiones del área verde

Fuente: Cariñanos *et al.*, (2014)

Las tres variables intrínsecas (ap_i , pe_i , ppp_i) juntas corresponden al valor del potencial alergénico o VPA. En la Tabla 3 se representan las valoraciones más comunes en base a ciertas características de las especies estudiadas.

El resultado de I_{UGZA} aporta un dato comprendido entre 0 y 1, siendo 0 nula alergenicidad y 1 máxima alergenicidad.

Tabla 3. Parámetros y valores para el cálculo de VPA

Parámetros	Valores
Potencial alergénico (ap_i)	0= No alergénico 1= Baja alergenicidad 2= Alergenicidad moderada 3= Alergenicidad alta 4= Principales alérgenos locales
Estrategia de polinización (pe_i)	0= No emiten polen (estériles, cleistógamas o femeninas) 1= Entomófilas 2= Mixtas o anfilas 3=Anemófilas
Duración del periodo de polinización (ppp_i)	1= 1 a 3 semanas 2= 4 a 6 semanas 3= >6 semanas

3.3.1 Índice potencial e índice real

Con el método propuesto por Cariñanos *et al.*, (2014) se puede calcular un índice potencial teórico e índice potencial real.

El **índice teórico** se calcula utilizando los valores teóricos de las dimensiones (la altura y el radio de copa que llega a alcanzar la especie estudiada cuando llega al máximo crecimiento y bajo condiciones ideales) para calcular el volumen máximo que llegaría a ocupar ese árbol, y a raíz de estos utilizar la fórmula de Cariñanos para calcular el índice teórico. Rara vez se alcanzarán estos valores debido al clima, gestión, poda y riegos de los arboles urbanos.

El valor del **índice real** es el índice alergénico verdadero que hay en la zona estudiada, ya que se basa en los valores reales y actuales medidos en la zona (dimensiones y radio de copa) para calcular el volumen real y a raíz de este, utilizar la fórmula propuesta para calcular el índice real.

Ambos potenciales se han estudiado en este trabajo, para que, comparando los resultados nos ayuden a saber cuál es el riesgo real y potencial de la zona.

3.4 Uso de la aplicación “i-Tree”

La recogida de datos se hace a través de la aplicación “i-Tree” desarrollada por el departamento de agricultura de Estados Unidos, englobada en el modelo UFORE (Urban Forest Effects Model); más concretamente, se ha utilizado el apartado “i-Tree Species”, una de las muchas que componen el software, diseñada para ayudar a los “agricultores urbanos” a seleccionar las especies arbóreas más apropiadas según los posibles servicios ambientales deseados y el área geográfica en la que pretenden usarse.

Se realiza una valoración cualitativa seleccionando los subapartados correspondientes y dándole un valor de importancia relativa (0-10) a cada servicio ambiental deseado de los árboles.

Las especies se seleccionan en base a tres tipos de información:

- Rusticidad: según lo determinado por el estado y la ciudad.
- Altura alcanzada: se elige la altura mínima y máxima acotando los resultados al intervalo seleccionado.
- Factores ambientales (Tabla 4), que se pueden ponderar de 0 a 10:

Tabla 4. Factores ambientales considerados en i-Tree

Eliminación de la contaminación del aire	Alergenicidad
Reducción de la temperatura del aire	Conservación de la energía del edificio
Reducción de la radiación ultravioleta	Reducción del viento
Almacenamiento de carbono	Reducción del caudal (gestión de aguas pluviales)

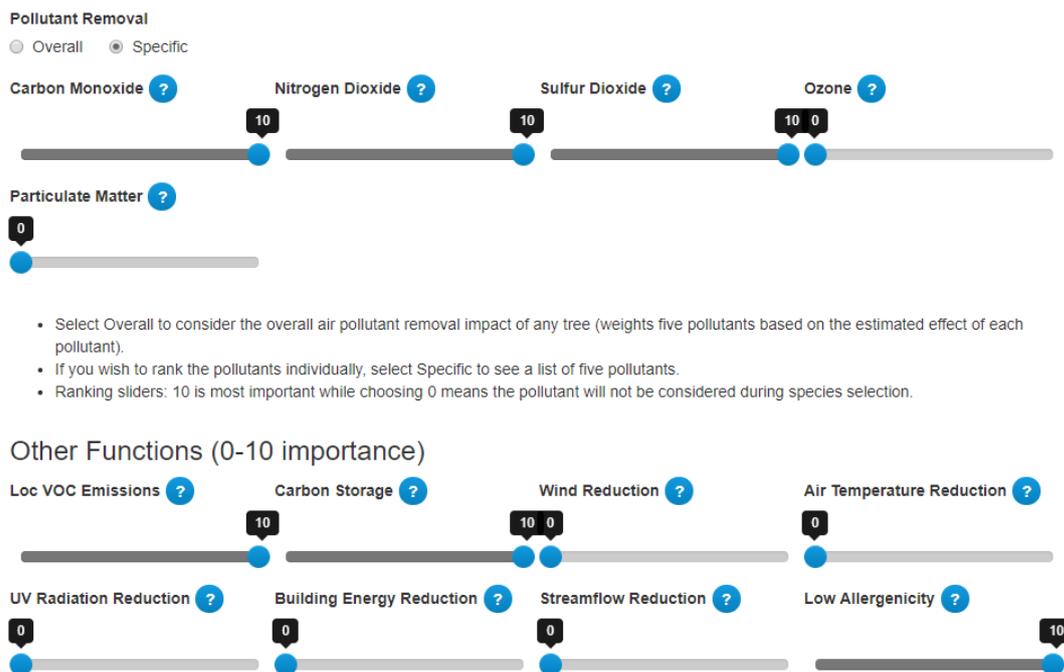


Figura 19. Apartados y valores de importancia de cada servicio ambiental (“i-Tree”)

Fuente: <https://species.itreetools.org/>

A continuación, el programa selecciona las mejores especies de árboles, basándose en la ponderación proporcionada y los beneficios ambientales de las especies arbóreas en la madurez. La combinación de resistencia, altura máxima y funcionalidad deseada produce una lista ordenada de especies recomendadas adecuadas para uso local que maximiza los servicios ambientales solicitados. Esta lista realiza una valoración de 0-100% y grupos de 10% dependiendo de los parámetros especificados.

Para nuestra zona, España, el programa requiere solo el rango de temperaturas mínimas y el periodo vegetativo medio de la zona. Las especies que no están presentes o que el programa no tiene registradas para España se han obtenido del clima mediterráneo de California. Para comprobar que no hay grandes variaciones se han comparado las especies presentes en ambos grupos con resultado de una variación admisible menor al 10%.

Los factores ambientales considerados para la ciudad de Cartagena son:

- Eliminación de la contaminación del aire
- Almacenamiento de CO₂
- Alergenicidad

3.5 Uso del programa “QGIS”

Para la situación geográfica del arbolado urbano se utilizó el programa informático QGIS (<http://www.qgis.org/es/site/>), todos los datos y su posición van recogidos en un mapa digital con localización georreferenciada (Figura 12), esta herramienta ha servido para clasificar de una manera visual el arbolado de Cartagena.

Tabla 5. Listado de las especies identificadas en las calles y parques de la ciudad de Cartagena. Para cada especie se muestran los valores de los parámetros considerados para el cálculo de este índice obtenido al aplicar la fórmula de Cariñanos *et al.*, 2014.

