

VALORACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LOS ÁRBOLES EN LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

APLICACIÓN SOBRE EL MUNICIPIO DE SANT CUGAT DEL VALLÈS

Jordi Sanahuja Velasco



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA
MÁSTER EN ARQUITECTURA ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE
Tutores: Jaume Avellaneda Grande y Francesc Navés Viñas
Barcelona Septiembre 2013

Agradecimientos:

Joana Astals

Jaume Avellaneda Díaz-Grande

Dolors Feu

Francesc Navés Viñas

Lluís Ruf Martí

Índice

1. Resumen.....	1
2. Introducción histórica.....	3
2.1. El urbanismo y la jardinería: los orígenes del espacio verde urbano.....	4
2.2. La Revolución Industrial: la creación de un nuevo modelo de ciudad.....	4
2.3. Ciudad compacta / ciudad dispersa.....	5
2.4. La aparición de un urbanismo sostenible y el modelo de espacio verde urbano actual.....	6
3. El árbol en el verde urbano.....	9
3.1. El árbol como estructura del verde urbano.....	9
3.2. Funciones de los árboles urbanos: Beneficios y problemas.....	11
4. Aspectos de estudio.....	13
4.1. Efectos sobre el Cambio climático: absorción y secuestro de CO ₂	16
4.1.1. El cambio climático: descripción y origen del fenómeno.....	16
4.1.2. El efecto invernadero.....	18
4.1.3. Los sumideros de CO ₂	19
4.1.4. La árboles en los espacios verdes: sumideros de CO ₂ urbanos.....	20
4.1.5. Metodología utilizada	23
4.2. Efectos sobre la calidad del aire: reducción de la contaminación.....	24
4.2.1. La contaminación atmosférica: descripción y origen del fenómeno.....	24
4.2.2. Composición y fuentes de la contaminación atmosférica.....	25
4.2.3. Consecuencias de la contaminación atmosférica.....	27
Efectos sobre la salud de las personas	
Efectos sobre el medioambiente	
4.2.4 Los árboles en los espacios verdes: mecanismo contra la contaminación urbana.....	28
4.2.5 Metodología utilizada.....	32
4.3. Efectos sobre la salud: alergias.....	35
4.3.1. Alergias al polen: la polinosis.....	35
4.3.2. Causas y agravantes de la polinosis en entornos urbanos.....	36
4.3.3 Metodología utilizada.....	39
5. Caso de estudio: valoración paramétrica de los árboles de los espacios verdes de Sant Cugat del Vallès.....	41
5.1 Descripción del municipio.....	42
5.1.1 Geografía.....	42
5.1.2 Clima.....	43

5.1.3. Desarrollo urbano del municipio.....	43
5.1.4 Espacios verdes del municipio.....	45
El espacio verde natural.....	46
El espacio verde privado.....	47
El espacio verde urbano.....	47
5.2 Selección de parques y jardines de estudio.....	52
5.2.1. Parque de Can Ganxet.....	51
5.2.2. Parque del Turó de Can Mates.....	52
5.2.3. Parque Central.....	53
5.2.4. Parque de Can Vernet.....	54
5.2.5. Jardines del Monasterio.....	55
5.2.6. Parque de Ramon Barnils.....	56
5.3 Estudio medioambiental de los parques seleccionados y sus especies arbóreas.....	57
5.3.1. Valoración de las especies, parques y sistema según secuestro y almacenamiento de CO ₂	59
5.3.2. Valoración de las especies, parques y sistema según su contribución a la calidad del aire.....	64
5.3.3. Valoración de las especies, parques y sistema según su impacto alergénico.....	70
6. Conclusiones.....	79
7. Perspectivas.....	83
ANEXO 1.....	85
ANEXO 2.....	89
ANEXO 3.....	103
Bibliografía.....	113

1. Resumen

Este trabajo plantea una reflexión sobre la presencia de vegetación en nuestras ciudades, especialmente la introducida por el hombre, aquella que usamos como material de construcción del ecosistema urbano. Desde las últimas décadas del siglo XX se han ido desarrollando trabajos que han puesto de manifiesto las capacidades de los elementos vegetales, especialmente de los árboles, para ayudar a combatir los problemas asociados con el medio urbano, tanto a nivel local como global.

Ante este nuevo paradigma los profesionales y administraciones encargados del diseño y gestión de los espacios verdes urbanos, pueden empezar a usar la vegetación como un instrumento al que se le pueden plantear requerimientos y exigencias como material de construcción sensible y con altas prestaciones.

El estudio parte de esta hipótesis, recopilando y analizando las aportaciones medioambientales de los árboles urbanos demostradas y discutidas en estudios previos. Ante los diferentes beneficios e inconvenientes que se plantean, el estudio se centra sobre los aspectos relacionados con las problemáticas del calentamiento global, calidad del aire e impactos sobre la salud humana.

