

POLEN, ZONAS VERDES Y SALUD EN LA CIUDAD DE MADRID

AUTOR: JOSE ISRAEL SANZ PIÑA
TUTORA: ESTER HIGUERAS GARCÍA

JULIO 2021

INDICE

Resumen

Preguntas de investigación.

Antecedentes.

Introducción.

Efectos nocivos del polen en las ciudades.

Efecto combinado del polen y la contaminación

Contexto.

Medidas insuficientes para combatir los efectos del polen

Prácticas frecuentes negativas para la salud

Consecuencias.

Consecuencias para la salud de las personas.

Consecuencias socioeconómicas: costes derivados del polen

Objetivo.

Metodología.

Valor potencial alérgico (vpa)

Índice de alergenidad de zonas verdes urbanas iugza

Caso de estudio.

Criterios de selección del caso de estudio

Consideraciones previas del caso de estudio

Toma de datos

Situación.

Análisis de elementos relevantes y puntos vulnerables.

Estudio del iugza de los parques seleccionados

Cálculo de la alergenidad

Diagrama de iugza.

Resultados.

Limitaciones

Recomendaciones de diseño

Conclusiones.

BIBLIOGRAFIA

Resumen

Los estudios sobre zonas verdes y su relación con la alergia y el asma han supuesto durante mucho tiempo un quebradero de cabeza para la comunidad científica.

Mientras que por un lado se teorizaba con la idea de que la proximidad a zonas verdes reducía el riesgo de desarrollar enfermedades alérgicas con un mecanismo similar a vivir en una granja (Von mutius and Vercelli, 2010) (Markevych et al., 2020) modulando las respuestas inmunológicas y la inflamación alérgica (Rook, 2013) Otro sector de la divulgación identificaba las zonas verdes como una fuente de polen, cuya exposición aumenta el riesgo de agravar los síntomas de alergia y asma (Erbas et al., 2018) (Markevych et al., 2020)

Resultó que la influencia de otras variables como la contaminación, el cambio climático y la isla de calor de las ciudades potencian los efectos negativos de la vegetación.

En este trabajo el objetivo principal será profundizar en como minimizar los efectos negativos de la vegetación en entornos urbanos y estudiar una metodología predictiva que pueda ayudarnos a arquitectos y urbanistas a la hora de proyectar.

PALABRAS CLAVE:

Polen; Alergenicidad; Contaminación; Zonas Verdes Urbanas; Madrid; Salud

Preguntas de investigación.

¿Cual es el origen de este trabajo?

Este trabajo nace de la hipótesis de que la vegetación, especialmente la urbana, puede ser más perjudicial para la salud de lo que se cree cuando se proyecta menospreciando o ignorando la producción de polen.

Durante muchos años se han menospreciado los efectos del polen y las alergias se han considerado un mal menor que solo afecta a una pequeña parte de la población. Sin embargo, En los últimos años el rápido aumento de casos de alergia ha despertado las alarmas de la comunidad científica. Nueva evidencia señala que en estos años realizando un uso indiscriminado de la vegetación en la lucha contra el cambio climático y la contaminación hemos cometido varias imprudencias con consecuencias muy graves.

¿Que se pretende?

En este trabajo se centra por un lado en informar sobre los efectos negativos que tiene la vegetación en entornos urbanos al interactuar con otros factores y en **dar una serie de pautas para minimizarlos** sin renunciar a sus múltiples ventajas. Para ello se ha realizado un análisis de las graves consecuencias que ha originado para la salud pública, la economía y la productividad de la sociedad menospreciar el potencial alergénico de la vegetación en los trabajos de urbanismo.

Por otro lado **se estudiara una nueva metodología** predictiva que permita estimar la alergenidad de parques y zonas verdes en función de su diseño y **valorar su aplicación en el urbanismo**. Es decir, una herramienta que mida de manera aproximada el riesgo de producir síntomas de alergia.

Para estudiar esta metodología en profundidad se ha elegido Madrid como caso de estudio. Se analizarán un conjunto de parques representativos y se estudiara la elección de las especies de árboles escogidas por distritos en función de su alergenidad.

Antecedentes:

Antes de comenzar el trabajo se expondrán unas nociones básicas sobre cómo funciona el polen necesarias para entender las interacciones de este con la contaminación y el cambio climático, o porque cada vez hay más casos de alergia

¿Que es la alergia?

La alergia o rinitis alérgica también conocida como polinosis o fiebre del heno no es otra cosa que una respuesta del cuerpo humano ante la presencia de una determinada partícula que no debería encontrarse en nuestro organismo.

Al contrario de lo que muchos piensan la alergia no es producida por los granos de polen en sí, sino por las proteínas que contienen (Sousa-Silva et al., 2021). Cuando el polen alcanza nuestra mucosa y se hidrata libera estas proteínas y entonces el sistema inmune identifica estas proteínas como alérgenos y activan una respuesta hipersensible de inmunoglobulina E (anticuerpo implicado en las respuestas inmunes contra alérgenos) (asam et al., 2015; Mothes et al., 2004; Suanno et al., 2021; Zubeldia et al., 2012) Sin embargo, no es tan fácil desarrollar síntomas de alergia sino que tienen que cumplirse determinadas condiciones:

- En primer lugar, un individuo debe inhalar una cantidad de polen superior a cierto umbral para que se produzca sensibilización ante ese polen. Pese a que toda persona se encuentra expuesta diariamente a multitud de alérgenos únicamente aquellos individuos sensibilizados previamente desarrollan síntomas (Sousa-Silva et al., 2021).
- En segundo lugar, este umbral no es el mismo para todo el mundo, depende de la genética, el tipo de polen, sus características y factores ambientales (Sousa-Silva et al., 2021). Por eso mismo existen unas personas más propensas que otras a sufrir alergias
- En tercer lugar, no el polen de todas las especies tiene la misma carga de alérgenos (Buters et al., 2012; Asam et al., 2015; Sousa-Silva et al., 2021). Debe existir una cantidad suficiente de polen en el ambiente para producir síntomas incluso en individuos sensibilizados. (D'Amato et al., 2007)
- Por último, Otros factores como la contaminación y las condiciones meteorológicas pueden influir en la sensibilización (Weber, 2003; D'Amato et al., 2015; Damialis et al., 2019). Es decir, no existe el mismo riesgo de sensibilización en una gran ciudad que en una granja.

Introducción.

Los beneficios de la vegetación son numerosos a nivel social, económico, medioambiental etc. y su papel en las ciudades se verá más que consolidado en un contexto de contaminación y calentamiento global (García-Ventura et al., 2018).

El refuerzo y la implementación de nuevos elementos a la infraestructura verde de las ciudades no solo ha sido catalogada como una de las medidas más eficaces para limpiar el aire (Hewitt et al., 2019; Cariñanos et al., 2021b), sino que tiene numerosos beneficios adicionales. Además de capturar CO₂ durante su crecimiento, de proteger a los peatones del sol y amortiguar los microclimas urbanos reduciendo los efectos de la isla de calor (Doick et al 2014; Maya-Manzano et al., 2017b; Ziter et al., 2019; Mallen et al 2020; Ng et al., 2021; Sousa-Silva et al., 2021) varios estudios afirman que:

- Reducen costes energéticos (Akbari et al., 2005; Sousa-Silva et al., 2021).
- Reducen la contaminación acústica (Cariñanos et al., 2014; Ng et al., 2021).
- Mejoran la salud mental (Aerts et al., 2021)
- Proporcionan hábitats para aumentar la biodiversidad urbana (Matsouka y Kaplan 2008; Idilfitri et al., 2014; Cariñanos et al., 2017a; Ng et al., 2021).
- En las condiciones adecuadas, Disminuyen el ratio de sensibilización alérgica (Gernes et al., 2019) (Aerts et al., 2021).

Y todo esto sin mencionar otros posibles efectos como su influencia en la reducción del crimen, el aumento de la actividad física o la productividad entre otras (Cariñanos et al., 2014) (Ng et al., 2021) (Maya-Manzano et al., 2017b).

No obstante, se ha observado en los últimos años que se ha producido un rápido incremento en el número de personas sensibilizadas al polen a nivel global y que esta sensibilización parece tener mayor incidencia en entornos urbanos que rurales. (Bosch-Cano et al., 2011; Beck et al., 2013; Cariñanos et al., 2017a)

Teniendo en cuenta que prescindir de la vegetación **no es una opción**, los urbanistas de este siglo enfrentamos el reto de mejorar las zonas verdes que proyectamos y encontrar la manera de minimizar el riesgo de sensibilización al polen.

La preocupación por los efectos del calentamiento global ha impulsado la búsqueda de zonas verdes más grandes y con más vegetación, especialmente en las ciudades.

La contaminación y los efectos potenciados del calentamiento global debido al efecto de la isla de calor (Chen et al., 2017; Maya-Manzano et al., 2017a; Prigioniero et al., 2021) han convertido a las ciudades en las zonas con mayor dependencia de la vegetación para combatir el cambio climático. En consecuencia, grandes infraestructuras verdes se han construido en el entramado urbano.

Precisamente para combatir la contaminación varias ciudades han iniciado campañas para plantar una enorme cantidad de árboles, alcanzando cifras en torno al orden de varios millones. Por ejemplo:

- Nueva York (Million Tree New York: <https://www.milliontreesnyc.org/> última revision del enlace 2021)
- Milan (Milan Strategy for Smart City: http://www.ponmetro.it/wp-content/uploads/2019/12/MI_Siragusa.pdf última revision del enlace 2021)
- Londres (Reforest London: <https://www.reforestlondon.ca/> última revision del enlace 2021)

(Cariñanos et al., 2021b)

Sin embargo, en la carrera por convertirse en la ciudad más verde del mundo estas ciudades menospreciaron o incluso ni se plantearon el alcance de los posibles efectos nocivos de sus acciones (Cariñanos et al., 2021b).

Efectos nocivos del polen en las ciudades

Si bien, en este trabajo ya se han mencionado los múltiples beneficios de las zonas verdes, estas también pueden ser las causantes de algunos efectos negativos. Por ejemplo: pueden actuar como posible hábitat para ratas y patógenos, crear entornos inseguros para los humanos o reducir la calidad del aire emitiendo compuestos orgánicos volátiles que actúan como precursor en la formación de contaminantes fotoquímicos como el ozono (Domm et al., 2008; Cariñanos et al., 2014; Alcock et al., 2017; Prigioniero et al., 2021).

Sin embargo, de todos sus inconvenientes el más conocido es la producción de polen. Esto probablemente se debe a que estas emisiones durante el periodo de floración constituyen uno de los principales agentes causantes de reacciones respiratorias adversas (Cariñanos et al., 2014; Prigioniero et al., 2021; Cariñanos et al., 2021b)

De hecho el motivo por el que parece que cada vez más ciudadanos se quejan de molestias por culpa del polen está relacionado con recientes descubrimientos que demuestran la existencia de una interacción entre el polen y los niveles elevados de contaminación que aumenta el riesgo de sensibilización y/o de sufrir enfermedades respiratorias.

“Las enfermedades respiratorias vinculadas a la presencia de polen en el aire han sido señaladas como algunos de los problemas con mayores previsiones de incremento en las próximas décadas a consecuencia del cambio climático (McMichael et al., 2006) y el deterioro de la calidad del aire urbano.”

(Cariñanos et al., 2017a)

Por consiguiente, las ciudades se convierten en puntos críticos en los cuales por un lado se combate el cambio climático y la contaminación incrementando la cantidad de vegetación, pero por el otro, el cambio climático y la contaminación interactúan con toda esta vegetación e incrementan los efectos negativos del polen que producen.

EFECTO COMBINADO DEL POLEN Y LA CONTAMINACION

En primer lugar, Agentes contaminantes como el ozono, las microparticulas y el dióxido de azufre inflaman las vías respiratorias. Aumentando la permeabilidad epitelial, facilitando su acceso a la mucosa y aumentando la interacción con el sistema inmune. Es decir, los sujetos se vuelven más susceptibles frente a la exposición de aeroalergenos e infecciones respiratorias (Dadvand et al., 2014; Lambert et al., 2017, 2020; Schiavoni et al., 2017; Di Menno di Bucchianico et al., 2019; Eisenman et al., 2019; Lai & Kontokosta., 2019; Lee et al., 2020; Gilles et al., 2020; Aerts et al., 2021).

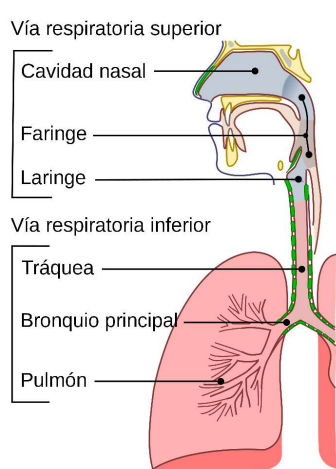
Por otro lado, la contaminación ambiental también puede interactuar directamente con el polen aumentando la liberación de antígenos con alergenicidad alterada. Dependiendo de la especie esta interacción puede alterar la forma, el tamaño, las características o el metabolismo del grano de polen.

“Increased CO₂ concentrations have been associated with higher plant total biomass and pollen production, whereas long term high O₃ and NO₂ levels in urban environments have been associated with increased allergenicity of pollen of a number of species including birch”
(Aerts et al., 2021)

Además se ha demostrado que partículas más pequeñas que los granos de polen pueden arrastrar alérgenos a vías respiratorias inferiores más estrechas.

Puesto que los granos de polen miden entre 5 y 200 micrometros normalmente solo pueden acceder y provocar inflamación en las vías respiratorias superiores (D'amato et al., 2007; Suanno et al., 2021). Sin embargo, cuando los alérgenos son arrastrados por partículas más pequeñas que el polen estos pueden llegar a alcanzar el tracto respiratorio inferior.

El principal problema reside en que en esta zona del organismo las vías respiratorias son más estrechas, y por consiguiente, es más probable que produzcan asma al inflamarse (Alcock et al., 2017; Schiovani et al 2017; Di Menno di Bucchianico et al., 2019; Markevych et al., 2020; Suanno et al., 2021; Cariñanos et al., 2021b).



¿Que provoca el asma en nuestro organismo?

Segun la oms las vías que conducen el aire a los pulmones se estrechan debido a la inflamación y la compresión de los músculos que rodean las vías respiratorias finas

(Fuente: Organización Mundial de la salud; <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/asthma> Última revisión del enlace: 3 mayo 2021)

Por último, A estos hechos se les suma el llamado efecto isla de calor de las ciudades. Este fenómeno debido a altos niveles de contaminación aumenta aún más los incrementos de temperatura producidos por el calentamiento global. Dado que una mayor temperatura se asocia con un aumento del estrés de la vegetación podemos determinar que la flora de las ciudades es la más afectada por el estrés térmico.

Los efectos de este incremento de temperatura se traducen en un aumento del periodo de alergia, un aumento de la cantidad de polen producida por estación (Neil et al 2014; zipper et al 2016; Cariñanos et al., 2021b; Sousa-Silva et al., 2021) y una alteración de la carga de alérgenos que contiene el polen según la especie. (Tashpulatov et al., 2004; Schiavoni et al., 2017). Por ejemplo, un reciente estudio afirma que el incremento de temperatura influye en la alergenidad del polen de abedul (Tashpulatov et al., 2004; Schiavoni et al., 2017).

Contexto

[Muchos de los problemas derivados del comportamiento alergénico de la flora urbana tienen su origen en la falta de conocimiento sobre la capacidad alergénica de las especies más empleadas en las ciudades así como de la falta de consenso de los pocos listados que existen]

(Traducción propia; Cariñanos et al., 2021b).

En este apartado se pondrá de manifiesto el reflejo de esta desinformación a través de la escasez de medidas contra las enfermedades asociadas al polen existente en la actualidad y de algunas prácticas bastante extendidas que contribuyen a un aumento de la producción de polen y del RSEAAP (Riesgo de sensibilización y enfermedades asociadas al polen).

MEDIDAS INSUFICIENTES PARA COMBATIR LOS EFECTOS DEL POLEN

Según el artículo (Schiavoni et al., 2017) en 2017 los gobiernos de Europa dedicaron únicamente un 3% de los fondos destinados a la sanidad a prevención mientras que un 97% fue destinado a tratamiento.

Varias organizaciones internacionales como la OMS (Organización Mundial de la Salud), la Unión Europea y la EAACI (Academia Europea de Alergia e Inmunología Clínica) entre otras consideran primordial mejorar las medidas de prevención contra las enfermedades respiratorias crónicas no transmisibles, lo cual resultaría más económico que centrarse en el tratamiento (Zuberbier et al., 2014; Schiavoni et al., 2017).