Especie	Nº de individuos	Valores reales				Valores teóricos				Valores potenciales de alergenicidad			VPA	Contribución I _{UGZA} (Total Real)	Contribución I _{UGZA} (TOTAL Teórica)	M ² Totales
		Altura (Hi)	Radio	Superficie (Si)	Volumen (Si*Hi)	Altura máxima (Hi max)	Radio Máximo	Superficie Máxima (Si max)	Volumen máximo (Si*Hi max)	Potencial Alergénico (ap _i)	Emisión de polen (pe _i)	Periodo de emisión (ppp _i)				
<i>Acacia sp.</i>	14	6,2	3,875	47,17	292,47	6,5	2,5	19,63	127,63	2	1	3	6	0,000209223	0,000091299	310644
<i>Acer negundo</i>	128	4	2	12,57	50,27	11	3	28,27	311,02	3	3	2	18	0,000986274	0,006102570	
<i>Araucaria heterophylla</i>	4	12,75	2,4	18,10	230,72	35	2,5	19,63	687,22	2	3	3	18	0,000141469	0,000421382	
<i>Betula pendula</i>	14	4,5	2	12,57	56,55	25	5	78,54	1963,50	3	3	3	27	0,000182037	0,006320725	
<i>Brachychiton populneus</i>	187	5	2	12,57	62,83	15	4	50,27	753,98	2	1	1	2	0,000200123	0,002401474	
<i>Callistemon viminalis</i>	27	2,5	1	3,14	7,85	3	1	3,14	9,42	3	1	3	9	0,000016253	0,000019504	
<i>Casuarina equisetifolia</i>	7	6	2	12,57	75,40	35	3	28,27	989,60	3	3	3	27	0,000121358	0,001592823	
<i>Ceratonia siliqua</i>	3	5,25	1,25	4,91	25,77	10	4	50,27	502,65	2	1	2	4	0,000002634	0,000051368	
<i>Cercis siliquastrum</i>	171	4,5	1,5	7,07	31,81	9	3	28,27	254,47	1	1	2	2	0,000092644	0,000741150	
<i>Chamaerops humilis</i>	4	3,5	1,5	7,07	24,74	4	2	12,57	50,27	3	3	2	18	0,000015170	0,000030821	
<i>Citrus aurantium</i>	70	3	1,8	10,18	30,54	5	2	12,57	62,83	1	1	3	3	0,000054611	0,000112368	
<i>Cupressus macrocarpa</i>	40	9	3,5	38,48	346,36	20	1,5	7,07	141,37	3	3	3	27	0,003185646	0,001300264	
<i>Cupressus sempervirens</i>	138	3,5	1	3,14	11,00	20	1,5	7,07	141,37	4	3	3	36	0,000465205	0,005981212	
<i>Cycas revoluta</i>	11	1,5	0,75	1,77	2,65	3	1,5	7,07	21,21	2	3	3	18	0,000004470	0,000035757	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	10	10	3	28,27	282,74	40	3,5	38,48	1539,38	2	1	1	2	0,000048158	0,000262193	
<i>Ficus benjamina</i>	6	10	2,3	16,62	166,19	30	4	50,27	1507,96	1	1	2	2	0,000016984	0,000154105	
<i>Ficus macrophylla</i>	249	8	4	50,27	402,12	18	5	78,54	1413,72	0	1	2	0	0,000000000	0,000000000	
<i>Ficus microcarpa</i>	39	5	2	12,57	62,83	10	4	50,27	502,65	1	1	2	2	0,000041737	0,000333895	
<i>Ginkgo biloba</i>	10	5	4,5	63,62	318,09	30	5	78,54	2356,19	3	3	2	18	0,000487599	0,003611843	
<i>Grevillea robusta</i>	63	13,5	2	12,57	169,65	35	5	78,54	2748,89	2	1	1	2	0,000182037	0,002949672	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	88	9,2	2,7	22,90	210,70	10	4	50,27	502,65	2	1	1	2	0,000315808	0,000753404	
<i>Juniperus cedrus</i>	7	7	1,25	4,91	34,36	8	1,5	7,07	56,55	3	3	3	27	0,000055306	0,000091018	
<i>Laurus nobilis</i>	4	5,4	1,15	4,15	22,44	5	1,5	7,07	35,34	2	1	3	6	0,000004586	0,000007224	
<i>Ligustrum japonicum</i>	25	3	1,25	4,91	14,73	4	2,5	19,63	78,54	3	2	2	12	0,000037623	0,000200658	
<i>Melia azederach</i>	24	5,2	2,4	18,10	94,10	15	4	50,27	753,98	1	1	2	2	0,000038465	0,000308211	
<i>Morus alba</i>	81	7,5	4,5	63,62	477,13	16	4	50,27	804,25	3	3	2	18	0,005924326	0,009986024	
<i>Olea europaea</i>	19	5,675	3,8	45,36	257,44	16	5	78,54	1256,64	4	2	3	24	0,000999754	0,004880001	

Especie	Nº de individuos	Valores reales				Valores teóricos				Valores potenciales de alergenicidad			VPA	Contribución IUGZA (Total Real)	Contribución IUGZA (TOTAL Teórica)	M ² Totales
		Altura (Hi)	Radio	Superficie (Si)	Volumen (Si*Hi)	Altura máxima (Hi max)	Radio Máximo	Superficie Máxima (Si max)	Volumen máximo (Si*Hi max)	Potencial Alergénico (ap _i)	Emisión de polen (pe _i)	Periodo de emisión (ppp _i)				
<i>Phoenix canariensis</i>	3	6	3	28,27	169,65	15	4	50,27	753,98	2	3	2	12	0,000052011	0,000231158	
<i>Phoenix rupicola</i>	7	9	2,5	19,63	176,71	15	4	50,27	753,98	2	3	2	12	0,000126415	0,000539369	
<i>Phytolacca dioica</i>	14	10,5	3,5	38,48	404,09	15	6	113,10	1696,46	2	1	1	2	0,000096356	0,000404526	
<i>Pinus halepensis</i>	42	10	2,75	23,76	237,58	20	3,5	38,48	769,69	2	3	2	12	0,001019744	0,003303632	
<i>Pinus pinea</i>	4	14	2	12,57	175,93	20	4	50,27	1005,31	2	3	2	12	0,000071916	0,000410947	
<i>Pittosporum tobira</i>	13	2	1	3,14	6,28	4	2	12,57	50,27	1	1	3	3	0,000002087	0,000016695	
<i>Platanus hispanica</i>	384	11,5	3	28,27	325,15	25	4,5	63,62	1590,43	4	3	2	24	0,025519838	0,124825296	
<i>Populus alba</i>	5	15	3	28,27	424,12	20	4	50,27	1005,31	3	3	2	18	0,000325066	0,000770527	
<i>Populus nigra</i>	114	9,5	2	12,57	119,38	30	2	12,57	376,99	3	3	2	18	0,002086201	0,006588002	
<i>Populus simonii</i>	16	5,5	1,8	10,18	55,98	28	2,5	19,63	549,78	3	3	2	18	0,000137308	0,001348421	
<i>Prunus cerasifera var. pisardii</i>	15	4,3	0,9	2,54	10,94	8	4	50,27	402,12	1	1	1	1	0,000001398	0,000051368	
<i>Quercus ilex</i>	7	3,857	1,5	7,07	27,26	12	3	28,27	339,29	2	3	3	18	0,000029255	0,000364074	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	28	7	3	28,27	197,92	20	4	50,27	1005,31	2	1	2	4	0,000188779	0,000958877	
<i>Schinus molle</i>	2	7,6	2,2	15,21	115,56	10	4	50,27	502,65	3	1	1	3	0,000005905	0,000025684	
<i>Sophora japonica</i>	5	7,6	1,5	7,07	53,72	20	5	78,54	1570,80	2	2	1	4	0,000009150	0,000267544	
<i>Tamarix sp.</i>	15	4,8	1,2	4,52	21,71	5	1,5	7,07	35,34	3	2	2	12	0,000033287	0,000054178	
<i>Tetraclinis articulata</i>	9	6	2	12,57	75,40	9	2	12,57	113,10	3	3	3	27	0,000156032	0,000234047	
<i>Thuja occidentalis</i>	12	9	2	12,57	113,10	12	2,5	19,63	235,62	3	3	3	27	0,000312063	0,000650132	
<i>Tilia cordata</i>	38	4,5	1,875	11,04	49,70	30	10	314,16	9424,78	2	1	2	4	0,000064336	0,012200003	
<i>Tipuana tipu</i>	39	11	3	28,27	311,02	15	9	254,47	3817,04	1	1	1	1	0,000103299	0,001267757	
<i>Trachycarpus fortunei</i>	17	3,5	1,5	7,07	24,74	6	2	12,57	75,40	3	2	2	12	0,000042981	0,000130990	
<i>Washingtonia robusta</i>	27	13	2	12,57	163,36	30	2,5	19,63	589,05	1	2	2	4	0,000150253	0,000541776	
Totales	2159													0,044363173	0,20392597	

4.2 Potencial alergénico de El Ensanche (Cartagena)

La superficie total del área estudiada en la ciudad de Cartagena es 729200 m². La suma total de las áreas verdes de las calles y parques es de 310644 m², lo que supone un 42,6% del espacio total.