El estudio desarrolla una valoración y comparación cualitativa, basada en información presente en la literatura y fuentes consultadas, tomando como objeto de éste estudio, los árboles presentes en los distintos parques representativos del municipio catalán de Sant Cugat del Vallès. Esta valoración paramétrica permitirá obtener unos grados de elegibilidad de la vegetación según los requerimientos de reducción de CO₂, mejora de la calidad del aire, y de su grado de impacto alérgico. A la vez, se obtendrá información sobre la respuesta individual y global de los parques seleccionados para el estudio, frente los aspectos analizados.

Como reflexión final, y tomando la vegetación como un material de construcción, se plantea un estudio comparativo del impacto ambiental de los sistemas vegetales frente a los inertes, presentes en el espacio público urbano.

2. Introducción histórica

Actualmente la presencia de vegetación en las ciudades es una realidad profundamente aceptada, ya sea en forma de espacios naturales, parques y jardines públicos, o en el mismo verde privado. La presencia de vegetación en la ciudad tiene connotaciones generalmente positivas, se relaciona con la calidad de vida, la salud, el ocio, etc. Podemos afirmar a día de hoy que la etiqueta de “ciudad verde” vende, y las dudas y visiones negativas respecto a la contribución de la vegetación a la vida urbana son muy escasas. No obstante la relación entre los núcleos habitados y la vegetación no ha sido siempre tan directa; en tiempos pasados, el urbanismo y la jardinería habían seguido caminos distintos. Por un lado, la vegetación en su estado natural resultaba amenazante, mientras que la que era introducida por el ser humano tenía usos puramente relacionados con la subsistencia (agricultura) o quedaba relegada a élites que la disfrutaban en el ámbito privado con funciones principalmente estéticas. En todo caso, la introducción de la vegetación en los núcleos urbanos, y el reconocimiento de sus aportaciones al ámbito público, aparecieron en un momento ya avanzado del desarrollo urbano.

Para comprender el momento actual, en el cual nos dirigimos hacia un urbanismo sostenible y nos planteamos mejorar el vínculo entre ciudad y naturaleza, así como entre material inerte y material vivo y sensible; o entre lo preexistente y lo añadido; es necesario regresar a los inicios de las disciplinas del Urbanismo y la Jardinería. Es en el momento en el cual estas dos disciplinas se cruzan, cuando nace el concepto de espacio verde urbano, y cuando se empieza a construir un modelo de ciudad más amable y sana; un modelo a través del cual el buen manejo del mundo natural plantea soluciones a los problemas del mundo humano.

No obstante, el buen manejo de toda disciplina requiere un buen conocimiento de ésta, ya que en caso contrario la simbiosis fracasa y lo que puede ser un elixir para las problemáticas de la ciudad se puede convertir en una nueva patología, un agravante de los problemas de salud urbana.

2.1. El urbanismo y la jardinería: los orígenes del espacio verde urbano

Puede afirmarse que el urbanismo conoce su origen en el creciente fértil durante el Neolítico dónde se produce un cambio de la vida nómada al modelo sedentario y se empiezan a usar la agricultura y la ganadería como bases para la subsistencia. Este cambio de paradigma une por primera vez el ser humano a una tierra y propicia la aparición de los primeros asentamientos urbanos y del concepto de comunidad.

La evolución de los espacios públicos exteriores experimenta un desarrollo hasta alcanzar el “Agora”, un espacio destinado al comercio, a la cultura y a la política de la antigua Grecia. Posteriormente, las ciudades romanas presentan los primeros esquemas de organización de espacios públicos des de un punto de vista urbanístico, incluyendo el “fórum”, análogo al “ágora” griego. Después de la caída del imperio romano se diluye este concepto de espacio público urbano, y nos es hatsa bien entrada la baja edad media con sus *burgos*, donde una gran plaza central alojaba la actividad mercantil. Estas estructuras urbanas fueron el origen de muchas ciudades europeas actuales.

Paralelamente al urbanismo, tenemos la jardinería, que tiene su origen en el desarrollo de los primeros asentamientos mesopotámicos, donde se inició el uso de la vegetación más allá de su producción y consumo. En palabras de A. Falcón, *“si bien el motivo por el que se crearon fue, posiblemente, la delimitación de un espacio para cultivar alimentos y plantas “funcionales”, pronto se convirtieron en un lugar de reposo y adoptaron un fuerte componente estético”*¹.

A pesar de conocer y utilizar las propiedades de los espacios vegetales para incrementar el confort, la evolución del jardín al largo de la historia ha tenido un carácter más artístico, simbólico y estético que social o ambiental, y muy a menudo ha estado más presente en espacios privados que en la vida en comunidad. Pero no es hasta bien entrado el siglo XVIII, con la Revolución Francesa, que los jardines de los palacios y residencias se abren al público plebeyo. Este es el momento en el que la Jardinería y el Urbanismo empiezan a trabajar conjuntamente para desarrollar lo que ya se puede denominar espacio verde público²; un espacio que ya no es elitista, sino que está pensado para el disfrute de los habitantes de la ciudad.