Muchas ciudades de todo el mundo llevan décadas empleando estaciones aerobiológicas para medir la cantidad de alérgenos en el aire (Buters et al 2018; Cariñanos et al., 2021b), no obstante, por regla general las medidas para combatir los efectos del polen empiezan y terminan con la publicación de estas mediciones. Y es que parece que el único pilar en la gestión de enfermedades asociadas a las alergias consiste en evitar la exposición a los alérgenos, para así evitar la sensibilización y reducir síntomas.

las instrucciones que se dan para aquellas personas con problemas de alergias son las permanecer confinados en espacios interiores los días de alta producción de polen (Baxi & Phipatanakul, 2010; Sousa-Silva et al., 2021). Para ello se ofrecen distintos sistemas que ofrecen un pronóstico de la producción y presencia de polen en el ambiente (Bastl et al., 2017; Sousa-Silva et al., 2021).

Sin embargo, este método plantea dos grandes inconvenientes:

- En primer lugar la falta de información y la falta de consenso en la evidencia que se tiene actualmente sobre el polen combinado con la facilidad de acceso a gran cantidad de información online generan un gran riesgo de desinformación. Esta distribución de información falsa puede llegar a ser perjudicial para la salud de aquellos afectados por el polen (Bastl et al., 2017; van Vethoven & Smith, 2019; Sousa-Silva et al., 2021)
- En segundo lugar pretender que la única solución sea evitar la exposición a alérgenos permaneciendo en espacios interiores es un procedimiento bastante cuestionable, ya que esto no siempre será posible debido al estilo de vida, trabajo etc. de los individuos sensibilizados.

Los escasos medios actuales de prevención combinados con el escaso número de políticas existentes para controlar y reducir el uso de especies con alta alergenicidad en zonas urbanas no han hecho más que agravar el impacto sobre la salud de las emisiones de polen (Cariñanos et al., 2021b).

¿Donde puedo consultar el nivel de polen de Madrid?

En el caso de la Comunidad de Madrid existe un servicio por SMS para recibir alertas de niveles de polen elevados

INICIO PERIODO DE SUSCRIPCIÓN 2021 (enero-junio)

- Por **Internet**. En esta página podrá realizar la suscripción para recibir gratuitamente información por dos vías posibles ([puede suscribirse a una o a ambas](#)):
 1. Correo electrónico diario con los niveles observados en el aire de los tipos de polen más importantes en cada momento, así como la predicción de los niveles para las siguientes 72 horas.
 2. Mensaje SMS cuando la predicción de polen supere los umbrales alto y muy alto para cada tipo de polen.
- Por **SMS**: envíe ALTAPOLEN al 217035. ([Sólo SMS de aviso](#)).

Además, podrá cumplimentar la **encuesta de satisfacción**, que nos será muy útil para conocer su opinión sobre este servicio.

Captura de la web de servicios de polen de la Comunidad de Madrid
<https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/polen> (8-7-2021)

PRÁCTICAS FRECUENTES NEGATIVAS PARA LA SALUD

Como ya se ha comentado, la principal causa de los errores cometidos en el planeamiento de infraestructuras verdes dentro de la trama urbana es la falta de información y/o a la poca regulación existente en temas de alergenicidad. Por desgracia, algunas de estas perjudiciales prácticas son bastante extendidas y se han realizado en todo tipo de intervenciones a lo largo del mundo.

Una de las practicas más comunes y que a su vez más ha influido en el aumento del número de personas afectadas por el polen en las ciudades es sin duda el uso masivo de especies con alta alergenicidad (Lovasi et al 2013; D'Amato et al., 2014 (Cariñanos et al., 2021b).

“The better adaptability of some species to urban environmental conditions, their greater tolerance to pruning, and their ecological plasticity have caused *Platanus*, *Acer*, *Fraxinus*, *Betula*, *Carpinus*, *Celtis*, *Cupressus*, *Morus*, and *Tilia* genus to be overrepresented on the streets of numerous cities with different bioclimatic characteristics (Pauleit et al., 2002; Sjöman et al., 2017)”

(Cariñanos et al., 2021b)

Según esta cita estas especies normalmente poseen una mayor capacidad de adaptación a entornos urbanos, mayor tolerancia a la poda y mayor plasticidad ecológica (amplitud de variaciones ambientales que puede soportar un organismo)

Podria decirse que por razones de practicidad se han empleado de modo excesivo en varias ciudades con diversas condiciones bioclimáticas. La versatilidad de estas especies ofreció la posibilidad de emplear siempre las mismas especies, algo que es bastante más sencillo y requiere menos trabajo.

Las consecuencias de esta acción fueron no solo la reducción de diversidad biológica y de resiliencia del ecosistema urbano (Capotorti et al 2020; Cariñanos et al., 2021b) sino que resulta que algunas de estas especies empleadas son hoy día especies asociadas con la aparición de problemas respiratorios en la población.

La falta de diversidad en las especies conlleva el uso excesivo de las mismas especies en una misma ciudad (exceso en un tipo de polen) (Sabariego et al., 2021a). Por ejemplo; *Platanus hispánica* y *platanus orientalis* son elegidos debido a que soportan bien la escasez de agua y altos niveles de polucion, son especies de crecimiento rápido y arrojan una sombra bastante amplia (Maya-Manzano et al., 2017a).

Pero este no es el único error que se ha cometido de manera generalizada. Un ejemplo claro de ello es la masculinización de las especies:

“En las ultimas decadas, las estrategias de planeamiento urbano han promovido la masculinizacion de los bosques urbanos p. e. plantando árboles macho (llamados erróneamente esteriles) frente a los árboles hembra que generan residuos”

(traducción propia; Sousa-Silva et al., 2021)

En esta cita nos hablan de como al introducir especies de árboles dioicas (en las cuales existen árboles masculinos o femeninos dentro de la misma especie) en muchos casos se ha descartado el uso de ejemplares hembra porque “ensucian” mediante la producción de frutos y semillas, sin embargo, parecen ignorar que los ejemplares macho son grandes productores de polen (Sousa-Silva et al., 2021). Un ejemplo muy dañino debido a su gran extenso ámbito de actuación fue el caso del norte de América. Cuando la allí conocida como Dutch elm disease elimino millones de olmos el departamento de agricultura de EEUU recomendó el uso de ejemplares masculinos de fresno y arce para sustituir los olmos muertos aumentando drásticamente la presencia de polen en las ciudades (van Dorn, 2017; Poland & McCullough., 2006; Sousa-Silva et al., 2021)

Las especies dioicas son aquellas que constan de ejemplares con sexos separados, es decir, masculinos y femeninos. (Cariñanos et al., 2017a)

Es importante corregir estas practicas pues los efectos que tienen en las circunstancias actuales se ven potenciados por los siguientes factores.

- Una gestión y mantenimiento deficientes ocasiona facilmente un exceso de polen (Xin et al., 2007; Sabariego et al., 2021a)
- La presencia de contaminantes en el aire que en combinación con los microclimas urbanos genera interacciones entre compuestos que empeoran la calidad del aire y agravan las enfermedades respiratrias asociadas (Sénéchal et al., 2015; Sabariego et al., 2021^a; Cariñanos et al., 2021a)
- La alteración de la biología reproductiva de especies decorativas como consecuencia de factores ambientales locales (y del cambio climático)

CONSECUENCIAS.

En este apartado se analizara el alcance de daños que ha producido a día de hoy el efecto conjunto de la contaminación y el polen a nivel sanitario y socioeconómico.

CONSECUENCIAS PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS.

Resulta fácil deducir que los puntos donde más factores de riesgo se concentran son las ciudades: su alto nivel de contaminación, los efectos potenciados del calentamiento global por la isla de calor y la alta densidad de construcciones que dificulta la dispersión del polen son algunos de ellos “como consecuencia de una mayor y más prolongada exposición al polen la sensibilización frente a las principales especies alérgicas, así como la frecuencia y la gravedad de los síntomas que producen aumenta” (Traducción propia; Aerts et al., 2021)

Por consiguiente, resulta coherente afirmar que las zonas urbanas poseen un riesgo de sensibilización alérgica mayor que las zonas rurales (Bosch-cano et al 2011; Cariñanos et al., 2015) De hecho, según (Alcock et al., 2017) mientras que el uso de suelo destinado a zonas verdes se asocia normalmente con una reducción en los ingresos hospitalarios por asma, esta asociación tiende a invertirse cuando los niveles de contaminación aumentan (Alcock et al., 2017).

[Given the progressively rising incidence of pollen-related hay fever in urban areas over recent decades (Cariñanos and Casares-Porcel, 2011) and the likelihood of further increases due to climate change (Shea et al., 2008), new strategies are required to minimize the impact of plant allergens on public health.]

(Cariñanos et al., 2015)

Actualmente existe evidencia de que los ratios de personas sensibilizadas están aumentando en todo el mundo (Pawankar et al., 2013; Cariñanos et al., 2021b).

Esta alta incidencia de casos combinada con el hecho de que más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas (Maya-Manzano et al., 2017a) ha ocasionado que las enfermedades respiratorias asociadas con el polen sean consideradas un problema sanitario global (Linnenberg et al., 2016; Cariñanos et al., 2021b) cuyo pronóstico es que siga agravándose (Sousa-Silva et al., 2021; Zipper et al 2016; Cariñanos et al., 2021b) .

Ante esta alarmante situación la WAO (World allergy Organization) informo que la implementación de medidas de control ambiental que reduzcan los factores de riesgo de sensibilización es la manera más eficaz de minimizar el impacto nocivo sobre la salud y los costes socioeconómicos asociados (Pawankar et al 2013; Cariñanos et al., 2021b)

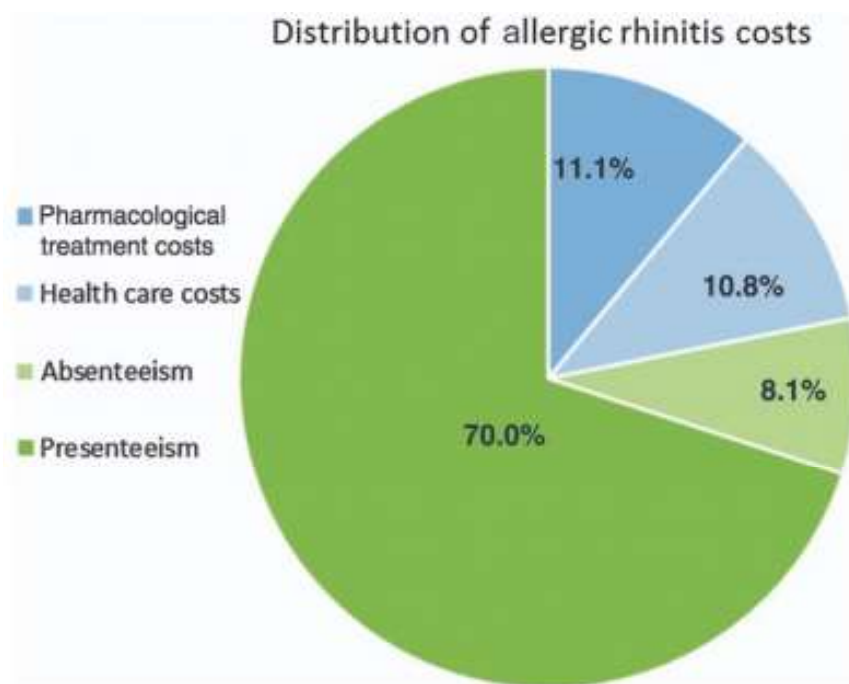
CONSECUENCIAS SOCIOECONOMICAS: COSTES DERIVADOS DEL POLEN

Las alergias y el asma suponen un gasto importante en el sistema sanitario, lo cual implica que un incremento en la sensibilización alérgica trae consigo un aumento de costes sanitarios. Lo alarmante de esta situación es que el aumento de casos ha sido tan pronunciado que como consecuencia se han disparado todos los costes vinculados a las enfermedades alérgicas hasta cifras desorbitadas.

Como primer ejemplo se presenta el caso de Estados Unidos, Recientes estimaciones sugieren que el coste anual de las alergias para su sistema sanitario es aproximadamente de 18 billones (<https://acaai.org/news/facts-statistics/allergies> 2018; Sousa-Silva et al., 2021)

En Europa, por otra parte, el coste del tratamiento de asma en 2016 fue superior a 18 billones (European Respiratory Society., 2003; Schiavoni et al., 2017) cifra la cual se estima que pudo ascender hasta los 100 billones de haberse abarcado también los gastos del tratamiento de la rinitis alérgica según datos no publicados de Global allergy and Asthma Network of excellence investigators (Schiavoni et al., 2017). Sin embargo, aparentemente estos costes son solo una pequeña parte del total.

Un estudio ubicado en Suecia realizó un detallado análisis de los costes directos e indirectos de la rinitis alérgica y se averiguó que los costes directos constituían solo un 22% (Cardell et al., 2016) Es decir, que los costes médicos y de tratamiento eran superados ampliamente por los costes de baja por enfermedad alérgica y de reducción del rendimiento.



(Cardell et al., 2016)

Ambas, polinosis y asma, afectan a la calidad de vida de los individuos sensibilizados comprometiendo su vida escolar y laboral mediante presentismo (trabajar enfermo con peor rendimiento) y absentismo (Zuberbier et al., 2014; Suanno et al., 2021)

Según la OMS mas del 30% de la población global muestra sensibilización alérgica (Pawankar et al., 2013; Cariñanos et al., 2014; Prigioniero et al., 2021) y se prevé que esta cifra aumente hasta el 50% para el 2050. Esto implica que si no actuamos viviremos en una sociedad en la que la mitad de la población verá mermada su productividad, patrones de sueño y funciones cognitivas como el aprendizaje (Peden and Reed 2010; Di Menno di Bucchianico et al., 2019) por culpa de la rinitis alérgica.

Objetivo.

El principal objetivo de este trabajo se trata de valorar la practicidad del Índice de alergenidad de zonas verdes urbanas (Iugza), propuesto por (Cariñanos et al., 2014), el producto de sus variables biométricas (VPA) y su aplicación en el ámbito del urbanismo.

Para ello se utilizara por un lado el Iugza para estudiar el potencial alérgico de una serie de parques representativos de Madrid, por otro el potencial alérgico (VPA) de las especies de árboles por distritos.

Adicionalmente se abordara un objetivo secundario que consistirá en aplicar todos los conocimientos obtenidos de este trabajo para establecer unas directrices generales que contribuyan a reducir los riesgos asociados al polen en el diseño o remodelación de zonas verdes urbanas.

Metodología

Muchas ciudades han invertido gran cantidad de dinero en mantener y aumentar la cantidad de árboles en las ciudades, pero no fue hasta hace poco que comenzó a prestarse atención al diseño de vegetación urbana con bajo impacto para las alergias (Sousa-Silva et al., 2021)

En este apartado se presentara la metodología elegida para realizar el caso de estudio de este trabajo, un índice predictivo denominado Iugza (Index of Urban Green Zone Areas) que fue desarrollado por Cariñanos et al., (2014) el cual considera tanto el potencial alergénico de las especies empleadas (VPA), como los valores biométricos (Sousa-Silva et al., 2021)

En primer lugar se describirá el VPA, el cual es un recurso que por sí mismo permite crear o ampliar catálogos de especies con su alergenicidad cuantificada. Este listado podría resultar extremadamente útil a urbanistas y arquitectos en el proceso de selección de especies. Posteriormente se procederá a explicar la fórmula del Iugza, sus variables y los rangos de alergenicidad en los que se clasifican las zonas verdes según el valor del resultado.

VALOR POTENCIAL ALERGENICO (VPA)

El valor del potencial alergénico, denominado también VPA (value of potential allergenic) se trata del producto de tres variables que miden la alergenicidad individual de una especie según sus características biológicas intrínsecas. Es decir, el VPA mide la alergenicidad individual de una especie a través de las características biológicas que intervienen para que el polen emitido sea capaz de producir una respuesta alérgica en la población sensibilizada (García-Ventura et al., 2018).

Estas componentes del VPA son: la estrategia de polinización (EP), la Duracion del periodo de polinización (DPP) y el potencial alergénico (PA). Para contabilizar su influencia en el potencial alergénico de cada especie los autores del índice ofrecen una tabla (Tabla 1) como herramienta para asignar un valor numérico a cada variable.

PARÁMETRO	VALORES
ESTRATEGIA DE POLINIZACIÓN (ep)	0= No emiten polen 1= Plantas zoófilas 2= Plantas anfilias 3= Plantas anemófilas
DURACIÓN DEL PERIODO DE POLINIZACIÓN (DPP)	1= Periodo corto (1-3 semanas) 2= Periodo medio (4-6 semanas) 3= Periodo largo (+ de 6 semanas)
POTENCIAL ALERGÉNICO (pa)	0= No alergénico 1= Alergenicidad baja 2= Alergenicidad moderada 3= Alergenicidad alta 4= Alergenicidad muy alta

Tabla 1: perteneciente al artículo (Cariñanos et al., 2017a)

A continuación se explican cada una de estas variables:

EP: La cantidad de polen producida en función del método de dispersión del polen de cada especie:

Según la estrategia de polinización de cada especie y su eficacia la cantidad de polen varía. Las especies que se reproducen a través del viento (anemófilas) son las que suponen mayor riesgo pues su producción de polen es mayor (Cariñanos et al., 2017a).