El índice alergénico real de este espacio (I_{UGZA}) es de 0,044363173. Teniendo en cuenta que un espacio verde solo se considera potencialmente peligroso en caso de que se supere el valor 0,3 (Cariñanos *et al.*, 2016), se puede decir que Cartagena, o al menos la superficie estudiada, tiene un índice relativamente bajo y, por lo tanto, no debería suponer un problema para la salud de los habitantes.

Por otro lado, el I_{UGZA} potencial, es decir, el que podrían llegar a tener las plantas en caso de que su crecimiento fuese incontrolado y llegara a alcanzar su potencial máximo, sería de 0,20392597, en este caso, se acerca relativamente al nivel 0,3 comentado con anterioridad y puede empezar a ser un problema en la ciudad de Cartagena. Aun así, se sabe que es muy poco probable que un árbol llegue a alcanzar su máximo potencial en altura y crecimiento en una ciudad, ya que, en su mayoría se ven sometidos a grandes podas, a parterres pequeños, grandes niveles de estrés propio de los árboles urbanos, etc. Por eso se ha estudiado el valor real (altura y radio de copa) de los árboles de la zona, pero se ha incluido el índice teórico para ver como de cerca puede llegar a estar de su valor teórico máximo.

Por otra parte, cabe destacar que en el trabajo realizado de salud ambiental de los parques españoles por Cariñanos *et al.*, (2016) se obtienen índices para varias ciudades españolas. En general, los resultados obtenidos en el norte de la península han sido mucho más altos que los de la zona sur, esto parece lógico ya que las condiciones de crecimiento son mucho más favorables que en el sur. Destacan los valores de Salamanca (0,87), Huesca (0,74), Pamplona (0,69) y Zaragoza (0,60).

Cabe destacar que en el trabajo realizado de los parques españoles por Cariñanos *et al.*, (2016) el único parque estudiado de Cartagena fue el Parque de la Rosa, en el que se obtuvo un I_{UGZA} de 0,09, lo que supone menos de la mitad de valor obtenido para la zona de El Ensanche.

Entre todas las especies, en el área estudiada se pueden destacar algunas por la cantidad de ejemplares y el riesgo que pueden llegar a suponer solo por esta circunstancia. *Platanus hispanica* con 384 ejemplares, es el árbol que más abunda en El Ensanche, ocupando las calles principales y más frecuentadas a lo largo del día, además tiene un VPA de 24, lo cual lo hace potencialmente peligroso, como veremos más adelante. *Ficus macrophylla*, con 249 ejemplares presentes en la zona, es la segunda especie con mayor número de individuos y al ser estrictamente entomófila tiene un potencial alergénico (Ap_i) de 0, de modo que, aunque exista un elevado número de individuos de esta especie el riesgo que representan es casi nulo. *Cupressus sempervirens*, con 138 individuos y un VPA de 36 (el máximo), representa, a priori, el mayor riesgo teórico, sin embargo, como se verá más adelante, no solo cuenta el valor de VPA y el número de individuos, sino que también hay que considerar la altura y radio de copa de los individuos presentes. Otra especie importante en la zona, es *Olea europaea*, no hay un número de individuos muy elevado (19), pero los pocos que hay, están situados en zonas altamente frecuentadas y puede llegar a suponer un problema con un VPA de 24.

El resto de especies tienen un número reducido de individuos o un potencial de VPA bajo, se puede destacar *Tetraclinis articulata* y *Thuja occidentalis* con 9 y 12 individuos respectivamente y ambas especies con un VPA de 27.

4.3 Potencial alergénico de zonas de interés

4.3.1 Potencial alergénico de las calles de Cartagena

Paseo Alfonso XIII

Esta es una de las calles más grandes y transitadas de la ciudad, con una superficie de 20400 m², cubierta plenamente por 117 individuos de la especie *Platanus hispanica* (Tabla 6). El índice alergénico real de este espacio (I_{UGZA}) es de 0,113308656, que está ligeramente por encima de la media de la zona estudiada (0,044363173).

Su potencial teórico es 0,579148646. El índice tan alto es debido al número elevado de individuos, su altura y radio de copa, aunque solo hay una especie en esta zona al tener un VPA de 24 y altos valores de altura y radio, le hacen un candidato perfecto para, en un futuro y suponiendo que llegan a su potencial máximo, crear un problema de salud en la población.

Tabla 6. Resumen de las especies identificadas en el Paseo Alfonso XIII

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Platanaceae</i>	24	11,57	2,92	26,79	309,92	25	4,5	63,62	1590,43	117

Avenida Reina Victoria

Esta avenida es paralela al Paseo Alfonso XIII, y muy similares en cuanto a su composición y tamaño, tiene una superficie de 20100 m² ocupada en su totalidad, por *Platanus hispanica*, 110 individuos (Tabla 7) y, además, se encuentra junto a uno de los parques más grandes de la ciudad y que más diversidad arbórea tiene, el Parque de los Juncos, que se comentará más adelante. El índice alergénico real de este espacio (I_{UGZA}) es de 0,124392251.

Su potencial teórico es de 0,552625573. Es un índice que vuelve a superar la media teórica de la zona estudiada en su conjunto 0,20392597.

Tabla 7. Resumen de las especies identificadas en la Av. Reina Victoria

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Platanaceae</i>	24	11,58	3,137	30,92	358,00366	25	4,5	63,62	1590,43	110

Calle Pintor Balaca

Esta zona tiene una superficie de 7650 m², está ocupada por 48 individuos de *Cercis siliquastrum* (Tabla 8). El índice alergénico real de este espacio es de 0,00088884.

Su potencial teórico es de 0,007509316, frente al índice del conjunto estudiado, es un índice muy bajo lo cual es normal, ya que, su VPA es de 2.

Tabla 8. Resumen de las especies identificadas en la calle Pintor Balaca

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Fabaceae</i>	2	6	1,192	4,46	26,782655	8	3	28,27	226,19	48

Calle Asdrúbal

Esta zona tiene una superficie de 18600 m², está ocupada por 11 individuos de *Callistemon viminalis* (Tabla 9). El índice alergénico real de este espacio es de 0,000082990.

Su potencial teórico es de 0,000088473, frente al índice del conjunto estudiado, es un índice muy bajo con respecto al de la zona estudiada que en su conjunto es 0,20392597, que el índice sea muy bajo es debido a que el VPA es bajo (9) y, sobre todo, porque se trata de una gran superficie en la que existen muy poco elementos vegetales lo cual ayuda a que el peligro en esta calle por alergenicidad sea escaso.

Tabla 9. Resumen de las especies identificadas en la calle Asdrúbal

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Callistemon viminalis</i>	<i>Myrtaceae</i>	9	2,3636	0,8909	2,49	5,8936151	2	1	3,14	6,28	11

Calle Trafalgar

Esta zona tiene una superficie de 19590 m², está ocupada por 60 árboles de 9 especies diferentes (Tabla 10), y su índice alergénico real es de 0,009303159, que está por debajo de la media de la zona estudiada (0,044363173), esto es debido a que las especies poseen un VPA medio (un rango entre 2-18) pero es una superficie muy grande y hay un escasez de vegetación importante, lo cual nos lleva a que el índice alergénico esté en un valor tan bajo.

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico es de 0,040023714, muy por debajo de la media teórica de la zona estudiada 0,20392597.

Tabla 10. Resumen de las especies identificadas en la calle Trafalgar

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Acer negundo</i>	<i>Sapindaceae</i>	18	4,1667	1,972	12,22	50,903982	10	3	28,27	282,74	10
<i>Brachychiton populneus</i>	<i>Malvaceae</i>	2	5	1,75	9,62	48,105638	15	4	50,27	753,98	5
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Arecaceae</i>	18	3,5	1,5	7,07	24,740042	4	1	3,14	30,52	4
<i>Ficus benjamina</i>	<i>Moraceae</i>	2	9	4	50,27	452,38934	30	4	50,27	1507,96	1
<i>Ficus microcarpa</i>	<i>Moraceae</i>	2	10	3,75	44,18	441,78647	10	4	50,27	502,65	1
<i>Melia azedarach</i>	<i>Meliaceae</i>	2	9,08	3,0625	29,46	267,5395	15	4	50,27	753,98	13
<i>Morus alba</i>	<i>Moraceae</i>	18	8,75	3,375	35,78	313,11616	15	4	50,27	753,98	4
<i>Populus nigra</i>	<i>Salicaceae</i>	18	8	2	12,57	100,53096	30	4	50,27	1507,96	3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Fabaceae</i>	4	10	2,9475	27,29	272,93391	20	4	50,27	1005,31	19

Calle Almirante Baldasano

Esta calle tiene una superficie de 7575 m², en la que se encuentran 7 árboles de 3 especies diferentes (Tabla 11). El índice alergénico real de esta calle es 0,00281485 que también se sitúa por debajo de la media de la zona estudiada (0,044363173), al igual que en los casos anteriores, nos encontramos con un índice bajo, aunque la superficie es mucho más pequeña

que las anteriores, hay solo 7 árboles, con lo cual el índice en esta zona, como muestran los resultados, es bajo.