2.2. La Revolución Industrial: la creación de un nuevo modelo de ciudad

Practicamente en el mismo momento en que en Francia se da la Revolución 1789, en Inglaterra se empieza lo que será la Revolución Industrial, que posteriormente se extenderá a otros países y regiones europeas como es el caso de Catalunya. La revolución Industrial representó un cambio de modelo económico y un replanteamiento del modelo de ciudad y de sus espacios verdes. La agricultura y la ganadería dejan paso a la industria y esto provoca un éxodo de la población del campo hacia las ciudades, densificándolas y aumentando los niveles de insalubridad. A raíz de esta baja calidad del medio urbano la

¹ FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili.

² FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007.

salud de las personas y la productividad de la sociedad entra en riesgo. Como respuesta a esta situación, en el siglo XIX se realizan numerosos ensanches en las ciudades europeas. Algunos de los casos mas conocidos son el de París, diseñado por Georges-Eugène Haussmann y Adolphe Alphand, el de Viena diseñado por Otto Wagner, o el de Barcelona y el ensanche de Ildefons Cerdà.

Inglaterra, la cuna de la industrialización fue la primera que introdujo los parques urbanos en el desarrollo de sus ciudades (a mediados del siglo XIX Londres contaba ya con una gran cantidad de parques: St. James Park, Hyde Park, Kensington Park, Victoria Park)³. Otras ciudades europeas, aprovechando las reformas de su espacio publico, siguieron el modelo inglés. Un ejemplo de estas intervenciones es el “Parc de la Ciutadella” (Barcelona 1872).

Con estas ampliaciones y remodelaciones urbanas nos acercamos al concepto actual de sistema de espacios verdes urbanos, introduciendo amplias avenidas arboladas y parques; un esponjamiento natural de la densa e insalubre ciudad industrial. Estos espacios dotaron la ciudad de una mayor edificabilidad, calidad del aire, higiene urbana y espacios de recreación y desarrollo de la vida colectiva.

Siguiendo esta línea llegamos a finales del siglo XIX al concepto de ciudad jardín contemplada como un paraíso verde. En palabras de uno de sus máximos exponentes Ebenezer Howard, *“la ciudad y el campo deben esposarse, y de esta feliz unión surgirá una nueva esperanza, una nueva vida, una nueva civilización”*⁴. El mismo Le Corbusier también pronunció *“Hoy es vital para el hombre reencontrar la doble amistad perdida del azul del cielo y el verde del árbol”*⁵.

2.3. Ciudad compacta / ciudad dispersa

La evolución del modelo de “ciudad jardín”, así como el uso del automóvil, provocan a lo largo del siglo XX la proliferación de un modelo de ciudad dispersa, especialmente en Estados Unidos. Ésta se basa en la desdensificación de los núcleos urbanos, organizándose de forma muy extensiva por el territorio lo que provoca un mayor consumo de suelo y un gran impacto sobre el medio natural y agrícola. La difusión del modelo de chalet aislado con jardín privado substituye al verde público y natural. Esta privatización del espacio libre, sumado a las grandes distancias debidas a la dilución del núcleo urbano, reducen las posibilidades de sociabilización y la posibilidad de desplazarse de forma peatonal y segura. Se disgregan los usos urbanos y se reduce su interacción promoviendo un modelo segmentado y bidimensional de la ciudad. La construcción masiva de carreteras, el uso obligado del coche y la invasión de territorios naturales y rurales nos devuelven a un modelo de ciudad insostenible⁶, de características radicalmente opuestas a la de las sociedades industriales, pero con un impacto global mayor.

Por otro lado, la ciudad compacta tradicional europea, especialmente la mediterránea, a pesar de los problemas asociados a su alta densidad urbana es considerado hoy en día un modelo de ciudad sostenible

³ FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

⁴ Citano en: CAPEL, H.: *La morfología de las ciudades* Vol. 1: Sociedad, cultura y paisaje urbano. Ed. del Serbal. Barcelona. 2002

⁵ Citado en: GÓMEZ LOPERA, F.: *Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades*. Ciudad y territorio estudio territoriales, XXXVII(144) 2005

⁶ MOLINÍ, F., SALGADO, M.: *los impactos ambientales de la ciudad de baja densidad en relación con los de la ciudad compacta*. Universidad de Barcelona ISSN: 1138-9796. Depósito Legal: B. 21.742-98 Vol. XVII, nº 958. Barcelona. 2012

con un impacto global mucho menor que el de los desarrollos difusos. La alta densidad promueve las relaciones sociales, así como la mezcla y las interacciones entre los diferentes usos. Esto consigue acortar las distancias, favoreciendo así el predominio del peatón y del uso del transporte público, y reduciendo las emisiones globales de contaminación generadas por el tráfico. El modelo de ciudad compacta también permite un ahorro de energía por parte de los edificios de viviendas, en su mayoría plurifamiliares, minimizando también las emisiones de contaminantes asociadas. El consumo de territorio también es mucho menor, dejando espacio a actividades agrícolas y a medios naturales.