El valor de EP puede oscilar entre 0 y 3. Este valor se lo asignaremos usando como referencia la tabla (TABLA A) en función de si su estrategia reproductiva es a través de animales o insectos (Zoofila), a través del viento (anemófilas) o si utilizan ambas estrategias (anfilias)

DPP: La duración de la temporada de polinización:

Por regla general las alergias son producidas por una acumulación de un mismo tipo de polen. Como consecuencia el riesgo de producir síntomas de una especie depende de la duración de su periodo de floración independientemente de cuando empieza. El valor de PPP oscila entre 1 y 3 según los rangos de semanas en periodo de floración que aparecen en la tabla (TABLA A). A mayor tiempo de exposición a un mismo polen mayor alergenidad.

PA: La potencia de los alérgenos que contiene el polen de cada especie:

La alergenidad intrínseca de los granos de polen, o en otras palabras la capacidad de los alérgenos de un determinado polen de producir respuesta inmunológica (síntomas de alergia) (Cariñanos et al., 2017a).

El resultado total del VPA puede oscilar entre 0 y 36 y según el resultado obtenido en cada especie esta podrá ser clasificada dentro de 5 rangos de alergenidad según la tabla 2 que aparece a continuación:

VPA	Class of Allergenicity
0	Nil
1-6	Low
8-12	Moderate
16-24	High
27-36	Very High

Tabla 2 extraída de (Cariñanos et al., 2021b)

Desde el punto de vista del planeamiento urbano considerar el VPA como criterio de selección de especies en zonas urbanas tiene gran potencial a la hora de incluir ejemplares con todo tipo de alergenidades en pos de la biodiversidad y a la vez asegurarse de mantener los niveles de alergenidad del conjunto en valores seguros.

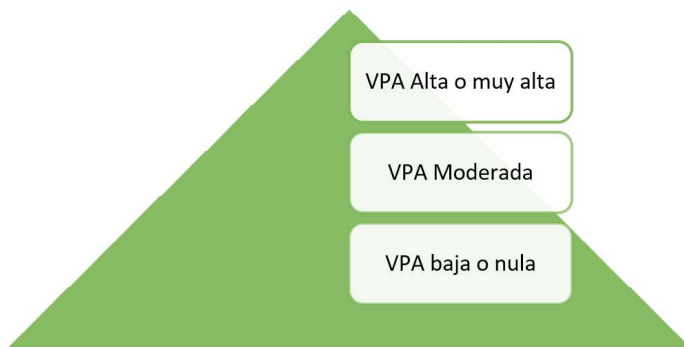


Diagrama de realización propia que describe la proporción óptima propuesta

INDICE DE ALERGENICIDAD DE ZONAS VERDES URBANAS IUGZA

Este índice estima la capacidad de las especies empleadas en el diseño urbano para producir síntomas de polinosis en periodos de floración. Y permite que al reducir el impacto negativo para la salud de la vegetación urbana disfrutemos óptimamente de sus beneficios para la salud (Sousa-Silva et al., 2021). Dicho índice, el cual permite considerar tanto arboles como arbustos, setos y herbáceas, se expresa con la siguiente formula:

$$I_{UGZA} = \frac{1}{a \cdot S_T} \cdot \sum_{i=1}^K n_i \cdot VPA \cdot V_i$$

$$I_{UGZA} = \frac{1}{a \cdot S_T} \cdot \sum_{i=1}^K n_i \cdot EP_i \cdot DPP_i \cdot PA_i \cdot V_i$$

Elaboración propia a partir de la fórmula original (Cariñanos et al., 2014)

El origen de esta fórmula se trata de un sumatorio del VPA multiplicado por el volumen de emisión de de todas las plantas de la zona verde estudiada en el cual n es el número de especies.

Sin embargo, para que el resultado de los parques que estudiaban estuviesen comprendidos entre 0 y 1 los autores dividieron el sumatorio completo por el valor máximo posible del sumatorio en esos parques (VPAMAX · HMAX · Stotal del parque)

IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES

$a = EP_{MAX} \cdot DPP_{MAX} \cdot PAMAX \cdot HMAX$

Que en el caso de (Cariñanos et al., 2014) $HMAX = 14$

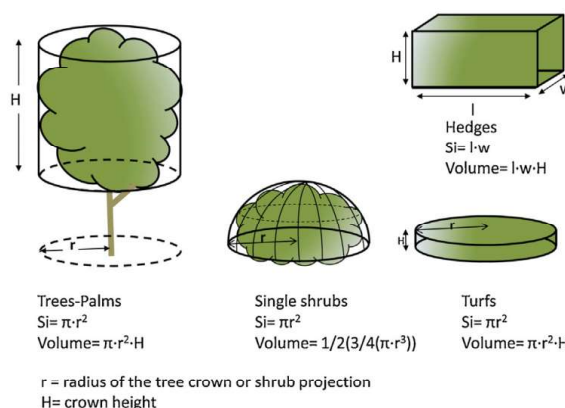
$S_T =$ Superficie total del parque

$K =$ Número de especies consideradas

$n_i =$ numero de individuos de una misma especie

$V_i =$ volumen emisor de polen de la especie

En su artículo (Cariñanos et al., 2014) enseñaba el siguiente esquema diagrama que indicaba como medir de forma aproximada el V_i dependiendo de si se trataba de un árbol, seto etc.



Ejemplos de medición simplificada del volumen emisor de polen (Cariñanos et al., 2014)

En el caso de los árboles por tanto

$$V_i = H_i \cdot S_i$$

H_i = altura alcanzable de superficie emisora de polen de la especie

S_i = Superficie emisora de cada especie

Según el artículo en el que se presentó esta metodología el IUGZA ofrece un valor entre 0 y 1 considerando 0,3 el valor a partir del cual causa malestar en la población alérgica. A continuación aparece la clasificación completa de los parques según el resultado del IUGZA:

- IUGZA < 0,2 riesgo bajo
- IUGZA = 0,2-0,3 riesgo moderado
- IUGZA = 0,3 – 0,5 riesgo alto
- IUGZA > 0,5 riesgo muy alto

(Sabariego et al., 2021^a; Cariñanos et al., 2019)

Sin embargo, En este trabajo IUGZA sí que puede ser mayor que uno pues usaremos el mismo valor de HMAX que se empleó en las zonas verdes estudiadas por Cariñanos et al. (2014), HMAX = 14 independientemente de cual sea nuestra HMAX. Es decir, HMAX deja de ser una variable para ser un valor constante.

Para ilustrar los motivos de esta decisión se plantea el siguiente ejemplo: si tenemos dos parques idénticos con una HMAX de 14 y en uno de ellos plantamos un árbol con VPA=0 cuya H_i sea 18 ambos parques tendrían la misma alergenicidad pero el valor de su IUGZA sería distinto. Por tanto, modificar el valor de HMAX en nuestro estudio implicaría que la alergenicidad (IUGZA) no podría ser medido por la misma clasificación que emplearon los autores originales y que aparece sobre este párrafo.

CASO DE ESTUDIO

CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio elegido se trata de la ciudad de Madrid debido principalmente a:

- La disponibilidad información sobre parques, superficies y especies que los configuran de una fuente fiable.

En la realización del proyecto de una zona verde los datos como la cantidad de especies, metros cuadrados de herbáceas etc. Se pueden obtener del mismo proyecto. No obstante, en este TFG se va a emplear este índice en zonas verdes ya realizadas, por ello dependemos en gran parte de los datos abiertos disponibles si no queremos que la toma de datos resulte excesivamente tediosa.

Por tanto, se ha elegido Madrid pues se puede acceder a esta información a través de la página web de datos abiertos del municipio (enlace en el archivo excel anexo) a la vez que, gracias a su proximidad, en el caso de no haber encontrado algún dato importante existen multitud de alternativas.

De hecho, este portal web de datos públicos tiene en estudio una iniciativa llamada “Todos los arboles geolocalizados de Madrid contenidos en la plataforma “un alcorque un árbol” en formato GIS (shp, csv, kml...)” por lo que en fechas posteriores a la publicación de este trabajo es posible que exista una información aún más detallada que facilite la tarea de estudiar la alergenicidad de cualquier área de Madrid

- Sus condiciones climáticas extremas
- Sus elevados niveles de contaminación.

Según información de un informe de ISGLOBAL sobre contaminación publicada por Greenpeace el 20-1 2021 Madrid lidera el número de muertes debidas a contaminación (<https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/madrid-lider-en-muertes-por-contaminacion-en-europa-greenpeace-denuncia-que-la-capital-prioriza-los-coches-a-la-salud-de-la-ciudadania/> Última revisión del enlace 7/7/2021).

- Su elevado número de población.

Según datos del INE de 2020 Madrid es la capital de provincia con mayor número de habitantes. Con 3.334.730 hab. duplica los 1664182 hab. de Barcelona, la segunda capital en el ranking (<https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2911#!tabs-grafico> 7/7/2021).

En función de los datos disponibles en la fecha de realización de este trabajo se ha decidido estudiar el IUGZA de los parques más representativos de Madrid (Según el portal de datos abiertos del ayuntamiento de Madrid) realizando previamente un análisis de elementos relevantes para la alergenicidad del municipio con ayuda del VPA.

CONSIDERACIONES PREVIAS DEL CASO DE ESTUDIO

Por los motivos ya explicados en el apartado de metodología tomaremos el valor HMAX como una constante de valor 14

Para calcular el IUGZA en este trabajo se han considerado únicamente las especies de árboles más abundantes debido a que son los que más contribuyen al Índice de alergenicidad. De hecho, varios estudios como (Cariñanos et al., 2014; Lai & Kontokosta., 2019) mencionados en (Sousa-Silva et al., 2021) resaltan los árboles como la principal fuente de alérgenos en entornos urbanos.

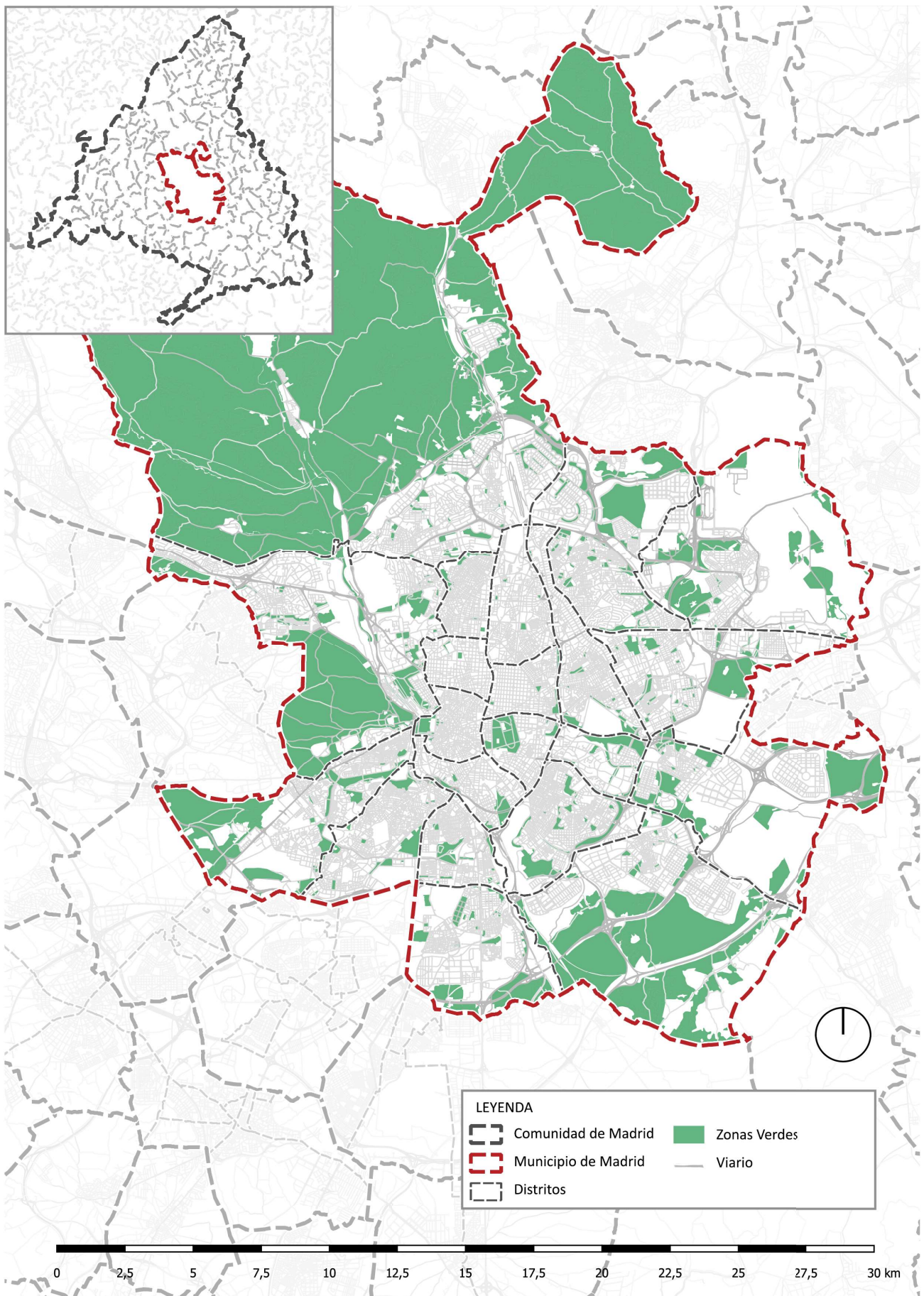
TOMA DE DATOS

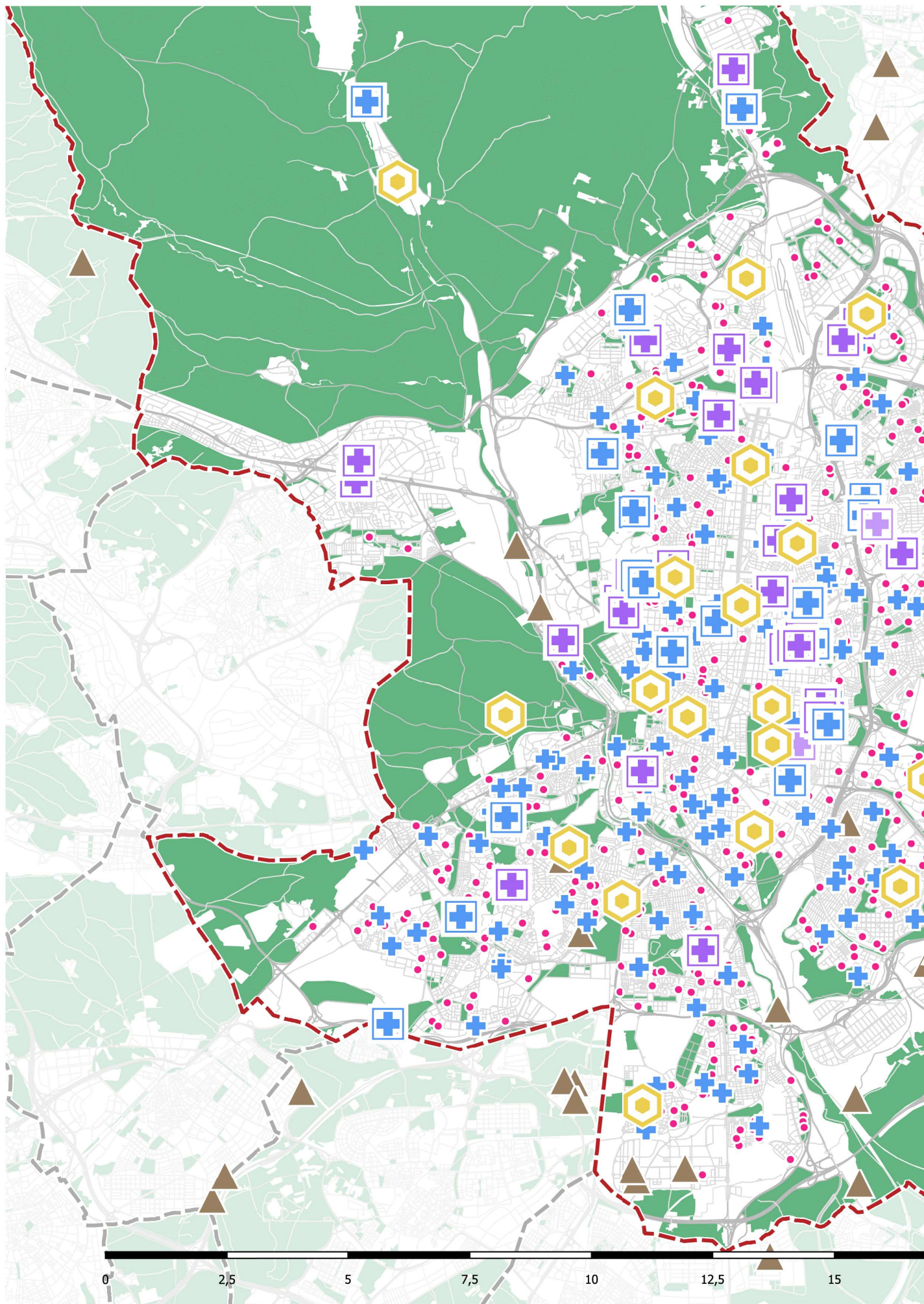
La toma de datos de los valores biométricos y especies utilizadas ha sido realizada completamente a través de la información disponible en plataformas oficiales del municipio de Madrid.