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,004509384, que sigue estando por debajo de la media teórica de la zona estudiada.

Tabla 11. Resumen de las especies identificadas en la calle Almirante Bidasano

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Callistemon viminalis</i>	<i>Myrtaceae</i>	9	4,34	1,01	3,20	13,908566	2	1	3,14	6,28	5
<i>Ficus microcarpa</i>	<i>Moraceae</i>	2	8	3	28,27	226,19467	10	3	28,27	282,74	1
<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinaceae</i>	12	20	3	28,27	565,48668	20	4	50,27	1005,31	1

Calle Jorge Juan

Esta zona tiene una superficie de 17200 m², ocupada por 263 árboles de 4 especies diferentes (Tabla 12). El índice alergénico real de esta calle es de 0,00281485 que también se sitúa por debajo de la media de la zona estudiada (0,044363173). En este caso, hay un alto número de individuos en la zona (263) y estos tienen un tamaño considerable, pero si más del 90% está compuesto por *Ficus* y su VPA tiene un valor de 0, el valor bajo del índice está más que justificado.

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,050237650, que sigue estando por debajo de la media teórica de la zona estudiada.

Tabla 12. Resumen de las especies identificadas en la calle Jorge Juan

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Ficus macrophylla</i>	<i>Moraceae</i>	0	12	7,25	165,13	1981,5596	18	5	78,54	1413,72	234
<i>Ficus microcarpa</i>	<i>Moraceae</i>	2	3,2579	1,2715	5,08	16,547092	10	3	28,27	282,74	2
<i>Quercus ilex</i>	<i>Fagaceae</i>	18	4,1	1,455	6,65	27,268404	12	3	28,27	339,29	7
<i>Washingtonia robusta</i>	<i>Arecaceae</i>	6	13,55	1,1655	4,27	57,824745	30	5	78,54	2356,19	20

Calle Ángel Bruna

Esta zona tiene una superficie de 30000 m², ocupada por 98 árboles de 2 especies diferentes (Tabla 13). El índice alergénico real de esta calle es de 0,001930206 que también se sitúa por debajo de la media de la zona estudiada (0,044363173). En esta calle hay un número elevado de individuos, pero el VPA de ambos (2) es bajo, con lo cual, con una superficie tan grande era de esperar que el resultado del índice sea bajo.

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,032288591, que sigue estando por debajo de la media teórica de la zona estudiada.

Tabla 13. Resumen de las especies identificadas en la calle Angel Bruna

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Grevillea robusta</i>	<i>Proteaceae</i>	2	6	1,9955	12,51	169,646	35	5	78,54	2748,89	63
<i>Ficus microcarpa</i>	<i>Moraceae</i>	2	3,2579	0,8462	2,25	7,3288134	10	3	28,27	282,74	35

Calle Ramón y Cajal

Esta zona tiene una superficie de 237500 m², ocupada por 94 árboles de 2 especies diferentes (Tabla 14). El índice alergénico real de esta calle es de 0,03957376; en este caso la calle está compuesta por *Platanus hispanica* con un VPA de 24 y con unas dimensiones elevadas, el número de individuos es escaso y eso ayuda a que no salga mucho más elevado, pero aun así se acerca mucho a la media de la zona estudiada (0,044363173).

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,142387372, que sigue, por poco, estando por debajo de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597).

Tabla 14. Resumen de las especies identificadas en la calle Ramón y Cajal

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Brachychiton populneus</i>	<i>Malvaceae</i>	2	6	2	12,57	75,398224	15	4	50,27	753,98	63
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Platanaceae</i>	24	11,57	3,573	40,11	464,03342	25	4,5	63,62	1590,43	31

Calle Príncipe de Asturias

Esta zona tiene una superficie de 8840 m², ocupada por 27 árboles (Tabla 15). El índice alergénico real de esta calle es de 0,049160227 que supera ligeramente la media de la zona estudiada (0,044363173). Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,308422356, que está por encima de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597), y, por lo tanto, supondría un riesgo para la salud, en caso de que alcanzarán su máximo crecimiento.

Tabla 15. Resumen de las especies identificadas en la calle Príncipe de Asturias

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Platanaceae</i>	24	11	2,64	21,90	240,85209	25	4,5	63,62	1590,43	27

Calle Juan Fernández

Esta zona tiene una superficie de 14800 m², ocupada por 123 árboles de 4 especies diferentes (Tabla 16). El índice alergénico real de esta calle es de 0,030580861; en este caso el VPA se acerca mucho a la media, ya que, hay 88 individuos de *Acer negundo* que tiene un VPA de 18 y 9 individuos de *Platanus hispanica*, aunque la superficie es grande, el potencial real roza el de la media de la zona (0,044363173).

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico es de 0,155327565, que sigue, por poco, estando por debajo de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597).

Tabla 16. Resumen de las especies identificadas en la calle Juan Fernández

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Acer negundo</i>	<i>Sapindaceae</i>	18	4,806	1,329	5,55	26,66758	10	3	28,27	282,74	88
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Bignoniaceae</i>	2	5,667	1,385	6,03	34,150938	10	4	50,27	502,65	24
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Platanaceae</i>	24	10,8	3,75	44,18	477,12938	25	4,5	63,62	1590,43	9
<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Casuarinaceae</i>	27	13	2,75	23,76	308,85783	35	3	28,27	989,60	2

Calle Wsell de Guimbarda

Esta zona tiene una superficie de 20000 m², ocupada por 176 árboles de 4 especies diferentes (Tabla 17). El índice alergénico real de esta calle es de 0,1570186163 que se sitúa muy por encima de la media de la zona estudiada (0,044363173) esto es debido a que hay un número elevado de individuos (176) entre los cuales se encuentra *Platanus hispánica* y *Morus alba* con un VPA de 24 y 18 respectivamente, además ambos tienen unas buenas dimensiones, lo que facilita que el índice alergénico este tan por encima de la media esta calle puede ser un punto negro para la salud de la población.

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,694067577, que está muy por encima de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597), y, por lo tanto, supondría un riesgo para la salud, en caso de que los árboles presentes alcanzarán su máximo crecimiento.

Tabla 17. Resumen de las especies identificadas en la calle Wsell de Guimbarda

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Bignoniaceae</i>	2	6,083	1,083	3,68	22,41427	10	4	50,27	502,65	6
<i>Morus alba</i>	<i>Moraceae</i>	18	8,5	2,82	24,98	212,35721	15	4	50,27	753,98	50
<i>Platanus hispánica</i>	<i>Platanaceae</i>	24	10,5	3,71	43,24	454,03255	25	4,5	63,62	1590,43	82
<i>Tilia cordata</i>	<i>Malvaceae</i>	4	6	1,504	7,11	42,637997	30	10	314,16	9424,78	38

Calle Guardia Civil

Esta zona tiene una superficie de 1200 m², ocupada por 18 árboles (Tabla 18). El índice alergénico real de esta calle es de 0,223654399 que supera casi cinco veces la media de la zona estudiada (0,044363173), en este caso tenemos una superficie pequeña repleta por individuos de *Morus alba* con un VPA de 18 y unas dimensiones medias lo que nos lleva a tener el índice alergénico muy por encima de la media.

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,538558741, que está muy por encima de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597), y, por lo tanto, supondría un riesgo para la salud, en caso de que alcanzarán su máximo crecimiento.