El debate sobre la ciudad compacta y la ciudad difusa se inclina mayoritariamente a favor de la primera. Esta muestra un mejor funcionamiento a nivel de consumo de suelo, agua, energía, mantenimiento, transporte, y genera menos contaminación y un menor impacto al cambio climático⁷. No obstante la lucha de la ciudad compacta sigue siendo el esponjamiento y la introducción de espacios verdes naturales que consigan dar equilibrio y salubridad al ecosistema urbano, así como ofrecer la posibilidad de contacto con la naturaleza. El tratamiento del escaso espacio libre debe dotarlo de calidad y convertirlo en el pulmón de la ciudad, a la vez que contribuye a la enérgica vida pública y la interacción social tan típica de las ciudades mediterráneas.

2.4. La aparición de un urbanismo sostenible y el modelo de espacio verde urbano actual

Lejos queda aquella época en la que parecía inconcebible que el ser humano pudiera interferir en los procesos que mantienen el equilibrio de la tierra. En 1950s William Vogt ya sugirió que los seres humanos estábamos alterando los procesos ecológicos globales con el tipo de desarrollo que estaban experimentando nuestras sociedades⁸.

Considerando esta situación, se puede comprender que la segunda mitad del siglo XX haya presenciado el nacimiento de la sostenibilidad y la ecología, o en el caso que nos atañe, de la sostenibilidad y ecología urbanas. Estas disciplinas estudian estrategias para adaptar, organizar y gestionar el desarrollo urbano y para equilibrar la salud de la ciudad y el respeto a los ecosistemas. Con tal de fomentar un desarrollo sostenible⁹ que preserve el patrimonio natural y los recursos, mejorando la calidad de vida en las núcleos urbanos, se desarrollan diferentes iniciativas. Entre éstas destaca el programa “el Hombre y la Biosfera” de la UNESCO, que marca con un carácter interdisciplinar las pautas hacia la sostenibilidad global. Algunas de las cumbres y tratados promovidos por este programa a nivel internacional son:

- Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro (1992)
- Carta de Aalborg (1994)
- Protocolo de Kioto (1997)
- Cumbre de Johannesburgo (2002)
- Cumbre de Bali (2007)

⁷ MOLINÍ, F., SALGADO, M.: *los impactos ambientales de la ciudad de baja densidad en relación con los de la ciudad compacta*. Universidad de Barcelona ISSN: 1138-9796. Depósito Legal: B. 21.742-98 Vol. XVII, nº 958. Barcelona. 2012

⁸ VOGT, W.: *Road to survival*. William Sloane Associates. New York. 1948

⁹ United Nations. World Commission on Environment and Development: *Our Common Future*. Oxford University Press. Nueva York. 1987

Integrado en este mismo programa está el campo de acción 11, centrado en la ecología urbana. Entre los temas tratados están los espacios verdes urbanos, considerados como elemento fundamental de equilibrio ecológico y social¹⁰. En el marco de este programa se han realizado congresos de carácter más local sobre el diseño y gestión del verde urbano.

- Uso, tratamiento y gestión del verde urbano. Barcelona 1988.
- Congresos sobre jardinería diferenciada. Rennes (1993). Estrasburgo (1994).

Estas iniciativas plantean un punto de inflexión en el enfoque del diseño de espacios verdes urbanos, haciendo hincapié en los aspectos medioambientales. La gestión de los recursos como el agua, el suelo o la misma biosfera añade dimensiones extra a la cuestión, acentuando la necesidad de seguir desarrollando nuevas iniciativas y promoviendo la investigación. Se establece la búsqueda de una buena comunión entre el mundo natural y el urbano, de tal manera que podamos disfrutar de las aportaciones de la biosfera a la vez que se protege. La vegetación urbana está mostrando, desde la industrialización, efectos mitigantes sobre los problemas que genera la actividad humana en las ciudades. Por esta razón, es preciso conocer a fondo las dinámicas del mundo vegetal, para poderlas usar como herramientas para preservar la salud de ambos ecosistemas, el natural y el urbano.

¹⁰ FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

3. El árbol en el verde urbano

3.1. El árbol como estructura del verde urbano

El verde urbano está compuesto de diferentes categorías vegetales según sus características morfológicas y tamaño, como se puede ver en la Fig.1. Ante la creciente necesidad de disponer de espacios verdes urbanos eficientes, adaptados a cada clima, zona geográfica y caso concreto, una nueva necesidad emerge; el estudio del elemento singular de vegetación y sus características. El conocimiento de cada una de las tipologías vegetales se hace necesaria para un buen diseño de estos espacios. No obstante, este estudio se centrará en los árboles, ya que tienen un papel fundamental en la estructura, organización y definición de los sistemas verdes. El árbol también es la tipología con mayor influencia en aspectos medioambientales, económicos, sociales, etc.¹¹; siendo a su vez también la más estudiada, y por tanto, de la que existe más información.