Por otro lado, en el caso de los valores biológicos que componen el VPA la información ha sido obtenida a partir de artículos académicos pertenecientes a alguno de los autores del IUGZA entre los que se incluye el artículo en el cual se propuso este índice (Cariñanos et al., 2014)

En el archivo excel anexo se referenciarán las fuentes de los datos y la fecha de obtención.

Situación





En primer lugar observamos que los puntos especialmente contaminantes se encuentran a las afueras del municipio. Sin embargo la ciudad de Madrid tiene 2 grandes circunvalaciones productoras de altos niveles de contaminación debidos al tráfico.

Por otro lado observamos que un gran número de estaciones para medir la calidad del aire se encuentran en zonas verdes o muy próximas y se mantienen alejadas en la medida de lo posible de la zona de las circunvalaciones (M 30, M 40) y de los puntos especialmente contaminantes (desguaces, vertederos, residuos peligrosos etc.).

Por ultimo observamos que los hospitales y colegios se sitúan cercanos a las circunvalaciones, seguramente por una mayor accesibilidad en coche, y que además suelen estar rodeados de zonas verdes. Esto los convierte en zonas potencialmente peligrosas pues se encuentran en puntos con zonas verdes y altos niveles de contaminación.

Se han considerado puntos vulnerables todos aquellos edificios públicos en los que hay gran afluencia de personas enfermas (Centros médicos y hospitales) de niños de 0 a 15 años (Colegios e institutos públicos). Sin embargo, hay que prestar especial atención a los hospitales morados. Estos iconos indican donde se encuentran los hospitales donde es más probable encontrar niños ingresados (hospitales materno-infantiles y hospitales generales)

La exposición de los niños a entornos con alta alergenicidad se asocia con el predominio de futuros problemas de rinitis alérgica y una mayor sensibilización a lo largo de toda su vida (Markevych et al., 2020)

A continuación procederemos a calcular el VPA de las especies predominantes en cada distrito y posteriormente compararemos:

Renta media (Datos INE 2017).

%Menores de 15 años respecto a la población del distrito. (2020)

Porcentajes de las alergenicidades en cada distrito.

El motivo de esta selección de datos es ver si la riqueza fomenta la diversidad de especies u otras posibles relaciones con las zonas verdes. Y por otro lado. comprobar que alergenicidad hay donde hay mayor porcentaje de niños

Para medir la alergenicidad de las especies se usó el catálogo de (Cariñanos et al., 2021b), El cual ha resultado ser muy rápido y fácil de usar, y tras catalogar las especies de cada distrito se marcaron cuantas especies hay en mayor proporción que un 10% (% máximo recomendado) y se calcularon los porcentajes por grupos de potencial alérgico.

DISTRITO	NOMBRE DE ESPECIE	Nº DE UNIDADES	% DEL DISTRITO		
Centro	01 Ligustrum japonicum 'variegata'	2641	22,12	2	
Centro	01 Sophora japonica	1577	13,21	1	
Centro	01 Platanus x hybrida	1432	11,99	3	
Centro	01 Aesculus hippocastanum	510	4,27	1	Muy alta 0,0
Centro	01 Ulmus pumila	369	3,09	3	Alta 15,1
Centro	01 Pyrus calleryana 'Chanticleer'	368	3,08	1	Moderada 24,7
Centro	01 Prunus cerasifera subsp. Pissartii	356	2,98	1	Baja 26,1
Centro	01 Robinia pseudoacacia	306	2,56	1	
Centro	01 Ligustrum japonicum 'variegata'	303	2,54	2	
Centro	01 Otros	4079	34,16		

La información de renta y población se ha sacado de los siguientes enlaces:

Renta: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Estadistica/Areas-de-informacion-estadistica/Economia/Renta/Urban-Audit/?vgnnextfmt=default&vgnnextoid=6d40393c7ee41710VgnVCM200001f4a900aRCRD&vgnnextchannel=ef863636b44b4210VgnVCM2000000c205a0aRCRD>

Poblacion: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Estadistica/Distritos-en-cifras/Distritos-en-cifras-Informacion-de-Distritos-/?vgnnextfmt=default&vgnnextoid=74b33ece5284c310VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnnextchannel=27002d05cb71b31-0VgnVCM1000000b205a0aRCRD>

A partir de ahí se catalogaron los resultados por rangos:

Centro					Centro
Renta 2017/p	Poblacion 2020	niños %	niños 0 -15 años	%respecto mad	Renta 2017/p
16711	140473	7,77	10914,7521	0,023412405	16711

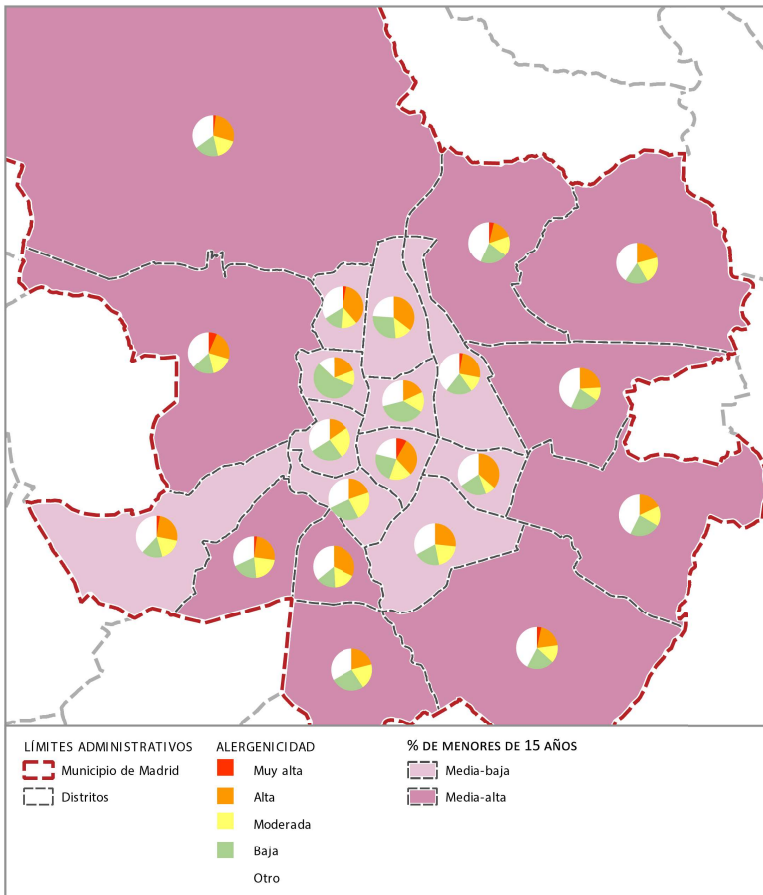
tramo %menores 15			tramos irpf		
med bajo	0	13,98	baja	0	12450
med alto	13,98	100	media baja	12450	15930
			media alta	15930	20200
			alta	20200	35200

Para establecer los rangos de % de menores de 15 años se eligió el criterio:

Inferior a la media/ Superior a la media

Para establecer los rangos de rentas se eligió el criterio:

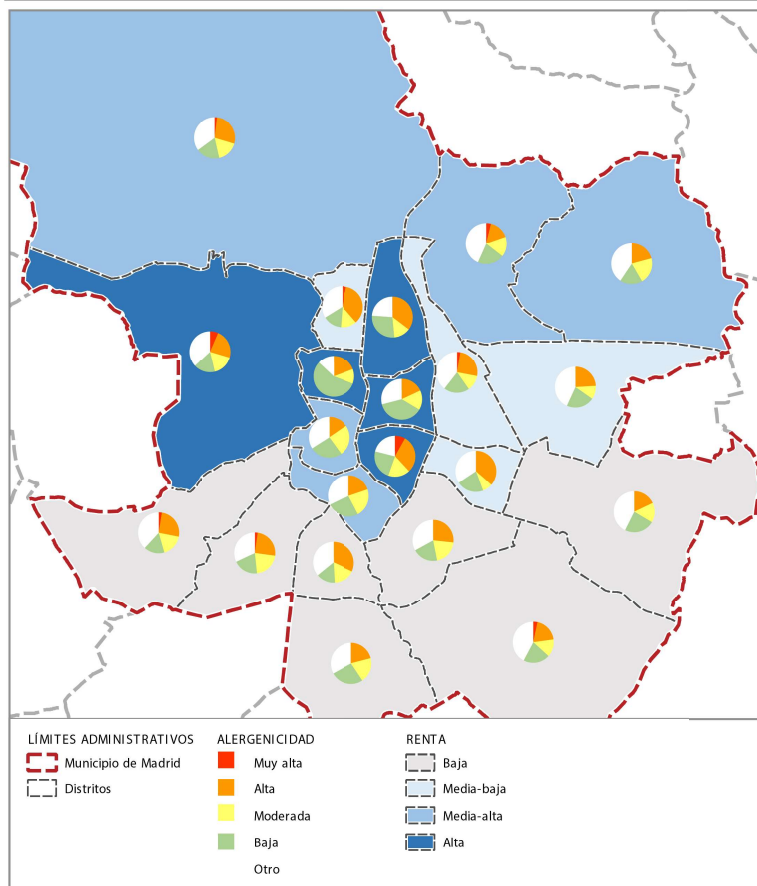
Inferior a la media/ Superior a la media
Tramos del IRPF 2021



Parece ser que el mayor porcentaje de niños se concentra en las afueras mientras que las rentas más elevadas se sitúan por el centro, con cierta inclinación hacia el norte.

En cuanto a la alergenicidad de las especies planteadas parece ser que los distritos con renta más elevada son los más alergénicos y los menos alergénicos. Por el contrario en las zonas de renta más baja los valores suelen estar más compensados, en un rango intermedio.

Lo que podemos sacar en claro es que en las afueras existe una variedad media de especies que seguramente no tendría por qué ser perjudicial. Pero al tratarse de un entorno urbano habría que estudiar más en profundidad si el IUGZA está cerca del valor límite de 0,3 y tener especial cuidado cerca de todos los hospitales y colegios de la periferia.



ESTUDIO DEL IUGZA DE LOS PARQUES SELECCIONADOS

En este apartado se mostrara el cálculo del IUGZA de las especies arbóreas más abundantes de los parques seleccionados que aparecen en esta página:

Jardines del buen retiro		PARQUE JUAN CARLOS I		ZA DE ORIENTE-JARDÍN DEL CABO NOVAL-JARDÍN DE LEPANTO	
Aesculus hippocastanum	5951 34%	Olea europaea	2385 16,8%	Platanus x hybrida	127 50,2%
Platanus x hybrida (P. Hispanica)	934 5%	Pinus pinea	1239 8,7%	Ligustrum lucidum	39 15,4%
Cercis siliquastrum	720 4%	Catalpa bignonioides	978 6,9%	Cupressus sempervirens	32 12,6%
Trachycarpus fortunei	532 3%	Sophora japonica	603 4,2%	Taxus baccata	30 11,9%
Cupressus sempervirens	553 3%	Cupressocyparis leylandii	543 3,8%	Magnolia grandiflora	9 3,6%
Celtis australis	541 3%	Fraxinus excelsior	509 3,6%	Cedrus deodara	8 3,2%
Gleditsia triacanthos	510 3%	Cupressus sempervirens	513 3,6%	Cupressus macrocarpa	7 2,8%
Pinus pinea	414 2%	Platanus hybrida	460 3,2%	Pinus halepensis	1 0,4%
Sophora japonica	383 2%	Morus alba	388 2,7%		
Ulmus pumila	372 2%	Populus alba	372 2,6%		
Otros	6425	Otros	6201 43,7%		
	TOTAL 17335		TOTAL 14191		TOTAL 253
Quinta fuente del berro		PARQUE JUAN PABLO II		PARQUE LINEAL DEL MANZANARES	
Ligustrum lucidum	313 27,3%	Aesculus hippocastanum	134 8,1%	Populus nigra (Chopo negro)	3778 23,6%
Cupressus sempervirens	134 11,7%	Pinus pinea	138 8,4%	Pinus pinea (Pino piñonero)	3104 19,4%
Aesculus hippocastanum	82 7,2%	Celtis australis	106 6,4%	Celtis australis (Almez)	2120 13,2%
Prunus cerasifera subsp. Pissartii	60 5,2%	Morus alba	114 6,9%	Fraxinus angustifolia (Fresno de la tierra)	1132 7,1%
Cedrus deodara	55 4,8%	Liquidambar styraciflua	80 4,9%	Platanus hybrida (Platano de sombra)	636 4,0%
Acacia dealbata	47 4,1%	Gleditsia triacanthos	88 5,3%	Olea europaea (Olivo)	501 3,1%
Trachycarpus fortunei	36 3,1%	Prunus dulcis	64 3,9%	Salix alba (Sauce blanco)	446 2,8%
Populus alba bolleana	30 2,6%	Trachycarpus fortunei	55 3,3%	Cupressus sempervirens (Cipres comun)	409 2,6%
Platanus x hybrida	26 2,3%	Punica granatum	54 3,3%	Ulmus sp	453 2,8%
Celtis australis	25 2,2%	Tilia platyphyllos	47 2,9%	Pinus halepensis	311 1,9%
Otros	338 29,5%	Otros	768 46,6%	Otros	3119 19,5%
	TOTAL 1146		TOTAL 1648		TOTAL 16009
Capricho alameda de osuna		MADRID RÍO		JARDINES DE SABATINI	
Cercis siliquastrum	748 21,1%	Pinus pinea (Pino piñonero)	3219 20,6%	Cupressus sempervirens	85 38,8%
Cupressus sempervirens	365 10,3%	Pinus halepensis (Pino carrasco)	2685 17,2%	Pinus pinea	52 23,7%
Pinus pinea	215 6,1%	Platanus hybrida (Plátano de sombra)	1515 9,7%	Acer negundo	26 11,9%
Gleditsia triacanthos	214 6,0%	Acer x freemanii (Arce)	668 4,3%	Cedrus deodara	21 9,6%
Fraxinus angustifolia	185 5,2%	Populus nigra (Chopo negro)	644 4,1%	Magnolia grandiflora	16 7,3%
Quercus robur	146 4,1%	Aesculus hippocastanum (Castaño de indias)	510 3,3%	Abies nordmanniana	8 3,7%
Platanus x hybrida	139 3,9%	Melia azedarach (Cinamomo)	517 3,3%	Thuja occidentalis	5 2,3%
Acer campestre	114 3,2%	Fraxinus angustifolia (Fresno de la tierra)	735 4,7%	Acer pseudoplatanus	3 1,4%
Robinia pseudoacacia	105 3,0%	Ginkgo biloba (Gingo)	426 2,7%	Cercis siliquastrum	1 0,5%
Aesculus hippocastanum	77 2,2%	Tilia platyphyllos (Tilo de hojas grandes)	408 2,6%	Ulmus minor	1 0,5%
Otros	1238 34,9%	Otros	4326 27,6%	Otros	1 0,5%
	TOTAL 3546		TOTAL 15653		TOTAL 219
Cuña verde de O'Donnell y P. F. Fuente Carranton		QUINTA DE LOS MOLINOS		PARQUE FORESTAL VALDEBEBAS	
Pinus halepensis	2973 22,9%	Prunus dulcis	1671 23,9%	Celtis australis	1725 29,6%
Pinus pinea	2818 21,7%	Pinus halepensis	1281 18,3%	Morus alba 'Fruitless'	399 6,9%
Celtis australis	1093 8,4%	Cupressus sempervirens	607 8,7%	Populus nigra	294 5,1%
Quercus ilex	825 6,4%	Pinus pinea	447 6,4%	Koelreuteria paniculata	350 6,0%
Cedrus deodara	529 4,1%	Eucalyptus sp	382 5,5%	Fraxinus angustifolia	210 3,6%
Ulmus pumila	395 3,0%	Platanus x hybrida	277 4,0%	Olea europaea	160 2,8%
Platanus orientalis	389 3,0%	Ulmus sp	237 3,4%	Prunus amygdalus	137 2,4%
Quercus robur	346 2,7%	Cedrus deodara	244 3,5%	Pinus pinea	137 2,4%
Cupressocyparis leylandii	252 1,9%	Gleditsia triacanthos	217 3,1%	Cercis siliquastrum	118 2,0%
Platanus hybrida	246 1,9%	Ligustrum japonicum	170 2,4%	Aesculus hippocastanum	113 1,9%
Otros	3126 24,1%	Otros	1463 20,9%	Otros	2175 37,4%
	TOTAL 12992		TOTAL 6996		TOTAL 5818
Dehesa de la villa		PARQUE DEL OESTE- TEMPLO DE DEBOD			
Pinus pinea	4844 56,6%	Pinus pinea	1167 15%		
Pinus halepensis	726 8,5%	Sophora japonica	849 11%		
Prunus dulcis	569 6,6%	Platanus x hybrida	618 8%		
Ulmus pumila	265 3,1%	Ligustrum japonicum	502 7%		
Quercus ilex	217 2,5%	Pinus halepensis	356 5%		
Ailanthus altissima	200 2,3%	Populus alba 'bolleana'	364 5%		
Fraxinus angustifolia	162 1,9%	Cedrus deodara	346 5%		
Platanus x hybrida	142 1,7%	Prunus cerasifera subsp. Pissartii	316 4%		
Gleditsia triacanthos	129 1,5%	Celtis australis	293 4%		
Celtis australis	115 1,3%	Cedrus atlantica	266 4%		
Otros	1188 13,9%	Otros	2465 33%		
	TOTAL 8557		TOTAL 7542		
Z.V.DISTRITO C-LAS TABLAS		ROSALEDA DE MADRID (PARQUE DEL OESTE)			
Pinus pinea	510 29,8%	Cedrus deodara	55 47,4%		
Celtis australis	335 19,6%	Acer negundo	18 15,5%		
Prunus cerasifera pissardii	143 8,4%	Prunus cerasifera pisardii	7 6,0%		
Melia azedarach	107 6,3%	Thuja occidentalis	7 6,0%		
Cupressocyparis leylandii	69 4,0%	Populus alba bolleana	5 4,3%		
Liquidambar styraciflua	46 2,7%	Ligustrum japonicum	3 2,6%		
Cedrus deodara	47 2,7%	Quercus robur	1 0,9%		
Olea europaea	45 2,6%	Betula utilis	2 1,7%		
Aesculus hippocastanum	27 1,6%	Cedrus libani	2 1,7%		
Pyrus calleryana	51 3,0%	Cedrus atlantica 'Glauca'	2 1,7%		
Otros	330 19,3%	OTROS	14 12,1%		
	TOTAL 1710		TOTAL 116		