Tabla 18. Resumen de las especies identificadas en la calle Guardia Civil

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Morus alba</i>	<i>Moraceae</i>	18	4,625	1,3	5,31	24,555474	15	4	50,27	753,98	18

Calle Carmen Conde

Esta zona tiene una superficie de 6750 m², ocupada por 131 árboles, de 10 especies diferentes (Tabla 19). El índice alergénico real de esta calle es de 0,04919214 que se sitúa por encima de la media de la zona estudiada (0,044363173). Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,129806939, que sigue, en este caso se sitúa por debajo de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597). En este caso el valor real está por encima de la media y el potencial por debajo, esto puede ser debido a que la superficie es pequeña y las dimensiones de los individuos pequeñas o medianas, al no crecer mucho más el valor potencial no se alejará mucho más del que ya existe, por lo que al final queda por debajo de la media.

Tabla 19. Resumen de las especies identificadas en la calle Carmen Conde

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Brachychiton populneus</i>	<i>Malvaceae</i>	2	6,3	1,75	9,62	60,613103	15	4	50,27	753,98	20
<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Casuarinaceae</i>	27	8	2	12,57	100,53096	35	3	28,27	989,60	1
<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Cupressaceae</i>	36	3,5	1	3,14	10,995574	20	1,5	7,07	141,37	12
<i>Citrus aurantium</i>	<i>Rutaceae</i>	3	3,8	1,5	7,07	26,860617	5	2	12,57	62,83	70
<i>Ficus macrophylla</i>	<i>Moraceae</i>	0	12	5	78,54	942,4778	18	5	78,54	1413,72	6
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Bignoniaceae</i>	2	9,2	2,7	22,90	210,70034	10	4	50,27	502,65	1
<i>Morus alba</i>	<i>Moraceae</i>	18	5,4	6	113,10	610,72561	15	4	50,27	753,98	6
<i>Populus alba</i>	<i>Salicaceae</i>	18	15	3	28,27	424,11501	20	4	50,27	1005,31	5
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Fabaceae</i>	4	5,5	3,2	32,17	176,9345	20	4	50,27	1005,31	6
<i>Trachycarpus fortunei</i>	<i>Arecaceae</i>	12	3,5	1,5	7,07	24,740042	5	2	12,57	62,83	4

Avenida de los Toreros

Esta zona tiene una superficie de 3600 m², ocupada por 30 árboles (Tabla 20). El índice alergénico real de esta calle es de 0,02228979 que también se sitúa por debajo de la media de la zona estudiada (0,044363173). Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,242006677, que está por encima de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597), y, podría suponer un riesgo para la salud, en caso de que alcanzarán su máximo crecimiento.

Tabla 20. Resumen de las especies identificadas en la Av. de los Toreros

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Acer negundo</i>	<i>Sapindaceae</i>	18	5,2	1,8542	10,80	56,165078	10	3	28,27	282,74	30

Calle Jiménez de la Espada

Esta zona tiene una superficie de 9520 m², ocupada por 119 árboles de 2 especies diferentes (Tabla 21). El índice alergénico real de esta calle es de 0,001787132 que también se sitúa muy por debajo de la media de la zona estudiada (0,044363173). Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,015574567, que sigue, por poco, estando por debajo de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597).

Tabla 21. Resumen de las especies identificadas en la calle Jiménez de la Espada

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Fabaceae</i>	2	6	1,19	4,45	68,046897	8	3	28,27	226,19	115
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Bignoniaceae</i>	2	4,5	1,5	7,07	51,035173	10	4	50,27	502,65	4

4.3.2 Potencial alergénico de los parques de Cartagena

Alameda de San Antón

Esta calle tiene una superficie de 51000m², es de las calles más grandes que hay en la zona de estudio, constituida por una mediana que se ha considerado como parque por la variedad y el número de ejemplares establecidos en la zona, consta de 424 árboles de 14 especies diferentes (Tabla 22). Es una de las calles más transitadas de la ciudad, está considerada como una de las calles emblemáticas de Cartagena, muchos de los eventos anuales de la ciudad transcurren por esta calle potenciando así la afluencia de público, y, un posible mayor riesgo para la población por la cantidad de árboles que se encuentran en la zona. El índice alergénico

real de esta calle es de 0,024671623 que también se sitúa por debajo de la media de la zona estudiada (0,044363173).

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,092104985, que sigue estando por debajo de la media teórica de la zona estudiada (0,20392597). A pesar de todo el arbolado presente en la calle, no parece suficiente para alcanzar el umbral propuesto con anterioridad (0,3), esto es debido a la amplitud de la calle y que los árboles plantados no han alcanzado un crecimiento elevado.

Tabla 22. Resumen de las especies identificadas en la Alameda de San Antón

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Brachychiton populneus</i>	<i>Malvaceae</i>	2	6,3	1,75	9,62	60,613103	15	4	50,27	753,98	96
<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Fabaceae</i>	2	3,44	1,19	4,45	15,303904	8	3	28,27	226,19	5
<i>Cupressus macocarpa</i>	<i>Cupressaceae</i>	27	4,25	0,8	2,01	8,545132	20	1,5	7,07	141,37	2
<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Cupressaceae</i>	36	3,8375	0,75	1,77	6,7814223	20	1,5	7,07	141,37	104
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Bignoniaceae</i>	2	5,6625	1,85	10,75	60,883771	10	4	50,27	502,65	36
<i>Ligustrum japonicum</i>	<i>Oleaceae</i>	12	3,3	1,2	4,52	14,928848	4	2,5	19,63	78,54	25
<i>Olea europaea</i>	<i>Oleaceae</i>	24	10,18	3	28,27	287,83272	15	5	78,54	1178,10	8
<i>Phytolacca dioica</i>	<i>Phytolaccaceae</i>	2	10,5	3,5	38,48	404,08736	15	6	113,10	1696,46	14
<i>Populus nigra</i>	<i>Salicaceae</i>	18	13,31	2	12,57	167,25839	30	2	12,57	376,99	79
<i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Cupressaceae</i>	27	8,3	3,5	38,48	319,42143	9	2	12,57	113,10	8
<i>Thuja occidentalis</i>	<i>Cupressaceae</i>	27	7,1	2,25	15,90	112,92062	12	2,5	19,63	235,62	12
<i>Tipuana tipu</i>	<i>Fabaceae</i>	1	12	4	50,27	603,18579	15	9	254,47	3817,04	31
<i>Trachycarpus fortunei</i>	<i>Arecaceae</i>	12	3,725	0,75	1,77	6,5826184	5	2	12,57	62,83	4

Los *Cupressus sempervirens*, que son los que mayor VPA tienen en la zona (Tabla 22), presentan un número elevado de individuos, hasta 104, pero las dimensiones de estos están, como decíamos con anterioridad, muy controlados en cuanto a formación y crecimiento, lo que da lugar a que no alcancen un potencial demasiado elevado.

Plaza de España

Esta plaza o parque de forma totalmente circular, tiene una superficie de 8493 m², con una cantidad de 58 árboles y de 10 especies diferentes. Al igual que la Alameda de San Antón, es uno de los puntos centrales y más visitados de la ciudad; además, cuenta con varios de los árboles más antiguos de Cartagena (*Ficus macrophylla*). El índice alergénico real de esta plaza es de 0,0414286977 que no supera, por muy poco, la media de la zona estudiada (0,044363173).

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico de 0,215750773, que, en este caso, supera por muy poco la media teórica de la zona estudiada (0,20392597), lo cual es normal, cuando en un espacio pequeño se encuentran árboles de gran calibre y alto VPA (Tabla 23), no es el caso del *Ficus macrophylla*, ya que su VPA es 0, pero las especies como *Ginkgo biloba* con un VPA de 18 ayudan a que el resultado supere a la media global de la zona estudiada.