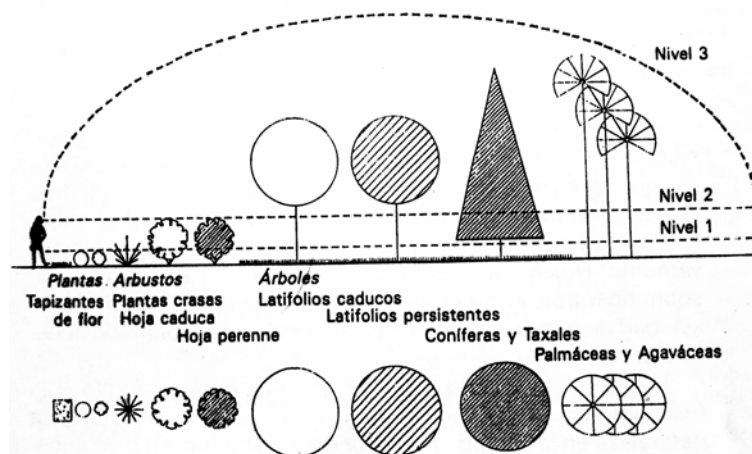


Fig.1 Ficha de niveles de ajardinamiento (Fuente: NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995)

¹¹FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

En la cultura anglosajona, la cuna del paisajismo, y también en centroeuropa existe una gran variedad de trabajos sobre el árbol, que permiten una mejor selección de las especies a utilizar. No obstante, en el mundo mediterráneo aún escasea la bibliografía que permita un mejor conocimiento de estos elementos vegetales, así como los estudios sobre los impactos y beneficios que éstos tienen sobre el medio urbano.

A nivel de bibliografía descriptiva sobre los árboles, convendría destacar el libro “Deodendron”¹², de Rafael Chanes, que ofrece un amplio catálogo de especies para el uso del proyectista de parques y jardines, con una clara visión arquitectónica y paisajística. Esta obra define las principales características físicas de las diferentes especies (color, forma, tamaño, flores, frutos, corteza, etc.) y da otras información sobre su hábitat, exigencias, tipo de crecimiento y sombra. Más reciente es el libro de Francesc Navés “El árbol en jardinería y paisajismo”¹³. Este trabajo llega a un nivel superior de descripción y clasificación parametrizada de las especies; ofreciendo tablas de descripción, tablas de resistencia, mantenimiento y comercialización y tablas para su aplicación en paisajismo y jardinería.

Encontramos árboles en diferentes espacios del medio urbano: parques, calles, paseos, vías verdes, jardines públicos, privados, etc. Entre todos estos árboles urbanos, el estudio se centra en los que están presentes en los parques. Éstos, son elementos esenciales para el medio urbano, ya que por su tamaño y morfología se comportan como pulmones verdes y reservas de biosfera en la ciudad. Los parques cumplen funciones medioambientales, sociales, culturales, recreativas e identitarias, interviniendo en múltiples sinergias urbanas.

En los parques urbanos podemos encontrar tres tipologías de árboles diferentes, según su función, relación con los espacio construido y necesidad de mantenimiento.

Árboles en espacio abierto: disponen de una mayor flexibilidad a la hora de colonizar el espacio, así como en la forma de crecimiento. Requieren poco control y mantenimiento. Se acostumbran a organizar en grupos creando subespacios con características ambientales diferentes. Estos árboles se implantan a menudo en suelos más naturales y permeables, capaces de filtrar el agua de la lluvia y crear micro ecosistemas con cierto nivel de biodiversidad. Las necesidades de inventariado son también mínimas ya que a menudo se consideran como una sola masa vegetal.

Árboles vinculados a paseos y recorridos: tienen más limitaciones que los del grupo anterior, ya que tienen que respetar el recorrido al que dan apoyo y a estar sometidos a un crecimiento controlado. Requieren un mantenimiento e inventariado más exigente que los presentes en espacio abierto, ya que definen un espacio de uso habitual. Tienen una relación más directa con el ciudadano, lo cual debe ser un factor determinante para su selección.

Árboles próximos o vinculados a equipamientos: cerca de edificios o equipamientos están sometidos a las posibles límites impuestos por la edificación y urbanización. Los trabajos de mantenimiento dependerán, sobretudo, de su relación con el área urbanizada o edificada. Su necesidad de inventariado es reducida debido a sus pocos requerimientos funcionales.

¹² CHANES, R.: *Deodendron, árboles y arbustos de jardín en clima templado*. Ed. Blume. Barcelona. 1969

¹³ NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995.

Árboles vinculados a viales: situados en los bordes del parque son parte fundamental de la sección de la calle, aportan múltiples beneficios tanto al viario como a la edificación. Los trabajos de mantenimiento son elevados debido a la limitación espacial, a los posibles daños que puedan recibir debidos al tráfico, a las molestias que puedan ocasionar a viandantes y residentes, así como a su relación con su entorno construido. Deben estar estrictamente inventariados ya que forman parte activa del tejido urbano y su funcionamiento.