CÁLCULO DE LA ALERGENICIDAD

Para el cálculo del Índice de alergenidad usaremos la siguiente fórmula:

$$IUGZA = \frac{1}{a \cdot S_T} \cdot \sum_{i=1}^K n_i \cdot EP_i \cdot DPP_i \cdot PA_i \cdot S_i \cdot H_i$$

La cual se trata de la misma fórmula explicada en metodología pero con las variables de volumen de los árboles. Para ilustrar el funcionamiento del Excel adjunto se escogerá un ejemplo y se describirá el proceso de cálculo a través de ese ejemplo:

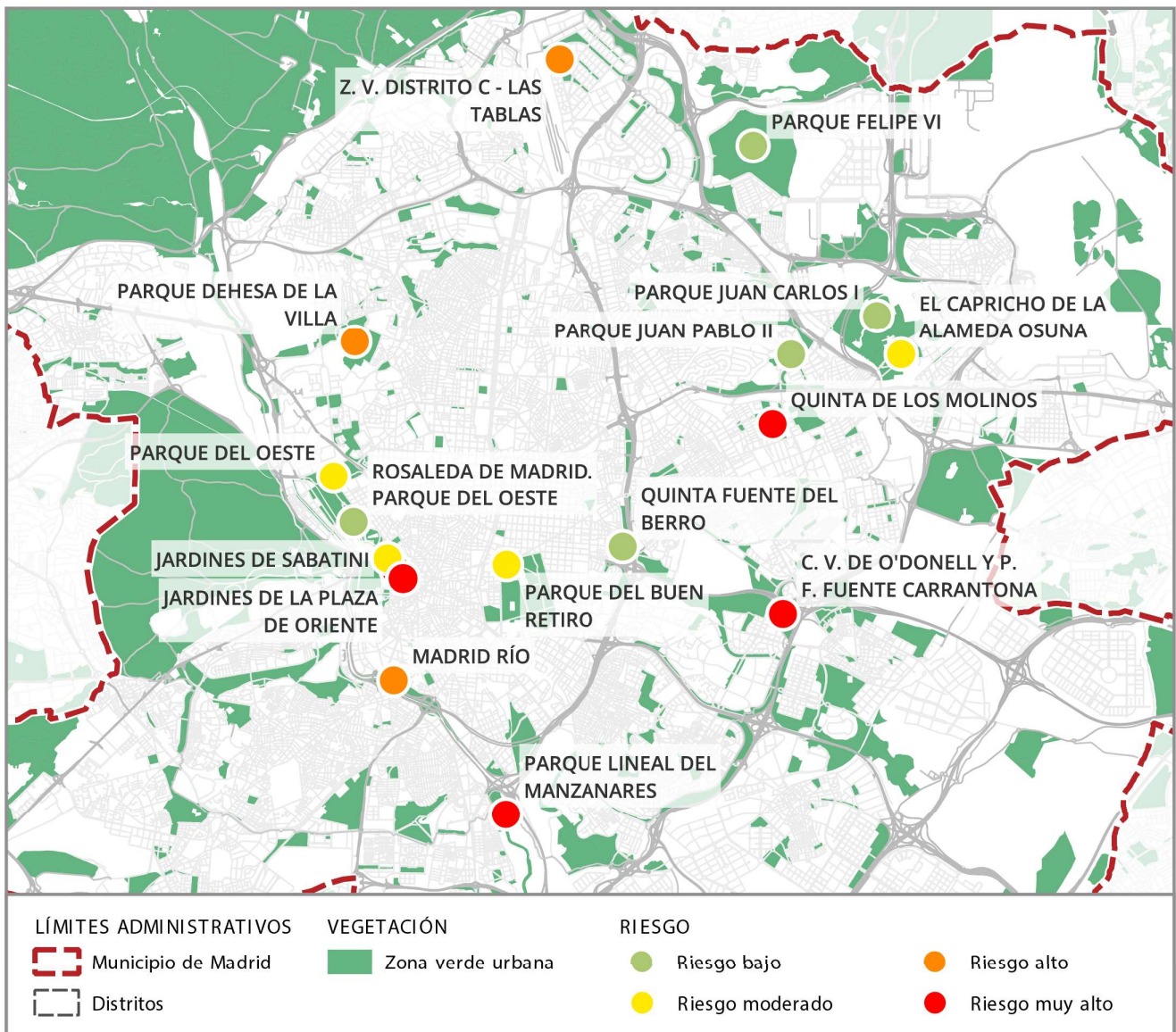
Especie	Nº	Parámetros biológicos			VPA prov	VPA Range	VPA* Ajustado	Volumen Emisor	Vol x VPAa	IUGZA	
		PE	PPP	AP							
Jardines del buen retiro											
Aesculus hippocastanum	5951	34%	2	2	2	8	Low	6	1413,72	8482,32	0,08507205
Platanus x hybrida (P. Hispanica)	934	5%	3	2	4	24	High	24	2035,75	48858	0,07690682
Cercis siliquastrum	720	4%	1	2	1	2	Low	2	125,66	251,32	0,00030496
Trachycarpus fortunei	532	3%	2	2	3	12	Moderate	12	75,4	904,8	0,00081123
Cupressus sempervirens	553	3%	3	3	4	36	Very High	36	254,8	9172,8	0,00854888
Celtis australis	541	3%	3	2	2	12	Moderate	12	904,78	10857,36	0,00969928
Gleditsia triacanthos	510	3%	1	2	2	4	Low	4	1099,56	4398,24	0,00378034
Pinus pinea	414	2%	3	2	2	12	Moderate	12	2035,75	24429	0,01704466
Sophora japonica	383	2%	2	1	2	4	Low	4	589	2356	0,00152074
Ulmus pumila	372	2%	3	2	3	18	High	18	561,3	10103,4	0,00633422
Otros	6425										
TOTAL	17335										0,21022321

En el ejemplo del retiro podemos ver el cálculo completo del IUGZA. Para ello se han usado los valores que empleo Cariñanos et al., 2014 complementando las especies que faltaban con (Munuera-Gázquez et al., 2017; Sabariego et al., 2021b) calculando el valor del VPA [Columna VPA Prov.]

A continuación se cotejaron los resultados con los rangos de VPA especificados en (Cariñanos et al., 2021b) [columna VPA range] por ser información más actualizada y se hicieron los ajustes mínimos necesarios [columna VPA* Ajustado]

Por ultimo podemos ver el resultado de la contribución de estas especies al IUGZA y el total en [columna IUGZA]

Diagrama de IUGZA



Los parques con mayor alergenicidad (Naranja y roja) se encuentran en las proximidades de las circunvalaciones de madrid, por lo que al estar tan cerca del trafico y tener tanta alergenicidad son puntos críticos en los cuales se recomienda actuar cuanto antes.

Por otro lado la zona noreste destaca por la baja alergenicidad de sus parques. Lo cual me lleva a pensar que podria estar relacionado con la presencia del aeropuerto y que sea por tanto una zona con densidad baja de edificios en la cual los arboles pueden proyectarse mas espaciados.

Resultados del trabajo

LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

Para poder emplear el IZUGA de manera efectiva es importante conocer sus limitaciones, pues el uso de cualquier herramienta de diseño puede volverse inútil si no va acompañado de la lógica. Por ejemplo, de nada sirve hacer una gran zona verde con baja alergenicidad si agrupamos todos los ejemplares de una misma especie con alto VPA juntos.

Las principales restricciones de esta metodología encontradas en este estudio son las siguientes:

- El índice de alergenicidad no tiene en cuenta la variaciones en la producción de polen debido a factores externos. La fenología puede variar debido a múltiples factores ambientales incluyendo las posibles variaciones de temperatura dentro de la misma ciudad o las diferencias ambientales entre un año y otro (Aerts et al., 2021).
- Este método tiene en cuenta la influencia de una zona delimitada pero ignora las posibles infraestructuras verdes en los alrededores como pueden ser los árboles de las aceras, terrazas etc ni el posible desplazamiento de masas de polen de zonas lejanas por el viento (Aerts et al., 2021).
- Recabar la información necesaria referente a los parámetros biométricos puede resultar tediosa si se usa esta herramienta como análisis de zonas verdes ya existentes, especialmente en el caso de herbáceas y setos. De manera opuesta, en proyectos a realizar esa información puede obtenerse fácilmente a través de las mediciones de vegetación. Una base de datos más completa y mejor orientada a estudiar la alergenicidad en la web del municipio de Madrid facilitaría tener en cuenta los aspectos en la infraestructura verde ya existente.
- Esta metodología por sí misma no tiene en cuenta otros aspectos como la distribución dentro de una misma zona verde, o las posibles interrelaciones entre las proteínas de alérgenos de distintas especies (Cariñanos et al., 2021b). Por lo que su uso debe ser como herramienta complementaria y en ningún caso exime de tener en cuenta otros aspectos pueden ocasionar un mayor RSEAAP.

RECOMENDACIONES DE DISEÑO PROPUESTAS

En este apartado se propondrá unas pautas que ayudaran a urbanistas y arquitectos a seleccionar en sus proyectos la vegetación más adecuada para minimizar el riesgo de sensibilización y posibles enfermedades alérgicas. Seguir estas directrices mitigara los efectos nocivos del polen y ayudaran a mantener niveles de alergenicidad seguros en toda la infraestructura verde de las ciudades:

- Incremento de la biodiversidad
- Priorizar la distribución uniforme de la vegetación frente a las aglomeraciones de una misma especie.
- Valorar el entorno y tener en cuenta puntos vulnerables
- Favorecer la igualdad de géneros
- Consultar a expertos
- Incorporar el criterio de alergenicidad al seleccionar el material de plantación

INCREMENTO DE LA BIODIVERSIDAD

Retirar las especies con alta alergenicidad podría mitigar los riesgos de la alergenicidad potenciada por el cambio climático. Sin embargo, al hacerlo debemos tratar de mantener un pequeño porcentaje de cada una de estas especies. Mientras que invertir en la introducción de zonas verdes hipoalergenicitas en el interior de las ciudades y en sus proximidades podría resultar sumamente beneficioso. Retirar indiscriminadamente el total de especies con alta alergenicidad no sería recomendable en pos de conservar la biodiversidad (Aerts et al., 2021).

Varios autores señalan que la especie más dominante no debería sobrepasar el 10% respecto a la cantidad total de especies (Maya-Manzano et al., 2017b). Cuanto más diversa sea la vegetación más probable será que la carga de polen de una misma especie sea menor en cualquier espacio cercano (Sousa-Silva et al., 2021; Cariñanos et al., 2021b) y esto disminuirá el riesgo de sensibilización alérgica.

Ademas, la diversidad de vegetación puede ofrecer protección frente a las alergias mediante una exposición microbiana mayor y más diversa que resulta esencial para un mejor desarrollo del sistema inmune (Cariñanos et al., 2021b) (Hanski et al., 2012; Haahtela, 2019; Sousa-Silva et al., 2021).

PRIORIZAR LA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE LA VEGETACIÓN FRENTE A LAS AGLOMERACIONES DE UNA MISMA ESPECIE.

Al afirmar que la diversidad es importante no solo nos referimos a priorizar la variedad de especies elegidas para un proyecto. Otro factor importante a tener en cuenta es repartir uniformemente estas especies evitando grupos de plantas de una misma especie. Esto ayuda a prevenir grandes cantidades de polen monoespecífico dando como resultado un menor riesgo de exposición al polen (Sousa-Silva et al., 2021).

Por ejemplo, si proyectamos una zona verde con un total de 5000 árboles de los cuales 100 son *Platanus Hispanica* Lo ideal sería repartir estos ejemplares con una elevada alergenicidad a lo largo de todo el proyecto. Si concentramos todos esos ejemplares en una misma área, crearemos un punto con alta concentración de este tipo de polen.

VALORAR EL ENTORNO Y TENER EN CUENTA PUNTOS VULNERABLES

Cuando se actúa en un área específica hay que tener en cuenta los elementos preexistentes más próximos a los límites de actuación, es importante valorar tanto la vegetación existente como si existen puntos especialmente vulnerables.

Por un lado las personas enfermas son un sector vulnerable debido a posibles inflamaciones en el tracto respiratorio y/o una potencial disminución en sus defensas. A su vez, la exposición de los niños a entornos con alta alergenicidad es asociada con el predominio de futuros problemas de rinitis alérgica y una mayor sensibilización a aeroalergenos, sin que resulte especialmente influyente la vegetación a la que están expuestos en el futuro (Markevych et al., 2020). Por esto mismo, un aspecto que debería tenerse en cuenta es procurar que las infraestructuras verdes que rodeen Hospitales y colegios sean lo más hipoalergénicas posible sin renunciar a la diversidad, especialmente las especies proyectadas más próximas a estos puntos.

FAVORECER LA IGUALDAD DE GENEROS

Es vital evitar la selección exclusiva de ejemplares masculinos (Sousa-Silva et al., 2021) con intención de reducir costes de mantenimiento al cliente. Es cierto que la producción de fruto se asocia a problemas de suciedad y de seguridad de los peatones (Cariñanos et al., 2017a). No obstante, los ejemplares masculinos producen grandes cantidades de polen. Un equilibrio entre ambos géneros mantendrá ambos efectos nocivos atenuados.

CONSULTAR A EXPERTOS

Consultar expertos es un recurso que ayuda mejorar la calidad de un proyecto a la vez que ahorra tiempo de investigación. Por un lado, el asesoramiento facilitaría la resolución de problemas de los que posiblemente no se tiene constancia por ser conocimientos más específicos de otra disciplina. Un claro ejemplo es la elusión de reacciones entre el polen de distintas especies con alérgenos comunes.

“A nivel fotogenético se entiende la existencia de panalérgenos comunes en oleáceas, fagáceas, betuláceas y amarantáceas (Nierdeberger et al., 2002), lo que genera las denominadas reacciones cruzadas, causantes de polisensibilizaciones en la población”
(Cariñanos et al., 2017a)

Por otro lado, sería recomendable el uso de asesoramiento en la incorporación de especies exóticas. De este modo se tendrá mayor criterio en el proceso de selección de especies cuyo comportamiento en las condiciones ambientales del proyecto no supongan un riesgo añadido.