Tabla 23. Resumen de las especies identificadas en la Plaza de España

Especie	Familia	Valores reales					Valores teóricos				Nº de individuos
		VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	
<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Casuarinaceae</i>	27	8	2	12,57	100,53096	35	3	28,27	989,60	1
<i>Cycas revoluta</i>	<i>Cycadaceae</i>	18	1,5	0,75	1,77	2,6507188	2	1,5	7,07	14,14	8
<i>Ficus macrophylla</i>	<i>Moraceae</i>	0	18,72	10,8	366,44	6859,6701	0		0,00	0,00	4
<i>Ginkgo biloba</i>	<i>Ginkgoaceae</i>	18	8,3	3,5	38,48	319,42143	30	5	78,54	2356,19	10
<i>Phoenix canariensis</i>	<i>Arecaceae</i>	12	6	3	28,27	169,646	15	4	50,27	753,98	3
<i>Phoenix rupicola</i>	<i>Arecaceae</i>	12	9	2,5	19,63	176,71459	15	4	50,27	753,98	7
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinaceae</i>	12	8,5	3	28,27	240,33184	20	3,5	38,48	769,69	11
<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinaceae</i>	12	14	2	12,57	175,92919	20	4	50,27	1005,31	3
<i>Trachycarpus fortunei</i>	<i>Arecaceae</i>	12	3	1	3,14	9,424778	5	2	12,57	62,83	9
<i>Washingtonia robusta</i>	<i>Arecaceae</i>	4	12	2	12,57	150,79645	30	2,5	19,63	589,05	2

Parque de los Juncos

Este parque es uno de los más grandes de la ciudad, posee una de las mayores densidades de árboles por m² y es rico por su diversidad, tiene una superficie de 21576 m², con una cantidad de 345 árboles y 33 especies (Tabla 24), es de los parques de Cartagena más visitados por sus zonas de ocio, tránsito y además está situado en una zona céntrica.

Tabla 24. Resumen de las especies identificadas en el Parque de los Juncos

Especie	Familia	VPA	Altura (H _i)	Radio	Superficie (S _i)	Volumen (S _i *H _i)	Nº de individuos	Altura máxima (H _i)	Radio máximo	Superficie Máxima (S _i)	Volumen (S _i *H _i)
<i>Acacia sp.</i>	<i>Fabaceae</i>	6	6,2	3,875	47,173	292,472	14	6,5	2,5	19,635	127,627
<i>Araucaria heterophylla</i>	<i>Casuarinaceae</i>	18	12,75	2,4	18,096	230,719	4	35	2,5	19,635	687,223
<i>Brachychiton populneus</i>	<i>Malvaceae</i>	2	5	1,2	4,524	22,619	3	15	4	50,265	753,982
<i>Callistemon viminalis</i>	<i>Myrtaceae</i>	9	2,8	1,1	3,801	8,796	11	2	1	3,142	6,283
<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Casuarinaceae</i>	27	4	2	12,566	50,265	3	35	3	28,274	989,602
<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Fabaceae</i>	2	4,5	1,5	7,069	31,809	3	8	3	28,274	226,195
<i>Cupressus macrocarpa</i>	<i>Cupressaceae</i>	27	9	3,5	38,485	346,361	38	20	1,5	7,069	141,372
<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Cupressaceae</i>	36	3,725	1,1	3,801	14,160	22	20	1,5	7,069	141,372
<i>Cycas revoluta</i>	<i>Cycadaceae</i>	18	1,5	0,5	0,785	1,178	3	2	1,5	7,069	14,137
<i>Ficus benjamina</i>	<i>Moraceae</i>	2	10	2,3	16,619	166,190	5	30	4	50,265	1507,964
<i>Ficus macrophylla</i>	<i>Moraceae</i>	0	9	3,5	38,485	346,361	5	18	5	78,540	1413,717
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Myrtaceae</i>	2	10	3	28,274	282,743	10	40	3,5	38,485	1539,380
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Bignoniaceae</i>	2	3,34	2,3	16,619	55,508	17	10	4	50,265	502,655
<i>Melia azederach</i>	<i>Meliaceae</i>	2	5,2	4,8	72,382	376,388	11	15	4	50,265	753,982
<i>Morus alba</i>	<i>Moraceae</i>	18	8,7	3	28,274	245,987	3	15	4	50,265	753,982
<i>Olea europaea</i>	<i>Oleaceae</i>	24	5,675	3,8	45,365	257,444	11	15	5	78,540	1178,097
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinaceae</i>	12	10	2,75	23,758	237,583	31	20	3,5	38,485	769,690
<i>Pittosporum tobira</i>	<i>Pittosporaceae</i>	3	2	1	3,142	6,283	13	4	2	12,566	50,265
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Platanaceae</i>	24	8,5	2,25	15,904	135,187	8	25	4,5	63,617	1590,431
<i>Populus nigra</i>	<i>Salicaceae</i>	18	9,575	1,8	10,179	97,462	32	30	2	12,566	376,991
<i>Populus simonii</i>	<i>Salicaceae</i>	18	5,5	1,8	10,179	55,983	16	28	2,5	19,635	549,779
<i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pisardii</i>	<i>Rosaceae</i>	1	4,3	0,9	2,545	10,942	15	8	4	50,265	402,124
<i>Schinus molle</i>	<i>Anacardiaceae</i>	3	7,6	2,2	15,205	115,560	2	10	4	50,265	502,655
<i>Tamarix sp.</i>	<i>Tamaricaceae</i>	12	4,8	1,2	4,524	21,715	15	5	1,5	7,069	35,343
<i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Cupressaceae</i>	27	5,6	1,5	7,069	39,584	1	9	2	12,566	113,097
<i>Tipuana tipu</i>	<i>Fabaceae</i>	1	11	3	28,274	311,018	8	15	9	254,469	3817,035
<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Fabaceae</i>	4	5,25	1,25	4,909	25,771	3	10	4	50,265	502,655
<i>Betula pendula</i>	<i>Betulaceae</i>	27	4,5	2	12,566	56,549	14	25	5	78,540	1963,495
<i>Juniperus cedrus</i>	<i>Cupressaceae</i>	27	7	1,25	4,909	34,361	7	8	1,5	7,069	56,549
<i>Laurus nobilis</i>	<i>Lauraceae</i>	6	5,4	1,15	4,155	22,436	4	5	1,5	7,069	35,343
<i>Sophora japonica</i>	<i>Fabaceae</i>	4	7,6	1,5	7,069	53,721	5	20	5	78,540	1570,796
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Fabaceae</i>	4	5,5	1,5	7,069	38,877	3	20	4	50,265	1005,310
<i>Washingtonia robusta</i>	<i>Arecaceae</i>	4	15,9	2	12,566	199,805	5	30	2,5	19,635	589,049

El índice alérgico real de este parque es de 0,0908865462 que supera, como era de esperar, la media de la zona estudiada (0,044363173).

Por otro lado, el I_{UGZA} teórico es de 0,327264065, que, en este caso, también supera la media teórica de la zona estudiada (0,20392597), y no solo eso, supera el umbral establecido (0,3) situando este parque como una de las zonas de la ciudad más potencialmente alergénicas de la ciudad de Cartagena. Como vemos el Parque de los Juncos rodeado de 4 calles transitadas por numerosos ciudadanos, es un parque potencialmente peligroso, desde el punto de vista alergénico.

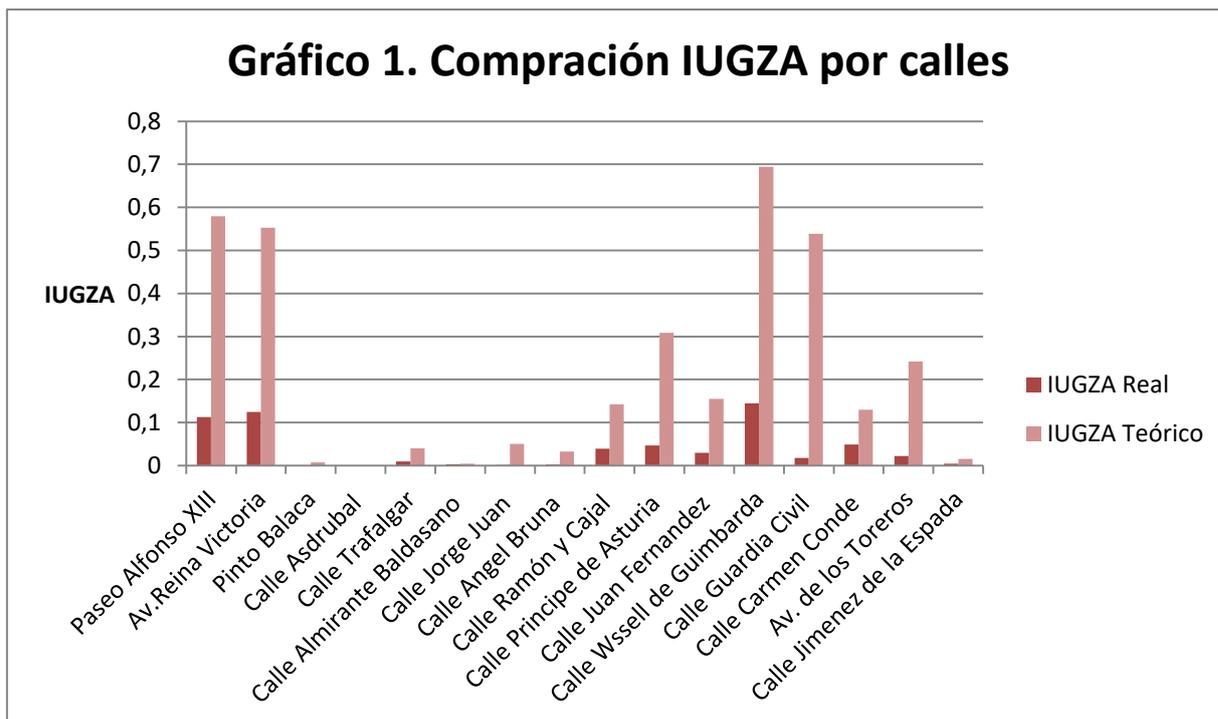
Estos resultados eran de esperar, muchos individuos y una zona pequeña rica en biodiversidad con árboles de grandes dimensiones y especies tan alergénicas como *Cupressus sempervirens* (VPA 36, el máximo posible), *Cupressus macrocarpa* (VPA 27), *Casuarina equisetifolia* (VPA 27) o *Platanus hispanica* (VPA 24) no cabe duda alguna de que es uno de los “puntos negros” de la ciudad.