3.2. Funciones de los árboles urbanos: Beneficios y problemas

A medida que el conocimiento sobre la materia va aumentando surgen nuevos estudios que reflexionan y estudian aspectos y funciones más específicos de la vegetación, y el impacto que esta tiene en el medio urbano. El trabajo “A Systematic Quantitative Review of Urban Tree Benefits, Costs, and Assessment Methods Across Cities in Diferent Climatic Zones”¹⁴, realizado en la Griffith School of Environment en Brisbane en Australia, es un buen recorrido po el estado del arte de la materia. A través de la revisión de 115 trabajos sobre árboles urbanos se desarrolla una clasificación de todas los servicios y costes de la vegetación que han sido o bien demostrados o discutidos. A continuación se muestra un resumen de los aspectos más relevantes presentes en esta clasificación, que junto otros otras referencias, servirán como base para los aspectos desarrollados en el presente estudio.

¹⁴ ROY, S., BYRNE, J., PICKERING, C.: *A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods acorss cities in different climatic zones*. Elsevier. 2012

Beneficios	Problemas y costes
Sociales - Mejora de la calidad de vida urbana. - Relación ciudad y naturaleza, potenciación de una conciencia y ética medioambientales. - Mejora de características de espacios libres urbanos - Refuerzo del sentimiento de comunidad e identidad. Económicos - Aumento del valor y mejora de las condiciones de compra o alquiler del suelo y las construcciones. - Incremento del turismo. - Aumento de la actividad empresarial y la actividad económica de la ciudad. - Recuperación de inversiones municipales. - Reducción de gastos en temas medioambientales (contaminación, recogida de aguas pluviales...). - Reducción del gasto energético (climatización, electricidad...). Salud - Reducción los periodos de recuperación hospitalaria. - Prevención de muertes prematuras. - Mejora de la salud física y psicológica (aflicciones respiratorias, estrés...). Visuales y estéticos - Aportes de dinamismo, identidad y calidad escénica a la ciudad - Aporte de privacidad. Ecosistema urbano - Reducción del CO2 atmosférico. - Mejora de la calidad del aire (reducción de contaminantes y polvo). - Gestión de escorrentías pluviales. - Reducción del uso de energía en núcleos urbanos. - Beneficios a la biosfera aportando diversidad y estabilidad a los ecosistemas naturales urbanos. - Reducción de la contaminación acústica. - Reducción de la radiación solar y temperaturas. - Reducción del efecto isla de calor. - Control del viento.	Sociales - Creación de miedos varios entre la población (crimen, enfermedades, insectos). Económicos - Coste de plantación mantenimiento, gestión y posibles reparaciones. Salud - Aumento de la polinosis entre la población - Ataques de insectos y otros animales. Visuales y estéticos - Oscuridad. - Desorden y suciedad (frutos, flores, ramas, hojas) - Bloqueo de vistas. Ecosistema urbano - Consumo de agua y energía de mantenimiento. - Emisión de CO2 por mantenimiento. - Generación de compuestos orgánicos volátiles (COV). - Invasividad. - Reducción de la radiación solar. - Potencial destructivo de las raíces. - Problemas de drenaje. - Accidentes por colapso.

Tabla1 Beneficios, problemas y costes de los árboles urbanos. Fuente: producción propia (basada en la información del trabajo ROY, S., BYRNE, J., PICKERING, C.: *A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones*. Elsevier. Brisbane. 2012)

4. Aspectos de estudio

El interés de este trabajo se centra sobre los aspectos medioambientales, incluyendo los relativos al ecosistema urbano y a la salud de las personas. Se ha desestimado el análisis de algunos aspectos incluidos en estos grupos por sus problemas de compatibilidad con el estudio, basado en la valoración de los árboles de los parques. A continuación se describirán algunos de los aspectos que a pesar de no haber sido analizados son de especial importancia.

Beneficios microclimáticos:

La vegetación ayuda a reducir los problemas del microclima urbano producidos por su estructura y materialidad. Los materiales del medio urbano son en su mayoría inertes, lisos y impermeables; lo que propicia que absorban y multipliquen la radiación solar¹⁵; fenómeno que sumado a la contaminación de las ciudades contribuye al efecto isla de calor. Los árboles y la otra vegetación ayudan a equilibrar las temperaturas y la humedad, reduciendo el carácter extremo del microclima urbano. Los árboles urbanos, en especial, interceptan la radiación solar y evitan que los pavimentos y otras superficies de la ciudad la absorban. Por otro lado, todos los tipos de vegetación humidifican el ambiente y reducen las temperaturas del aire mediante la evapotranspiración. “Una calle con vegetación con arboles de tamaño regular y otra sin puede variar de 2-4°C”¹⁶. La vegetación también puede filtrar, reducir y redirigir las corrientes de aire, lo que también es un aspecto de interés para el medio urbano¹⁷. No obstante, se considera que este aspecto es especialmente interesante en el estudio del arbolado viario o las plazas de los cascos antiguos, donde realmente existe esta estructura y materialidad que puede beneficiarse de estas aportaciones.