INCORPORAR EL CRITERIO DE ALERGENICIDAD AL SELECCIONAR EL MATERIAL DE PLANTACIÓN

En busca de ciudades más sostenibles en todos los ámbitos un aspecto importante es priorizar las medidas de prevención. Emplear una tecnología predictiva para valorar la alergenicidad de la vegetación que proyectamos es una herramienta que nos acerca más al objetivo de ciudades y comunidades más sostenibles de las naciones unidas:

“11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per capita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo”

“11.7 De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad”

Objetivos de desarrollo sostenible 11 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
Enlace comprobado :7-7-2021). Naciones unidas

Según la accesibilidad de la información esta tarea puede ser más o menos viable. Por ello propongo dos opciones alternativas si no disponemos de recursos para realizar un análisis completo de alergenicidad:

- Subcontratar a expertos que realicen este análisis
- Valorar como mínimo el VPA de las especies seleccionadas y tener en cuenta todas las recomendaciones propuestas en este trabajo.

Recomiendo especialmente el listado propuesto en el artículo “An updated proposal of the Potential Allergenicity of 150 ornamental Trees and shrubs in Mediterranean Cities” por Cariñanos (Cariñanos et al., 2021b). A continuación dejo un enlace a este artículo:

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127218>

CONCLUSIONES

Dado que la vegetación es cada vez más empleada en las ciudades, para evitar que este incremento de zonas verdes aumente el RSEAAP las infraestructuras verdes urbanas pueden y deben ser reguladas. Y pese a esto pocas regulaciones se implican en reducir el impacto alérgico de la vegetación (Marinangeli and Plutino., 2018; Cariñanos et al., 2021b). Como los encargados de diseñar las ciudades del mañana, urbanistas y arquitectos

Esas circunstancias ponen de manifiesto que debemos centrar nuestros esfuerzos en reducir la producción de contaminación y de polen en lugar de combatirla. Si por lo contrario seguimos proyectando zonas verdes sin tener un criterio en cuanto a alergenidad se refiere, lo unico que hara esta sociedad es cambiar un problema de Salud Global por otro.

Espero que los resultados de este trabajo sirvan como guia y que la informacion recopilada ayude a concienciar sobre este problema que aumenta tan drásticamente.

Bibliografía

- Aerts, R., Bruffaerts, N., Somers, B., Demoury, C., Plusquin, M., Nawrot, T.S., Hendrickx, M. (2021) Tree pollen allergy risks and changes across scenarios in urban green spaces in Brussels, Belgium. *Landscape and Urban Planning*. 207, 104001.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.104001>
- Akbari, H., Konopacki, S. (2005). Calculating energy-saving potentials of heat-island reduction strategies. *Energy Policy*. 33, pp. 721–756.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.001>
- Alcock, I., White, M., Cherrie, M., Wheeler, B., Taylor, J., McInnes, R., Otte im Kampe, E., Vardoulakis, S., Sarran, C., Soyiri, I., Fleming, I. (2017) Land cover and air pollution are associated with asthma hospitalisations: A cross-sectional study. *Environment International*. 109, pp. 29-41.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.08.009>
- American College of Allergy Asthma and Immunology. (2018). Allergy Facts.
Enlace: <https://acaai.org/news/facts-statistics/allergies>
- Asam, C, Hofer, H, Wolf, M, Aglas, L, Wallner, M. (2015). Tree pollen allergens-an update from a molecular perspective. *Allergy*. 70, pp. 1201– 1211
DOI: <https://doi.org/10.1111/all.12696>
- Bastl, K., Berger, M., Bergmann, K. C., Kmenta, M. & Berger, U. (2017). The medical and scientific responsibility of pollen information services. *Wiener klinische Wochenschrift*. 129, 70–74 (2017)
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00508-016-1097-3>
- Baxi, S. N. & Phipatanakul, W. (2010). The role of allergen exposure and avoidance in asthma. *Adolesc. Med. State Art Rev*. 21(1), pp. 57–71.
Enlace: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20568555/>
- Beck, I., Jochner, S., Gilles, S., McIntyre, M., Buters, J.T.M., Schmidt-Weber, C., Behrendt, H., Ring, J., Menzel, A., Traidl-Hoffmann, C. (2013). High environmental ozone levels lead to enhanced allergenicity of birch pollen. *PLOS ONE*. 8(11), e80147.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080147>
- Bosh-Cano, F., Bernard, V., Suche, B., Gillet, F., Thibaudon, M., Richard, H., Badot, P.M., Ruffaldi, P. (2011). Human exposure to allergenic pollens: A comparison between urban and rural areas. *Environmental Research*. 111, pp. 619-625.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.04.001>
- Buters, J.T.M., Antunes, C., Galveias, A., Bergmann, K.C., Thibaudon, M., Galán, C., Schmidt-Weber, C., Oteros, J. (2018). Pollen and spore monitoring in the world. *Clinical and Translational Allergy*, 8(9).
DOI: <https://doi.org/10.1186/s13601-018-0197-8>
- Buters, J. T. M., Thibaudon, M., Smith, M., Kennedy, R., Rantio-Lehtimäki, A., Albertini, R., Reese, G., Weber, B., Galan, C., Brandao, R., Antunes, C.M., Jäger, S., Berger, U., Celenk, S., Grewling, L., Jackowiak, B., Sauliene, I., Weichenmeier, I., Pusch, G., Sarioglu, H., Ueffing, M., Behrendt, H., Prank, M., Sofiev, M., Cecchi, L. (2012) Release of Bet v 1 from birch pollen from 5 European countries. Results from the HIALINE study. *Atmospheric Environment*. 55, pp. 496–505.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.01.054>
- De is 01
Capotorti, G., Tilia, A., Celesti-Grapow, L., Del Vico, E., Lattanzi, E., Blasi, C. (2020). Verde urbano. Oltre il colore: l'importanza di quantità e qualità della diversità vegetale in città. 115° Congresso della Società Botanica Italiana onlus. VII International Plant Science Conference (IPSC), on-line conference, the 9-11th september 2020.
- IS 02 (Cardell et al., 2016)
Cardell, L.O., Olsson, P., Andersson, M., Welin, K.O., Svensson, J., Tennvall, G.R., Hellgren, J. (2016). TOTALL: high cost of allergic rhinitis-a national Swedish population-based questionnaire study. *npj Primary Care Respiratory Medicine*. 26, 15082.
DOI: <https://doi.org/10.1038/npjpcrm.2015.82>

Cariñanos, P., Adinolfi, C., Díaz de la Guardia, C., De Linares, C., Casares Porcel, M. (2015). Characterization of Allergen Emission Sources in Urban Areas. *Journal of Environmental Quality*. 45, pp. 244-252.

DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2015.02.0075>

Cariñanos, P., Casares-Porcel, M. (2017). Parámetros de alergenidad y comportamiento alérgico de la flora ornamental. *La Cultura del Árbol*.

Enlace: <https://www.researchgate.net/publication/316542876> (Ultima comprobación 8-7-2021)

Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., Díaz de la Guardia, C., Aira, M.J., Boi, M., Cardador, C., Elvira-Rendueles, B., & Fernández-Rodríguez, S., Maya-Manzano, J., Pérez-Badía, R., Rodríguez de la Cruz, D., Rajo, F.J., Rojo-Úbeda, J., Sánchez Reyes, E., Sánchez-Sánchez, J., Tormo-Molina, R., Vega-Maray, A. (2016). Salud Ambiental de los parques españoles: Aproximación al potencial alérgico de espacios verdes urbanos. *Revista de Salud Ambiental*. 16, pp. 33-42.

DOI: <https://www.researchgate.net/publication/304102213>

Cariñanos, P., Casares Porcel, M., Díaz de la Guardia, C., Aira, M.J., Belmonte, J., Boi, M., Elvira-Rendueles, B., De Linares, C., Fernández-Rodríguez, S., Maya-Manzano, J.M., Pérez-Badía, R., Rodríguez-de la Cruz, D., Rodríguez-Rajo, F.J., Rojo-Úbeda, J., Romero-Zarco, C., Sánchez-Reyes, E., Sánchez-Sánchez, J., Tormo-Molina, R., Vega Maray, A.M. (2017). Assessing allergenicity in urban parks: A nature-based solution to reduce the impact on public health. *Environmental Research*. 155, pp. 219-227.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.02.015>

Cariñanos, P., Casares Porcel, M., Quesada Rubio, J.M. (2014). Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landscape and Urban Planning*. 123, pp. 134-144.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.009>

Cariñanos, P., Foyo-Moreno, I., Alados, I., Guerrero-Rascado, J. L., Ruiz-Peñuelas, S., Titos, G., Cazorla, A., Alados-Arboledas, L., Díaz de la Guardia, C. (2021a). Bioaerosols in urban environments: trends and interactions with pollutants and meteorological variables based on quasi-climatological series. *Journal of Environmental Management*. 282, 111963.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111963>

Cariñanos, P., Grilo, F., Pinho, P., Casares-Porcel, M., Branquinho, C., Acil, N., Andreucci, M. B., Anjos, A., Massimiliano, P., Brini, S., Calaza-Martínez, P., Calvo, E., Carrari, E., Castro, J., Chiesura, A., Correia, O., Gonçalves, A., Gonçalves, P., Mexia, T., Mirabile, M., Paoletti, E., Santos-Reis, M., Semenzato, P., Vilhar, U. (2019). Estimation of the allergenic potential of urban trees and urban parks: Towards the healthy design of urban green spaces of the future environ. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1357

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16081357>

Cariñanos, P., Marinangeli, F. (2021b). An updated proposal of the Potential Allergenicity of 150 ornamental Trees and shrubs in Mediterranean Cities. *Urban Forestry & Urban Greening*. 63, 127218.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127218>

Chen, Y.C., Chiu, H.W., Su, Y.F, Wu, Y.C., Cheng, K.S. (2017). Does urbanization increase diurnal land surface temperature variation? Evidence and implications. *Landscape and Urban Planning*. 157, 247-258.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.06.014>

D'Amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., Liccardi, G., Popov, T. and Van Cauwenberge, P. (2007), Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*. 62, pp. 976-990.

DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>

D'Amato, G., Holgate, S.T., Pawankar, R., Ledford, D.K., Cecchi, L., Al-Ahmad, M., Al-Enezi, F., Al-Muhsen, S., Ansotegui, I., Baena-Cagnani, C.E., Baker, D.J., Bayram, H., Bergmann, K.C., Boulet, L.P., Buters, J.T., D'Amato, M., Dorsano, S., Douwes, J., Finlay, S.E., Garrasi, D., Gómez, M., Haahela, T., Halwani, R., Hassani, Y., Mahboub, B., Marks, G., Michelozzi, P., Montagni, M., Nunes, C., Oh, J.J., Popov, T.A., Portnoy, J., Ridolo, E., Rosário, N., Rottem, M., Sánchez-Borges, M., Sibanda, E., Sienra-Monge, J.J., Vitale, C., Annesi-Maesano, I. (2015). Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organization Journal*. 8(25).

DOI: <https://doi.org/10.1186/s40413-015-0073-0>

Dadvand, P., Villanueva, C. M., Font-Ribera, L., Martínez, D., Basagaña, X., Belmonte, J., Vrijheid, M., Gražulevičiene, R., Kogevinas, M., Nieuwenhuijsen, M. J. (2014). Risks and Benefits of Green Spaces for Children: A Cross-Sectional Study of Associations with Sedentary Behavior, Obesity, Asthma, and Allergy. *Environmental Health Perspectives*. 122(12), pp. 1329–1335.

DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.1308038>

Damialis, A., Traidl-Hofmann, C., Treudler, R. (2019) Climate Change and Pollen Allergies. In: *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change* (eds. Marselle, M., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K. & Bonn, A.) pp. 47–66. Springer, Cham.

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8_3

- Di Menno di Bucchianico, A., Brighetti, M.A., Cattani, G., Costa, C., Cusano, M., De Gironimo, V., et al. (2019). Combined effects of air pollution and allergens in the city of Rome. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37, pp. 13-23.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.04.001>
- Doick, K.J., Peace, A., Hutchings, T.R. (2014). The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island. *Science of The Total Environment*, 493, pp.662–671
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.048>
- Domm, J., Drew, R., Greene, A., Ripley, E., Smardon, R., & Tordesillas, J. (2008). Recommended urban forest mixtures to optimize selected environmental benefits. *EnviroNews: International Society of Environmental Botanists*, 14(1), pp. 7-10.
Enlace: https://www.researchgate.net/publication/273314104_Recommended_urban_forest_mixtures_to_optimize_selected_environmental_benefits
- Eisenman, T. S., Jariwala, S. P., & Lovasi, G. S. (2019). Urban trees and asthma: A call for epidemiological research. *The Lancet Respiratory Medicine*, 7(7), e19–e20.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30193-6](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30193-6)
- Erbas, B., Jazayeri, M., Lambert, K.A., Katelaris, C.H., Prendergast, L.A., Tham, R., Parrodi, M.J., Davies, J., Newbiggin, E., Abramson, M.J., Dharmage, S.C. (2018). Outdoor pollen is a trigger of child and adolescent asthma emergency department presentations: A systematic review and meta-analysis. *Allergy*, 73, pp. 1632– 1641.
DOI: <https://doi.org/10.1111/all.13407>
- European Respiratory Society (2003). *European Lung White Book: The First Comprehensive Survey on Respiratory Health in Europe*. Lausanne, Switzerland: European Respiratory Society Journals Ltd.
- García-Ventura, C., Sabariego, S., Cariñanos, P. (2018). "Potencial alergénico de 4 parques urbanos de la ciudad de Madrid." Texto para un congreso. Enlace: <https://biologicas.ucm.es/data/cont/docs/2-2018-04-24-texto%20congreso-final.pdf> (Última revisión del enlace 2021)
- Gernes, R., Brokamp, C., Rice, G. E., Wright, J. M., Kondo, M. C., Michael, Y. L., Donovan, G. H., Gatzliolis, D., Bernstein, D., LeMasters, G. K., Lockey, J. E., Khurana Hershey, G. K., Ryan, P. H. (2019). Using high-resolution residential greenspace measures in an urban environment to assess risks of allergy outcomes in children. *Science of The Total Environment*, 668, pp. 760–767.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.009>
- Gilles, S., Blume, C., Wimmer, M., Damialis, A., Meulenbroek, L., Gokkaya, M., Bergougnan, C., Eisenbart, S., Sundell, N., Lindh, M., Andersson, L.-M., Dahl, Å., Chaker, A., Kolek, F., Wagner, S., Neumann, A. U., Akdis, C. A., Garsen, J., Westin, J., Land, B., Davies, D. E., & Traidl-Hoffmann, C. (2020). Pollen exposure weakens innate defense against respiratory viruses. *Allergy*, 75(3), pp. 576–587.
DOI: <https://doi.org/10.1111/all.14047>
- Haahntela, T. A (2019). Biodiversity hypothesis. *Allergy, European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 74(8), pp. 1445–1456.
DOI: <https://doi.org/10.1111/all.13763>
- Hanski, I., von Hertzen, L., Fyhrquist, N., Koskinen, K., Torppa, K., Laatikainen, T., Karisola, P., Auvinen, P., Paulin, L., Mäkelä, M.J., Vartiainen, E., Kosunen, T.U., Alenius, H., Haahntela, T. (2012). Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 109, 8334–8339.
DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1205624109>
- Hewitt, C.N., Ashworth, K., MacKenzie, A.R. (2019). Using Green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio*, 49(1), pp. 62-73.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01164-3>
- Idilfitri, S., Sulaiman, S., Salleh, N.S. (2014). Role of ornamental plants for bird community' habitats in urban parks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 153, pp.666–677.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.098>
- Lai, Y., Kontokosta, C. E. (2019). The impact of urban street tree species on air quality and respiratory illness: A spatial analysis of large-scale, high-resolution urban data. *Health & Place*, 56, 80–87.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.01.016>
- Lambert, K. A., Bowatte, G., Tham, R., Lodge, C., Prendergast, L., Heinrich, J., Abramson, M. J., Dharmage, S. C., Erbas, B. (2017). Residential greenness and allergic respiratory diseases in children and adolescents – A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 159, pp. 212–221.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.002>

Lambert, K. A., Katelaris, C., Burton, P., Cowie, C., Lodge, C., Garden, F. L., Prendergast, L. A., Toelle, B. G., & Erbas, B. (2020). Tree pollen exposure is associated with reduced lung function in children. *Clinical and Experimental Allergy*. 50(10), pp. 1176–1183.
DOI: <https://doi.org/10.1111/cea.13711>

Lee, H.Y., Wu, Y.H., Kusumaning Asri, A., Chen, T.H., Pan, W.C., Yu, C.P., Su, H.J., Wu, C.D. (2020). Linkage between residential green spaces and allergic rhinitis among Asian children (case study: Taiwan). *Landscape and Urban Planning*. 202, 103868.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103868>.