4.3.3 Visión general en la ciudad de Cartagena

El índice de alergenicidad o I_{UGZA} resultante para el total de la superficie estudiada (0,044363173 para el real y 0,20392597 para el teórico) nos dice que, El Ensanche de Cartagena tiene un bajo-medio potencial alergénico, ya que, el umbral establecido para que empiece a ser un problema o un riesgo para la salud se establece en 0,3 (Cariñanos *et al.*, 2016). En resumen, se puede considerar que la zona estudiada es ambientalmente saludable porque no supone un riesgo para la salud de las personas que posean algún tipo de alergia provocada por el polen.

Aunque el índice sea bajo, hay espacios verdes que superan el umbral establecido (0,3) cuando hablamos del valor teórico (Gráfico 1), como Paseo Alfonso XIII, Av. Reina Victoria, Calle Príncipe de Asturias, Calle Wssell de Guimbarde, calle Guardia Civil, Av. de los Toreros, Plaza de España y el Parque de los Juncos. Todas estas zonas están rodeadas de colegios, lugares de ocio (bares, cafeterías, tiendas...), parques, avenidas y calles muy transitadas, etc. La mayoría de estas calles no tienen espacios abiertos, ya que están rodeadas de edificios que impiden el paso del viento y hace que el polen se almacene o quede retenido en la zona, ayudando a que se puntualmente se alcancen valores de concentración polínica que puedan provocar alergia pese los valores obtenidos al calcular el índice.

Cabe destacar que en el trabajo realizado de los parques españoles por Cariñanos *et al.*, (2016) el único parque estudiado de Cartagena fue el Parque de la Rosa, en el que se obtuvo un I_{UGZA} de 0,09, en la zona estudiada se ha obtenido un valor de 0,044363173 como se puede ver no dista mucho del resultado obtenido por Cariñanos. Esta fórmula, como se dijo con anterioridad, se ideó para el cálculo de alergenicidad en parques, podemos ver como en el Parque de los Juncos tiene un valor de 0,0908865462 se asimila mucho al valor obtenido en el trabajo de Cariñanos, en la Plaza de España 0,0414286977 este valor es un poco menor, pero también la plaza es de menor tamaño y hay menos especies y por último en la Alameda de San Antón se obtiene un valor de 0,024671623 que también ronda los valores obtenidos.



4.4 Valoración cualitativa con la aplicación “i-Tree”

Una vez recopilados los datos de posición y número, se pasa a la valoración cualitativa en el programa “i-Tree” (<https://www.itreetools.org/>), que tiene varias aplicaciones. Para este trabajo se ha utilizado, como se ha comentado anteriormente, la aplicación “i-tree species”, para la zona del mundo en la que nos encontramos (España) solo pide un requisito, el rango de temperaturas mínimas anuales y el periodo vegetativo.

Para conocer el período vegetativo se usa el método Mota (1957), que consiste en aplicar la fórmula:

$$\text{Horas Frío} = 485,1 - 28,52 * Tm$$

Donde Tm, es la temperatura media en °C de los meses desde Noviembre hasta Febrero, ambos incluidos.

Tabla 25. Datos de temperatura media de Cartagena 2016/2017 (<https://es.climate-data.org/>)

	Temperatura Media (°C)	Método Mota (Horas Frío)
Noviembre	15,2	51,60
Diciembre	12,3	134,30
Enero	11,0	171,38
Febrero	12,0	142,86
Total		500,14

Por lo tanto:

$$\text{Días fríos} = \frac{500,14}{24} = 20,84 \text{ días}$$

$$\text{Período vegetativo} = 365 \text{ días} - 20,84 \text{ días} = 344,16$$

Con la selección de la zona y los días con periodo de crecimiento solo nos queda seleccionar el rango de temperaturas mínimas (Figura 20).

Average Minimum Temperature (Celsius) Range

Figura 20. Rango de temperaturas mínimas

Fuente. i-Tree species tool

Para conocer la eficacia de las especies en un parámetro en concreto debemos otorgarle una prioridad alta o baja, siendo 10 y 0 respectivamente. De este modo saldrá una lista cualitativa donde aparecerán las especies ordenadas de menor a mayor en función del parámetro elegido.

4.4.1 Evaluación de los resultados

En los distintos parámetros evaluados las especies más y menos eficientes fueron:

Tabla 26. Resultados de la evaluación de los parámetros evaluados mediante la aplicación "i-Tree species"

	Más eficaces	Menos eficaces
Secuestro de CO ₂	<i>Brachychiton populneus</i> <i>Jacaranda mimosifolia</i> <i>Ficus macrophylla</i> <i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Cercis siliquastrum</i>
Menor emisión de elementos volátiles	<i>Ligustrum lucidum</i> <i>Jacaranda mimosifolia</i> <i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Populus nigra</i> <i>Magnolia grandiflora</i> <i>Casuarina equisetifolia</i>

	Más alérgicas	Menos alérgicas
Alergenicidad	<i>Cupressus sempervirens</i> <i>Cupressus macrocarpa</i> <i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Brachychiton populneus</i> <i>Pinus halepensis</i> <i>Pinus pinea</i> <i>Pinus canariensis</i> <i>Jacaranda mimosifolia</i>

5. Conclusiones

Las principales conclusiones derivadas de este Trabajo Fin de Grado son las siguientes:

- La aplicación de la fórmula establecida por Cariñanos, tanto en parques como calles, nos ha dado los siguientes resultados: I_{UGZA} real 0,044363173 y I_{UGZA} potencial 0,20392597, ambos índices están por debajo del umbral (0,3) lo que indica que Cartagena no es peligrosa desde el punto de vista de la alergia al polen. La mayoría de los índices calculados están muy parecidos al obtenido en los trabajos de Cariñanos *et al.*, 2016 (I_{UGZA} Parque de la Rosa con un valor de 0,09).
- Por otro lado, según la SEAIC las especies más peligrosas en la zona estudiada son *Olea europaea* (>200 granos/m³), Cupresáceas (>135 granos/m³) o *Platanus hispanica* (>135 granos/m³), en los resultados obtenidos en ningún caso se sobrepasan la cantidad de granos/m³ para que se considere una peligrosidad alta.
- Los mayores problemas de potencial alérgico según nuestros resultados, son generados en la ciudad por *Platanus hispanica* (384 individuos) debido a que en las calles donde están situados Paseo Alfonso XIII (I_{UGZA} real 0,112855849), Av. Reina Victoria (I_{UGZA} real 0,124395176) y Calle Príncipe de Asturias (I_{UGZA} real 0,046706933) tienen un índice alérgico real que supera la media de la zona (I_{UGZA} real 0,044385565) y un potencial teórico Paseo Alfonso XIII (I_{UGZA} potencial 0,579148646), Reina Victoria (I_{UGZA} potencial 0,552625573), Príncipe de Asturias (I_{UGZA} potencial 0,308422356) que supera en exceso el umbral previsto (0,3).
- Otro caso problemático son los *Morus alba* en las calles Wssell de Guimbarda (I_{UGZA} real 0,112855849) y Guardia Civil (I_{UGZA} real 0,124395176), aunque sean pocos individuos (15 individuos en cada calle) son capaces de generar un potencial real y teórico muy elevado, los potenciales teóricos de ambas calles (I_{UGZA} potencial Wssell de Guimbarda 0,694067577; I_{UGZA} potencial Guardia Civil 0,538558741) están muy por encima del umbral 0,3.
- Con respecto a los parques el más problemático según los resultados es el Parque de Los Juncos. Este parque es uno de los que más diversidad arbórea tiene y por los resultados obtenidos (I_{UGZA} real con un valor de 0,0908865462 y el I_{UGZA} teórico con un valor de 0,327264065), ambos superan la media real (0,044385565) y teórica

(0,20392597) de la zona estudiada, y no solo eso, supera el umbral establecido (0,3) convirtiéndose en uno de los “puntos negros” de la ciudad.