¹⁵FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

¹⁶FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

¹⁷OCHOA DE LA TORRE, J.M.: *La vegetación como instrumento para el control microclimático*. Tesis Doctoral. Barcelona 1999.

Ahorro energético y reducción de emisiones:

La vegetación urbana próxima a los edificios puede beneficiar, especialmente por su capacidad de generar sombra, su comportamiento bioclimático. Gracias a esto el gasto energético y sus emisiones asociadas se pueden ver reducidas de forma importante¹⁸. Sin embargo, la vegetación de los parques queda demasiado desvinculada de las edificaciones como para valorar este aspecto.

Gestión de escorrentías pluviales:

Los jardines, parques y hasta el arbolado viario son puntos de mayor permeabilidad de la ciudad. Las hojas y las ramas interceptan y almacenan el agua de la lluvia reduciendo el volumen de agua que acaba en suelo urbano y que debe ser evacuada por el sistema de alcantarillado. Las raíces de la vegetación, especialmente de los árboles, también ayudan a esponjar el suelo haciendo que admita una mayor tasa de infiltración de agua, reduciendo la cantidad de agua en superficie. Gracias a esto, se reduce el riesgo de inundaciones y de transporte de contaminantes; también se evita saturar el sistema de alcantarillado y se previene la erosión de los suelos¹⁹. Este aspecto requiere el estudio de todos los elementos y superficies naturales del medio urbano, por lo que se sale del marco de estudio.

El estudio se ha centrado finalmente en dos beneficios y dos problemas, los cuales presentan una mayor viabilidad para hacer una valoración cualitativa de las especies arbóreas de los espacios verdes urbanos. Estos aspectos son también los que tienen un impacto más directo sobre el bienestar y la salud de la población de las ciudades y a su vez alcanzan una escala más global.

- **BENEFICIOS** FRENTE EL CAMBIO CLIMÁTICO: ABSORCIÓN Y SECUESTRO DE CO₂
- **BENEFICIOS** PARA LA CALIDAD DEL AIRE: REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN
- **PROBLEMAS** PARA LA SALUD: ALERGIAS
- **PROBLEMAS** PARA LA CALIDAD DEL AIRE: GENERACIÓN DE COV (COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES)

Estos puntos serán tratados por separado en los posteriores capítulos, englobando los beneficios y problemas para la calidad del aire en uno solo, ya que pertenecen al mismo aspecto medioambiental. Para poder tratar todos los aspectos de forma igualitaria los beneficios y problemas pasarán a denominarse simplemente “efectos”. Los aspectos de impacto ambiental mostrados a continuación en la Fig. 2 no serán incluidos en el estudio, pero serán tratados de forma independiente en el ANEXO 3.

Para el análisis de las especies arbóreas frente el calentamiento global y calidad del aire ha sido de gran importancia el modelo informático UFORE²⁰ sobre los efectos del bosque urbano. Este modelo fue desarrollado durante la última década del siglo XX por científicos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA²¹) (Nowak, D. y col.) en colaboración con la Universidad estatal de Nueva York (SUNY²²); siguiendo a los primeros estudios sobre el ecosistema urbano en Oakland, Chicago y otras

¹⁸ McPHERSON, E.G., ROWNTREE, R.A.: Energy conservation potential of urban tree planting. Journal of Arboriculture 19(6). 1993.

¹⁹ MILLWARD, A.A. y SABIR, S.: *Benefits of a forested urban park: What is the value of Allan Gardens to the city of Toronto, Canada*. Elsevier 2010.

²⁰ NOWAK D.J., CRANE D.E.: *The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Quantifying Urban Forest Structure and Functions*. USDA Forest Service, Northeastern Research Station. Boise. 1998

²¹ por sus siglas en inglés

²² Por sus siglas en inglés

ciudades estadounidenses²³. El modelo UFORE utiliza diferentes bases de datos para la obtención de información meteorológica, de calidad del aire, vegetación, etc.; para cuantificar la estructura forestal y sus efectos sobre el medio en diferentes regiones, especialmente ciudades de Estados Unidos. Para el presente estudio se utilizará la utilidad i-tree Species²⁴, perteneciente al mismo modelo, y que permite una valoración paramétrica de las diferentes especies de árboles según aspectos ambientales como la reducción del CO₂ atmosférico, extracción de contaminación, impacto alérgico, reducción de temperaturas, etc.

Para la valoración del impacto alérgico se ha utilizado el libro de Thomas Leo Ogren “Allergy-Free Gardening, The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping” en el que se especifica el potencial alérgico de las diferentes especies vegetales para todos los climas. Otro trabajo a destacar es el libro de Francesc Navés Viñas “El árbol en jardinería y paisajismo²⁵” para la identificación y descripción de especies, sus hábitats, sus exigencias y aplicaciones. El resto de trabajos citados en el transcurso del estudio no han sido utilizadas en el ámbito metodológico, pero aportan información de referencia y apoyo para las hipótesis planteadas en la fig.2. Una explicación más detallada sobre la metodología utilizada para cada uno de los aspectos se realizará al final del correspondiente capítulo.