Li, J., Li, Y.C., Zhang, Z., Li, Y. Wang, C.Y. (2018). The dispersion characteristics of airborne pollen in the Shijiazhuang (China) urban area and its relationship with meteorological factors. *Aerobiologia*. 34, pp. 89–104.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9501-7>

Linneberg, A., Dam Petersen, K., Hahn-Pedersen, J. et al., (2016). Burden of allergic respiratory disease: a systematic review. *Clinical and Molecular Allergy*.14(12).
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12948-016-0049-9>

Marinangeli, F., Plutino, M., (2018). Biodiversità e salute umana: la mappa delle specie allergeniche della città di Nocera Umbra (Pg). Atti del XII convegno Nazionale Biodiversità, Ambienti, salute. Università degli Studi di Teramo, 13-15 giugno, Teramo
Enlace: https://www.researchgate.net/publication/325902814_Biodiversita_e_salute_umana_la_mappa_delle_specie_allergeniche_della_citta_di_Nocera_Umbra_PG

Markevych, I., Ludwig, R., Baumbach, C., Standl, M., Heinrich, J., Herberth, G., de Hoogh, K., Pritsch, K., Weigl, F. (2020). Residing near allergenic trees can increase risk of allergies later in life: LISA Leipzig study. *Environmental Research*. 191, 110132.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110132>

Matsouka, R.H., Kaplan, R. (2008). People needs in the urban landscape: analysis of landscape and urban planning contribution. *Landscape and Urban Planning*. 84(1), pp. 7-19.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.09.009>

Maya-Manzano, J.M., Fernández-Rodríguez, S., Monroy-Colín, A., Silva-Palacios, I., Tormo-Molina, R., Gonzalo-Garijo, A. (2017). Allergenic pollen of ornamental plane trees in a Mediterranean environment and urban planning as a prevention tool. *Urban Forestry & Urban Greening*. 27, pp. 352-362.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.09.009>

Maya Manzano, J.M., Tormo Molina, R., Fernández Rodríguez, S., Silva Palacios, I., Gonzalo Garijo, A. (2017). Distribution of ornamental urban trees and their influence on airborne pollen in the SW of Iberian Peninsula. *Landscape and Urban Planning*. 157, pp.434-446
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.011>

Mallen, E., Bakin, J., Stone, B., Sivakumar, R., Lanza, K. (2020). Thermal impacts of built and vegetated environments on local microclimates in an urban university campus. *Urban Climate*. 32, 100640
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100640>

McMichael, A.J., Woodruff, R.E., Hales, S. (2006). Climate change and human health: Present and future risks. *The Lancet*. 367(9513), pp. 859-869.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68079-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3)

Mothes, N., Horak, F., Valenta, R. (2004). Transition from a Botanical to a Molecular Classification in Tree Pollen Allergy: Implications for Diagnosis and Therapy. *International Archives of Allergy and Immunology*. 135, pp. 357-373.
DOI: <https://doi.org/10.1159/000082332>

Munuera-Gázquez, A., Munuera-Giner, M., Martínez-Boscadas, M. (2017). Potencial alergénico de los espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia (Murcia, SE España). *Anales de Biología*. 39, pp. 177-190.
DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.39.18>

Neil, K., Wu, J., Bang, C., Fareth, S., (2014). Urbanization affects plant flowering phenology and pollination community: effects of water availability and land cover. *Ecological Processes*. 3(17).
DOI: <https://doi.org/10.1186/s13717-014-0017-6>

Ng, A., Gergel, S.E., N. I. Eskelson, B. (2021). Inequality and allergenic cover of urban greenspaces surrounding public elementary schools in Vancouver, British Columbia, Canada. *Ecosystems and People*. 17(1), pp. 178-190.
DOI: <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1903557>

Pawankar, R., Holgate, S.T., Canonica, G.W., Lockey, R.F., Blaiss, M.S. (2013). White Book on Allergy. World Allergy Organization, United Kingdom.
Enlace: <https://www.worldallergy.org/wao-white-book-on-allergy>

- Peden, D. & Reed, C.E. (2010). Environmental and occupational allergies. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 125(2); Supplement 2, pp. S150-S160.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2009.10.073>
- Poland, T. M. & McCullough, D. G. (2006). Emerald ash borer: Invasion of the urban forest and the threat to North America's ash resource. *Journal of Forestry*. 104(3), 118–124.
Enlace: <https://academic.oup.com/jof/article/104/3/118/4598702>
- Prigioniero, A., Zuzolo, D., Sciarrillo, R., Guarino, C. (2021). Assessing pollinosis risk in the Vesuvius National Park: A novel approach for Index of Urban Green Zones Allergenicity. *Environmental Research*. 197, 111063.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111063>
- Rook, G.A. (2013) Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health. *PNAS*. 110(46), pp. 18360-18367.
- Sabariego, S., García-Ventura, C. & Cariñanos, P. (2021). Estimating the allergenic potential of urban green areas in the city of Madrid (Spain). *Aerobiologia*.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09705-8>
- Sabariego, S., Santos, M., & García Ventura, C. (2021). Estimación de la alergenicidad potencial del parque del Oeste de Madrid. *Botanica Complutensis*. 45, e75436.
DOI: <https://doi.org/10.5209/bocm.75436>
- Schiavoni, G., D'amato, G., Afferni, C. (2017). The dangerous liaison between pollens and pollution in respiratory allergy. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 118(3), pp. 269-275.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anai.2016.12.019>
- Sénéchal, H., Visez, N., Charpin, D., Shahali, Y., Peltre, G., Biolley, J. P., et al. (2015). A review of the effects of major atmospheric pollutants on pollen grains, pollen content and allergenicity. *The Scientific World Journal*.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/940243>
- Sousa-Silva, R., Smargiassi, A., Kneeshaw, D., Dupras, J., Zinszer, K., Paquette, A. (2021). Strong variations in urban allergenicity riskscape due to poor knowledge of tree pollen allergenic potential. *Scientific Reports*. 11, 10196.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89353-7>
- Suanno, C., Aloisi, I., Fernández-González, D., Del Duca, S. (2021). Monitoring techniques for pollen allergy risk assessment. *Environmental Research*. 197, 111109.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111109>
- Tashpulatov, A. S., Clement, P., Akimcheva, S. A., Belogradova, K. A., Barinova, I., Rakhmawaty, F. D., Heberle-Bors, E., Touraev, A. (2004). A Model System to Study the Environment-Dependent Expression of the Bet v 1a Gene Encoding the Major Birch Pollen Allergen. *International Archives of Allergy and Immunology*. 134, pp. 1-9.
DOI: <https://doi.org/10.1159/000077527>
- van Dorn, A. (2017). Urban planning and respiratory health. *The Lancet Respiratory Medicine*. 5(10), pp. 781–782
DOI: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(17\)30340-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(17)30340-5)
- van Velthoven, M. H. & Smith, C. (2019). Some considerations on digital health validation. *npj Digital Medicine*. 2(102), pp. 1–2.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0173-2>
- Von Mutius, E., Vercelli, D. (2010). Farm living: effects on childhood asthma and allergy. *Nat Rev Immunol*. 10, pp. 861–868.
DOI: <https://doi.org/10.1038/nri2871>
- Xin, J., Ouyang, Z., Zheng, H., Wang, X., & Miao, H. (2007). Allergenic pollen plants and their influential factors in urban areas. *Acta Ecologica Sinica*. 27(9), pp. 3820–3827.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(07\)60082-1](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(07)60082-1)
- Zipper, S.C., Schwatz, J., Singh, A., Kucharik, C.J., Towsend, P.A., Loheide, S.P., (2016). Urban heat islands impacts on plant phenology: intra-urban variability and response to land cover. *Environmental Research Letters*. 11(5), 054023.
Enlace: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/054023>
- Ziter, C. D., Pedersen, E. J., Kucharik, C. J. & Turner, M. G. (2019). Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *PNAS*. 116(15), pp. 7575–7580.
DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>

Zuberbier, T., Lötvall, J., Simoens, S., Subramanian, S.V., Church, M.K. (2014). Economic burden of inadequate management of allergic diseases in the European Union: a GA2LEN review. *Allergy*. 69, pp. 1275– 1279.
DOI: <https://doi.org/10.1111/all.12470>

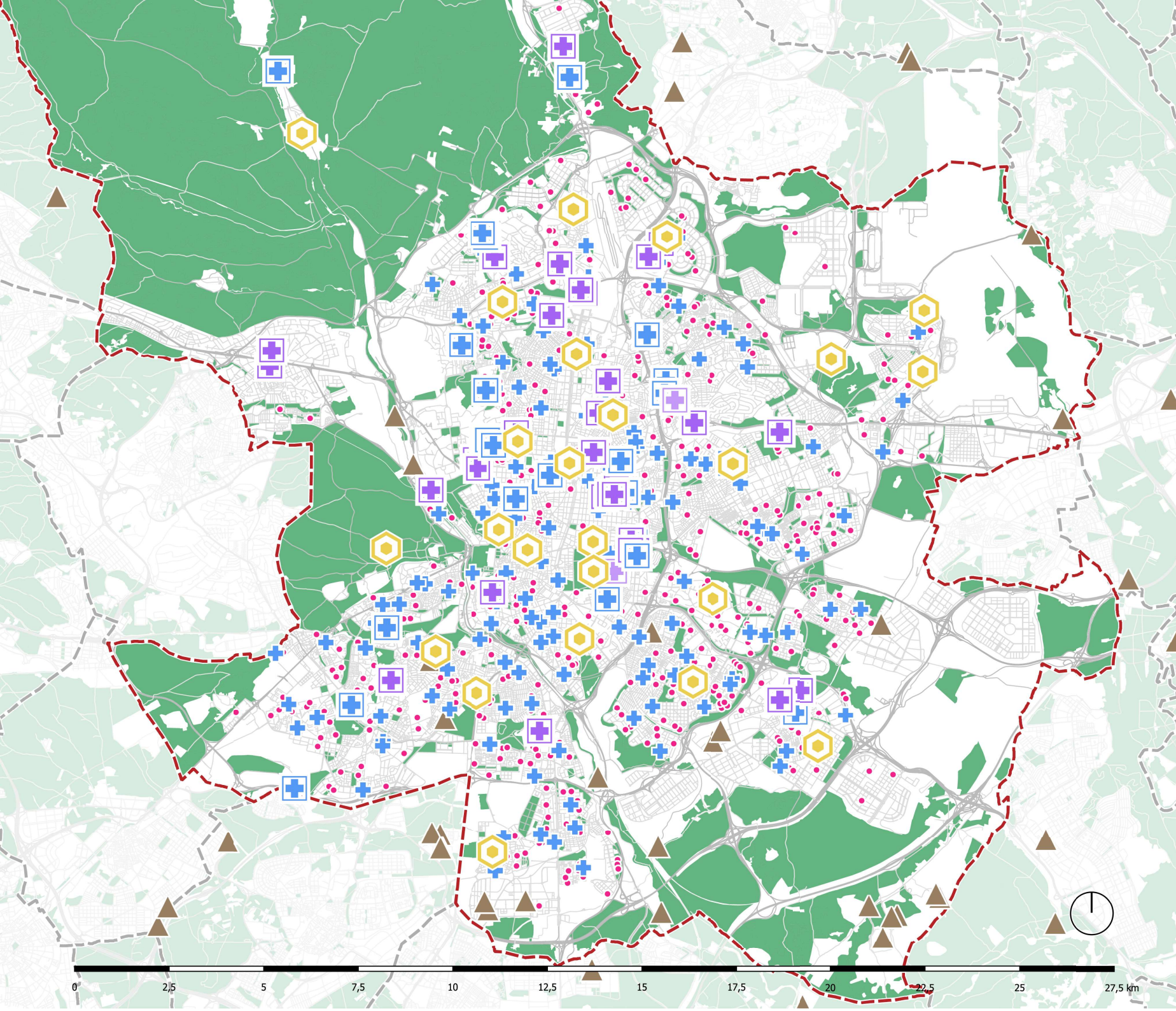
Zulbeldia, J.M., Baeza, M.L., Jáuregui, I., Senent, C.J. (2012). Libro de las enfermedades alérgicas de la fundación BBVA. Fundación BBVA, Bilbao.
Enlace: <https://books.google.es/books?id=CfmZcMJsK8UC&lpg=PA15&ots=NQmocc0l3b&dq=Zubeldia%20et%20al.%2C%202012&lr&hl=es&pg=PA19#v=onepage&q&f=false>

Weber, R. W. (2003) Patterns of pollen cross-allergenicity. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 112(2), pp. 229–239.
DOI: <https://doi.org/10.1067/mai.2003.1683>

Analisis de elementos relevantes y puntos vulnerables

En este plano del municipio de Madrid se muestra la localización de varios elementos que nos servirán para realizar un análisis conjunto del posicionamiento de: las estaciones de calidad del aire, los mayores focos de contaminación y los puntos especialmente vulnerables al polen

Esta visión de conjunto nos permitirá analizar las debilidades frente al planeamiento de madrid



LÍMITES ADMINISTRATIVOS

Madrid

VEGETACIÓN

Zona verde

PUNTOS SINGULARES

Estación de calidad del aire

Hospital general

Especialidades

Maternidad / infantil

Centro médico

Educación (0-15 años)