- Por otro lado se han comparado los resultados cuantitativos, con los resultados cualitativos aportados por la aplicación “i-Tree”. Los resultados no han sido los esperados porque algunas especies tan altamente alergénicas como son *Platanus hispanica* u *Olea europaea* no se encuentran entre los resultados del programa. Y como especies menos alergénicas prioriza la especie *Pinus* con un VPA de 12 por delante de *Ficus* que tiene un VPA de 0, lo cual también es un punto negativo a su favor. Se ha demostrado que el programa “i-Tree” no es una buena referencia a la hora de obtener datos sobre alergenicidad debido a que omite especies tan importantes como las anteriormente citadas.

En general Cartagena es una ciudad con un riesgo bajo desde el punto de vista del polen. Aunque el riesgo indicado en el estudio sea bajo, no se puede descartar que tenga un impacto bajo-medio sobre la población especialmente en épocas de máxima producción de polen y en las calles más transitadas y más cerradas de la ciudad donde pueden quedar masas de aire con polen en las calles perjudicando así a la salud de la población y además hay que sumar el efecto potenciador de los contaminantes y las concentraciones elevadas de polvo, CO₂ o partículas diésel que son provocados por el mismo tráfico de la ciudad.

6. Bibliografía

Bartra, J., Mullol, J., del Cuvillo, A., Dávila, I., Ferrer, M., Jáuregui, I., Montoro, J., Sastre, J., and Valero, A. 2007. Contaminación atmosférica y alérgeno. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 19, (1): 40-47.

Beggs, P.J. 1998. Pollen and pollen antigen as triggers of asthma-What to measure?. *Atmospheric Environment*, 32(10):1777-1783.

Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., and Quesada Rubio, J.M. 2014. Estimating the allergenic potencial of urban Green spaces: A case-sturdy in granada, Spain. *Landscape and Urban Planning*. 123 (2014) 134– 144

Cariñanos, P., Adinolfi, C., Díaz de la Guardia, C., De Linares, C., and Casares-Porcel, M. 2015. Characterization of Allergen Emission Sources in Urban Areas. *Journal of Environmental Quality*. 244-252

Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., Díaz de la Guardia, C., Aira, M.J., Boi, Marzia., Cardador, C., Elvira-Rendueles, B., Fernandez-Rodriguez, S., Maya-Manzano, J.M., Perez-Badía, R., Rodriguez, D., Rodriguez-Rajo, F.J., Rojo-Úbeda, J., Sanchez-Reyes, E., Sanchez-Sanchez, J., Tormo-Molina, R., and Vega-Maray, A.M. 2016. Salud ambiental de los parques españoles: Aproximación al potencial alergénico de espacios verdes urbanos. *Salud ambient.*16 (1):33-42.

Comtois, P. 1997. Pierre Miquel: The first professional aerobiologist. *Aerobiología*. 13: 75-82

Conesa, E., López, A., Martínez, M., Franco, J.A., Martínez-Sánchez, J.J., Ochoa, J., and Vicente, M.J. 2017. Guía del arbolado de la Ciudad de Cartagena. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena. 93 pp.

Bermejo Ramos, D. 2011. Evolución y situación actual de los estudios del polen atmosférico. Referencia a la polinización en Zaragoza. Academia de farmacia Reino de Aragón. 41-42.

Devesa, J.A., 1995. Vegetación y flora de Extremadura. Universitas ed. Badajoz. 357-560

Galán, C., 1998. Introducción: La Red Española de Aerobiología. Boletín de la Red Española de Aerobiología REA; 3: 5-6.

Gutiérrez Bustillo, M., Cervigón Morales, P., and Pertiñez Izquierdo, C.2001. Aerobiología en Madrid: Estación de ciudad universitaria. Dpto. de Biología Vegetal II. Rea 7:225-230.

Jiang, S.Y., Jasmin, P.X.H., Ting, Y.Y., and Ramachandran, S. 2005. *Genome-wide Identification and Molecular Characterization of Ole e 1, Allerg 1 and Allerg 2 Domain-containing Pollen-Allergen-like Genes in Oryza sativa*. DNA Res; 12(3): 167 - 79.

Motta, A.C., Marliere, M., Peltre, G., Sterenberg, P.A., and Lacroix, G.2006. Traffic-related air pollutants induce the release of allergen-containing cytoplasmic granules from grass pollen. Int Arch Allergy Immunol. 139:294-8.

MOTA, F.S.1957. Os invernos de Pelotas-RS, em relação às exigências de frio das frutíferas de clima temperado. Porto Alegre: Instituto Agrônomo do Sul. 38p. Boletim Técnico, 18.

Navés Viñas, F., Pujol Solanich, J., and Argimon, X. 1995. El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado. Ed. Omega. Barcelona. 760 pp.

Nowak David, J. 2002. The effects of urban trees on air quality. USDA Forest Service, Syracuse, NY. 1-5.

Puiggròs Casas, A.2012. Prevalencia de sensibilización a los pólenes de los árboles plantados en la ciudad de Barcelona. Universidad Autònoma de Barcelona. Dpto. De medicina. Tesis doctoral 10-41.

Sanahuja Velasco, J., 2013. Valoración medioambiental de los árboles en los espacios verdes urbanos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 80 pp.

Suárez-Cervera, M., and Seoane-Camba J.A. 2004. Biología celular del polen: origen y función de los alérgenos polínicos. En: A. Valero, Cadahía A, eds. Polinosis II. Barcelona, MRA ediciones, S.L. Laboratorios Menarini S.A. Barcelona, 39-50 pp.

Tormo, R., Muñoz, A., Silva, I., and Gallardo, E. (1996). Pollen production in anemophilous trees. Grana, 35(1): 38-46.

Vega-Maray, A.M., Fernández-González, D., Valencia-Barrera, R., and Suárez-Cervera, M. 2006. Allergenic proteins in *Urtica dioica*, a member of the Urticaceae allergenic family. Annals of Allergy, Asthma and Immunology. 97:343-9.

Páginas web consultadas

- ArboriculturaUrbana, 2012.
<http://arboriculturaurbana.blogspot.com.es/>
- BiUArquitecturayPaisaje
<https://biuarquitectura.com/2012/04/13/la-vegetacion/>
- SEAIC
<http://www.seaic.org/>
- Calendarios polínicos (Fuente SEAIC)
<https://www.polenes.com/afkar>
- GoogleMaps
<https://www.google.es/maps>
- Situación de Cartagena
http://www.viasverdes.com/img/image/itinerarios/Campo_de_Cartagena/Mapa_CampoCartagena.png
- Áreas calles y parques
<http://urbanismo.cartagena.es/urbanismo/IDE>
- i-Tree species
<https://species.itreetools.org/>
- QGIS
<http://www.qgis.org/es/site/>
- i-Tree tools
<https://www.itreetools.org/>
- Temperaturas mínimas y máximas de Cartagena
<https://es.climate-data.org/>
- Alergo Murcia, 2013
<http://www.alergomurcia.com/>
- OMS (Organización Mundial de la Salud)
[http://www.who.int/es/ \(OMS\)](http://www.who.int/es/)