Foco contaminante

DISTRITO	NOMBRE DE	Nº DE UNIDAD	% DEL DISTRITO	
Centro	01	Libustrum lac	2641	22,13
Centro	01	Platanus x hy	1577	13,21
Centro	01	Sophora japo	1432	11,99
Centro	01	Aesculus hips	1100	9,27
Centro	01	Ulmus pumili	369	3,09
Centro	01	Pinus pinea	388	3,28
Centro	01	Prunus cerasi	356	2,98
Centro	01	Robinia psae	306	2,56
Centro	01	Liquidum jac	303	2,54
Centro	01	Otros	4079	34,16
Total				11941
Arganzuela	02	Platanus x hy	3454	14,40
Arganzuela	02	Soehora iaco	2400	10,01
Arganzuela	02	Celtis austral	1565	6,53
Arganzuela	02	Pinus pinea	1382	5,68
Arganzuela	02	Ulmus pumili	1293	5,39
Arganzuela	02	Liquidum jac	1277	5,33
Arganzuela	02	Robinia psae	1261	5,26
Arganzuela	02	Acer negundi	1191	4,97
Arganzuela	02	Meda zaeder	1090	4,55
Arganzuela	02	Prunus cerasi	696	2,90
Arganzuela	02	Gleditsia tria	659	2,79
Arganzuela	02	Otros	7722	32,20
Total				29978
Retiro	03	Platanus x hy	2586	17,04
Retiro	03	Soehora iaco	2360	15,55
Retiro	03	Ulmus pumili	1934	12,74
Retiro	03	Liquidum jac	1978	13,24
Retiro	03	Pinus pinea	883	5,82
Retiro	03	Robinia psae	592	3,90
Retiro	03	Celtis austral	457	3,01
Retiro	03	X Cupressus	444	2,93
Retiro	03	Cupressus sen	423	2,79
Retiro	03	Cupressus arif	380	2,50
Retiro	03	Liquidum jac	326	2,18
Retiro	03	Prunus cerasi	304	2,00
Retiro	03	Aesculus hips	300	1,98
Retiro	03	Otros	2113	13,95
Total				15179
Salamanca	04	Sophora japo	5917	28,21
Salamanca	04	Platanus x hy	2482	11,40
Salamanca	04	Liquidum jac	1859	9,05
Salamanca	04	Pinus pinea	913	4,45
Salamanca	04	Ulmus pumili	881	4,29
Salamanca	04	Aesculus hips	688	3,25
Salamanca	04	Robinia psae	664	3,15
Salamanca	04	Prunus cerasi	534	2,60
Salamanca	04	Acer negundi	402	1,96
Salamanca	04	Populus alba	392	1,87
Salamanca	04	Otros	5965	29,05
Total				20370
CHAMARTIN	05	Platanus x hy	6061	23,27
CHAMARTIN	05	Sophora japo	3743	14,37
CHAMARTIN	05	Ulmus pumili	3382	12,91
CHAMARTIN	05	Pinus pinea	1340	5,14
CHAMARTIN	05	Celtis austral	1168	4,48
CHAMARTIN	05	Robinia psae	1155	4,43
CHAMARTIN	05	Liquidum jac	943	3,62
CHAMARTIN	05	Prunus cerasi	932	3,58
CHAMARTIN	05	Meda zaeder	721	2,77
CHAMARTIN	05	Aesculus hips	642	2,46
CHAMARTIN	05	Populus alba	602	2,31
CHAMARTIN	05	Otros	6202	23,81
Total				25551
TETUAN	06	Platanus x hy	4567	30,46
TETUAN	06	Liquidum jac	906	6,04
TETUAN	06	Ulmus pumili	804	5,36
TETUAN	06	Prunus cerasi	721	4,81
TETUAN	06	Sophora japo	529	3,52
TETUAN	06	Pinus pinea	529	3,52
TETUAN	06	Meda zaeder	513	3,42
TETUAN	06	Celtis austral	475	3,17
TETUAN	06	Aesculus hips	465	3,10
TETUAN	06	Cupressus sen	423	2,82
TETUAN	06	Otros	5053	33,77
Total				14992
CHAMBERI	07	Soehora iaco	3889	48,10
CHAMBERI	07	Platanus x hy	1741	12,00
CHAMBERI	07	Ulmus pumili	862	6,39
CHAMBERI	07	Celtis austral	737	5,46
CHAMBERI	07	Liquidum jac	643	4,76
CHAMBERI	07	Meda zaeder	412	3,05
CHAMBERI	07	Robinia psae	323	2,39
CHAMBERI	07	Koelneria	283	2,10
CHAMBERI	07	Aesculus hips	267	1,98
CHAMBERI	07	Prunus cerasi	233	1,73
CHAMBERI	07	Cercis siliqua	190	1,41
CHAMBERI	07	Pinus pinea	167	1,24
CHAMBERI	07	Otros	1756	13,01
Total				13697
FUENCARRAL	08	Platanus x hy	9474	16,12
FUENCARRAL	08	Ulmus pumili	5328	9,07
FUENCARRAL	08	Celtis austral	3879	6,60
FUENCARRAL	08	Pinus pinea	3224	5,49
FUENCARRAL	08	Robinia psae	2044	3,44
FUENCARRAL	08	Meda zaeder	2147	3,65
FUENCARRAL	08	Prunus cerasi	2021	3,44
FUENCARRAL	08	Acer negundi	1714	2,99
FUENCARRAL	08	Sophora japo	1649	2,87
FUENCARRAL	08	Monus alba	1416	2,41
FUENCARRAL	08	Populus alba	1411	2,40
FUENCARRAL	08	Aesculus hips	1381	2,35
FUENCARRAL	08	Cupressus sen	1192	2,03
FUENCARRAL	08	Liquidum jac	1043	1,77
FUENCARRAL	08	Otros	20598	35,05
Total				58774
MONCLOA.A	09	Platanus x hy	5400	16,17
MONCLOA.A	09	Sophora japo	2732	8,18
MONCLOA.A	09	Ulmus pumili	2310	7,02
MONCLOA.A	09	Pinus pinea	1930	5,78
MONCLOA.A	09	Acer negundi	1854	5,65
MONCLOA.A	09	Cupressus sen	1333	4,05
MONCLOA.A	09	Robinia psae	1273	3,81
MONCLOA.A	09	Catalpa bigna	979	2,93
MONCLOA.A	09	Libustrum lac	905	2,71
MONCLOA.A	09	Celtis austral	874	2,62
MONCLOA.A	09	Cupressus arif	804	2,41
MONCLOA.A	09	Prunus cerasi	660	1,98
MONCLOA.A	09	Otros	1219	36,89
Total				33392
LATINA	10	Platanus x hy	5319	14,17
LATINA	10	Ulmus pumili	4553	12,53
LATINA	10	Pinus pinea	2617	6,97
LATINA	10	Robinia psae	1980	5,27
LATINA	10	Celtis austral	1790	4,66
LATINA	10	Prunus cerasi	1665	4,44
LATINA	10	Sophora japo	1538	4,10
LATINA	10	Libustrum lac	1141	3,04
LATINA	10	Acer negundi	1055	2,81
LATINA	10	Cupressus sen	986	2,63
LATINA	10	Aesculus hips	950	2,53
LATINA	10	Otros	14283	38,05
Total				37537
CARABANCHEL	11	Platanus x hy	7906	18,15
CARABANCHEL	11	Pinus pinea	4393	10,28
CARABANCHEL	11	Ulmus pumili	2803	6,78
CARABANCHEL	11	Sophora japo	2683	6,49
CARABANCHEL	11	Robinia psae	2295	5,55
CARABANCHEL	11	Celtis austral	1951	4,72
CARABANCHEL	11	Acer negundi	1583	3,83
CARABANCHEL	11	Gleditsia tria	1392	3,37
CARABANCHEL	11	Aesculus hips	992	2,40
CARABANCHEL	11	Cupressus sen	948	2,28
CARABANCHEL	11	Liquidum jac	923	2,23
CARABANCHEL	11	Meda zaeder	774	1,87
CARABANCHEL	11	Otros	13214	31,95
Total				41937
USERA	12	Platanus x hy	5066	15,98
USERA	12	Ulmus pumili	3788	11,95
USERA	12	Pinus pinea	2315	6,67
USERA	12	Robinia psae	2099	6,62
USERA	12	Celtis austral	1346	4,25
USERA	12	Soehora iaco	1280	4,04
USERA	12	Acer negundi	1214	3,83
USERA	12	Cedrus deod	770	2,43
USERA	12	Meda zaeder	715	2,26
USERA	12	Prunus cerasi	670	2,11
USERA	12	Populus alba	649	2,05
USERA	12	Otros	599	1,89
USERA	12	Otros	11394	35,84
Total				31505
PUENTE DE VALLECAS	13	Platanus x hy	4609	10,17
PUENTE DE V 13	13	Platanus orie	4401	9,72
PUENTE DE V 13	13	Robinia psae	3552	7,84
PUENTE DE V 13	13	Soehora iaco	3368	7,21
PUENTE DE V 13	13	Ulmus pumili	3076	6,79
PUENTE DE V 13	13	Pinus pinea	2336	5,60
PUENTE DE V 13	13	Acer negundi	2297	5,07
PUENTE DE V 13	13	Liquidum jac	2122	4,68
PUENTE DE V 13	13	Catalpa bigna	1196	2,64
PUENTE DE V 13	13	Celtis austral	1182	2,61
PUENTE DE V 13	13	Prunus cerasi	1119	2,47
PUENTE DE V 13	13	Acer pseudos	1004	2,22
PUENTE DE V 13	13	Otros	14837	32,97
Total				46299
MORATALAZ	14	Ulmus pumili	5689	23,50
MORATALAZ	14	Platanus x hy	2020	8,14
MORATALAZ	14	Pinus pinea	1941	8,02
MORATALAZ	14	Celtis austral	1500	6,20
MORATALAZ	14	Acer negundi	1290	5,13
MORATALAZ	14	Platanus orie	1096	4,53
MORATALAZ	14	Prunus cerasi	776	3,11
MORATALAZ	14	Meda zaeder	573	2,37
MORATALAZ	14	Catalpa bigna	572	2,36
MORATALAZ	14	Acer pseudos	446	1,84
MORATALAZ	14	Otros	8305	34,31
Total				24508
CIUDAD LINEAL	15	Platanus x hy	4716	12,49
CIUDAD LINEAL	15	Pinus pinea	4227	11,20
CIUDAD LINEAL	15	Ulmus pumili	3938	10,41
CIUDAD LINEAL	15	Soehora iaco	1680	4,45
CIUDAD LINEAL	15	Prunus cerasi	1488	3,94
CIUDAD LINEAL	15	Robinia psae	1440	3,82
CIUDAD LINEAL	15	Acer negundi	1363	3,61
CIUDAD LINEAL	15	Celtis austral	1162	3,08
CIUDAD LINEAL	15	Cupressus sen	1007	2,67

Centro	Centro
Renta 2017/0	Renta 2017/0
16711	140473
7,77	10914,7521
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,02841241	16711

Arganzuela	Arganzuela
Renta 2017/0	Renta 2017/0
17788	153660
12,27	10939,482
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0496085	17788

Retiro	Retiro
Renta 2017/0	Renta 2017/0
2168	120406
12,4	14,939444
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
3,20266-05	2168

Salamanca	Salamanca
Renta 2017/0	Renta 2017/0
2463	147854
11,16	14,939444
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0339398	2463

CHAMARTIN	CHAMARTIN
Renta 2017/0	Renta 2017/0
2626	47521
13,75	2038,2621
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0451081	2626

TETUAN	TETUAN
Renta 2017/0	Renta 2017/0
15380	16113
11,52	1568,5776
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0398613	15380

CHAMBERI	CHAMBERI
Renta 2017/0	Renta 2017/0
2789	140866
10,66	14,904488
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0327709	2789

FUENCARRAL EL PARDO	FUENCARRAL EL PARDO
Renta 2017/0	Renta 2017/0
3865	49972
12,94	4695,1724
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0567122	3865

MONCLOA.ARAVACA	MONCLOA.ARAVACA
Renta 2017/0	Renta 2017/0
2226	2146
14,34	1942,0066
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0373705	2226

LATINA	LATINA
Renta 2017/0	Renta 2017/0
12370	24119
12,27	2970,4553
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,06372964	12370

CARABANCHEL	CARABANCHEL
Renta 2017/0	Renta 2017/0
10988	26016
14,54	3783,4984
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0811162	10988

USERA	USERA
Renta 2017/0	Renta 2017/0
9552	142894
15,29	21734,1774
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0466203	9552

PUENTE DE VALLECAS	PUENTE DE VALLECAS
Renta 2017/0	Renta 2017/0
9786	24067
13,76	33071,0201
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0709317	9786

MORATALAZ	MORATALAZ
Renta 2017/0	Renta 2017/0
14135	9564
11,57	11062,1998
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,03272941	14135

CIUDAD LINEAL	CIUDAD LINEAL
Renta 2017/0	Renta 2017/0
15111	21807
12,51	2705,3617
n/os 0.15 al f/respecto m	n/os 0.15 al f/respecto m
0,0589966	15111

Ciudad Line 15	Pinus halepensis	960	2,54	2	
Ciudad Line 15	Ulmus minor	891	2,38	3	
Ciudad Line 15	Otros	1484	39,43	3	
	Total	37744			
Hortaleza 16	Platanus x hy	4502	8,57	3	
Hortaleza 16	Pinus pinea	4318	8,43	2	
Hortaleza 16	Celtis australis	3249	6,07	2	
Hortaleza 16	Sophora laevis	2489	4,65	1	
Hortaleza 16	Acer negundo	2124	3,97	2	
Hortaleza 16	Cupressus sen	2056	3,84	3	
Hortaleza 16	Robinia pseudo	2005	3,74	1	
Hortaleza 16	Prunus cerasifera	1608	3,00	1	
Hortaleza 16	Ulmus pumilus	1475	2,75	3	
Hortaleza 16	Ligustrum laevigatum	1395	2,60	2	
Hortaleza 16	Pterocarya alba	1217	2,31	3	
Hortaleza 16	Aesculus hippocastanum	1212	2,26	1	
Hortaleza 16	Ulmus minor	1204	2,25	3	
Hortaleza 16	Melia azedarach	1142	2,13	1	
Hortaleza 16	Otros	23259	43,42		
	Total	59597			
Villaverde 17	Ulmus pumilus	5176	13,50	3	
Villaverde 17	Celtis australis	3334	8,22	2	
Villaverde 17	Platanus x hy	3033	7,48	3	
Villaverde 17	Ligustrum laevigatum	2356	5,81	2	
Villaverde 17	Pinus pinea	2005	4,94	2	
Villaverde 17	Melia azedarach	1809	4,46	1	
Villaverde 17	Pinus halepensis	1754	4,32	2	
Villaverde 17	Robinia pseudo	1741	4,29	1	
Villaverde 17	Prunus cerasifera	1688	4,16	1	
Villaverde 17	Aesculus hippocastanum	1609	3,97	1	
Villaverde 17	Acer negundo	1359	3,10	2	
Villaverde 17	Catalpa bignonioides	1105	2,72	1	
Villaverde 17	Otros	13403	33,03		
	Total	40294			
Villa de Val 18	Platanus x hy	5187	14,30	3	
Villa de Val 18	Pinus halepensis	2777	7,85	2	
Villa de Val 18	Celtis australis	2627	7,24	2	
Villa de Val 18	Acer negundo	2280	6,23	2	
Villa de Val 18	Robinia pseudo	1893	5,23	1	
Villa de Val 18	Ulmus pumilus	1892	5,21	3	
Villa de Val 18	Cupressus sen	1225	3,38	3	
Villa de Val 18	Aesculus hippocastanum	1083	2,99	1	
Villa de Val 18	Prunus cerasifera	1060	2,92	1	
Villa de Val 18	Melia azedarach	882	2,31	1	
Villa de Val 18	Otros	15295	42,16		
	Total	36281			
Vicálvaro 19	Ligustrum laevigatum	1993	7,41	2	
Vicálvaro 19	Celtis australis	1836	6,85	2	
Vicálvaro 19	Platanus x hy	1825	6,81	3	
Vicálvaro 19	Platanus acerifolia	1799	6,60	3	
Vicálvaro 19	Robinia pseudo	1461	5,45	1	
Vicálvaro 19	Pinus pinea	1458	5,44	2	
Vicálvaro 19	Sophora laevis	1437	5,36	1	
Vicálvaro 19	Aesculus hippocastanum	1262	4,71	1	
Vicálvaro 19	Ulmus pumilus	1233	4,60	3	
Vicálvaro 19	Acer negundo	1114	4,15	2	
Vicálvaro 19	Otros	11250	42,61		
	Total	26814			
San Blas - C/20	Platanus x hy	7099	18,20	3	
San Blas - C/20	Pinus pinea	2968	7,45	2	
San Blas - C/20	Celtis australis	2106	5,43	2	
San Blas - C/20	Sin especie	1997	5,14		
San Blas - C/20	Acer negundo	1894	4,88	2	
San Blas - C/20	Robinia pseudo	1832	4,72	1	
San Blas - C/20	Pinus halepensis	1650	4,25	2	
San Blas - C/20	Aesculus hippocastanum	1393	3,59	1	
San Blas - C/20	Ulmus sp	1162	2,99	3	
San Blas - C/20	Ulmus pumilus	1109	2,86	3	
San Blas - C/20	Prunus cerasifera	870	2,24	1	
San Blas - C/20	Otros	14735	37,96		
	Total	38815			
Barajas 21	Platanus x hy	3026	18,63	3	
Barajas 21	Sophora laevis	3115	19,53	1	
Barajas 21	Celtis australis	807	4,97	2	
Barajas 21	Ligustrum laevigatum	711	4,38	2	
Barajas 21	Catalpa bignonioides	710	4,37	1	
Barajas 21	Robinia pseudo	672	4,14	1	
Barajas 21	Prunus cerasifera	540	3,32	1	
Barajas 21	Melia azedarach	535	3,29	1	
Barajas 21	Pinus pinea	511	3,15	2	
Barajas 21	Pinus halepensis	462	2,84	2	
Barajas 21	Acer negundo	397	2,44	2	
Barajas 21	Ulmus pumilus	357	2,20	3	
Barajas 21	Otros	6602	40,64		
	Total	16245			
TOTAL:		64881			

tramos inf	
baja	0
media baja	12450
media alta	15930
alta	20200

renta
nífios

<https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/EI Ayuntamiento/EI Estadística/Áreas de Información Estadística/Economía/Renta/Urban/Aud/EI Ygentfmi-default&gnextoid=6640393c7ee41710vgvCM200000144900aCRD&gnextchannel=FR636360484210vgvCM2000000205aCRD>

HORTALEZA HORTALEZA
Renta 2017/6 Poblacion 20 años % nifios 0-15 años frespecto m Renta 2017/6
18620 19124 19,76% 34130,4224 0,07321057 18620

Muy alta	3,8
Alta	15,9
Moderada	21,1
Baja	15,8

VILLAVERDE VILLAVERDE
Renta 2017/6 Poblacion 20 años % nifios 0-15 años frespecto m Renta 2017/6
9875 154,321 16,53% 25,1846976 5,4022E-05 9875

Muy alta	0,0
Alta	21,0
Moderada	26,4
Baja	19,6

VILA DE VALLECAS VILA DE VALLECAS
Renta 2017/6 Poblacion 20 años % nifios 0-15 años frespecto m Renta 2017/6
3214 14451 19,52% 2184,436 0,0467977 3214

Muy alta	3,4
Alta	19,5
Moderada	21,1
Baja	13,8

VICALVARO VICALVARO
Renta 2017/6 Poblacion 20 años % nifios 0-15 años frespecto m Renta 2017/6
11941 7404 19,79% 13121,252 0,0285747 11941

Muy alta	0,0
Alta	18,0
Moderada	23,9
Baja	15,5

SAN BLAS - CANILLEJAS SAN BLAS - CANILLEJAS
Renta 2017/6 Poblacion 20 años % nifios 0-15 años frespecto m Renta 2017/6
13559 18122 19,1% 24183,1 0,05187376 13559

Muy alta	0,0
Alta	24,1
Moderada	22,2
Baja	10,6

BARAJAS BARAJAS
Renta 2017/6 Poblacion 20 años % nifios 0-15 años frespecto m Renta 2017/6
17807 9000 16,08% 9041,808 0,01939489 17807

Muy alta	0,0
Alta	20,8
Moderada	17,8
Baja	20,8

TOTAL TOTAL
Renta 2017/6 Poblacion 20 años % nifios 0-15 años frespecto m Renta 2017/6
15930 3334730 13,98 466195,254 13,98 15930