²³ NOWAK D.J., CRANE D.E.: *The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Quantifying Urban Forest Structure and Functions*. USDA Forest Service, Northeastern Research Station. Boise. 1998

²⁴ NOWAK, D.J.: Species Selector(Beta) Utility. *Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008 <http://www.itreetools.org/resources/manuals.php>

²⁵ NAVÉS VIÑAS, F et al.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995.



Fig.2 Clasificación de las funciones e impactos de los árboles urbanos; definición de los aspectos de estudio. (Fuente: producción propia).

4.1. Efectos sobre el cambio climático: absorción y secuestro de CO₂

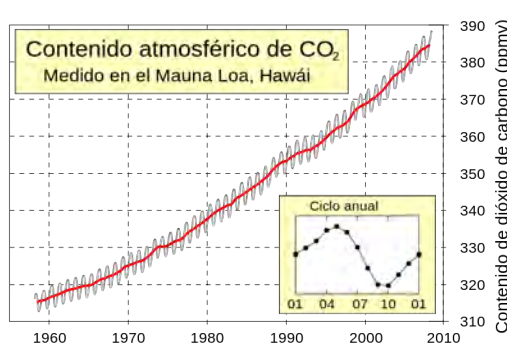
4.1.1. El cambio climático: descripción y origen del fenómeno

El cambio climático es una de las máximas preocupaciones de la sociedad actual. Éste se está produciendo en forma de un calentamiento atmosférico global producido por un creciente incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, en especial de CO₂ (con una contribución del 60% al efecto invernadero)²⁶. Estos gases se producen tanto de forma natural (actividad volcánica, descomposición de materia orgánica, respiración de los seres vivos, etc.), como por actividades humanas; siendo las segundas las máximas responsables de su rápido aumento.

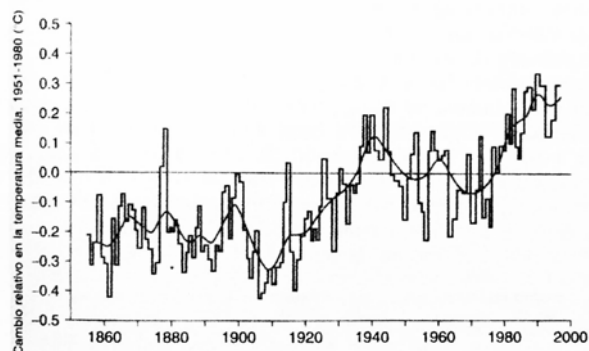
²⁶ FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDOGÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

Esta situación se atribuye a procesos relacionados con el desarrollo de las sociedades industriales y a las grandes emisiones de gases de efecto invernadero asociadas. Las actividades con más impacto son todas aquellas que implican un alto consumo de combustibles fósiles, responsables del 80-85% de emisiones; y la deforestación, ya que los bosques son grandes y eficientes almacenes de carbono²⁷.

La identificación del efecto invernadero natural ya fue identificado a principios del siglo XIX. Posteriormente, el estudio de la evolución de las masas de hielo terrestres, la obtención de datos que reflejaban un rápido incremento del CO₂ atmosférico, y la detección de un ascenso progresivo de la temperatura media global pusieron en marcha el proceso de concienciación sobre el cambio climático. No obstante, no fue hasta bien entrada la segunda mitad del siglo XX que empezaron a producirse las primeras reacciones a nivel internacional.



Graf.1 Incremento de la presencia del CO₂ en la atmósfera desde 1959 a 2001. (Fuente: NOAA, Mauna Loa Observatory)



Graf.2 La subida de las temperaturas entre 1850 y 2000. (Fuente: Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo sostenible. Prentice, Pearce, México).

En 1988 se creó el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC²⁸) que en 1990 presentó el primer informe donde se hablaba de la realidad del calentamiento global y sus posibles consecuencias, así como de la necesidad de combatirlo. En 1992 este informe llevó a aprobar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Ésta se firmó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medioambiente y el Desarrollo (Cumbre para la Tierra) celebrada en 1992 en Río de Janeiro, como parte del programa “el Hombre y la Biosfera” de la UNESCO. El siguiente gran paso fue la aprobación en 1997 del Protocolo de Kioto, un acuerdo internacional basado en los principios de la pasada convención y en el cual los países firmantes se comprometieron a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello se fijó un techo máximo de emisiones para cada uno de los estados adheridos que debía cumplirse entre 2008-2012, para llegar a una reducción global entre los países industrializados del 5% de emisiones respecto a los niveles de 1990. Actualmente se desarrolla la segunda fase que establece nuevos objetivos para el periodo 2012-2020.²⁹

Como dato orientativo cada persona que vive en los países industrializados más pródigos es responsable de la emisión anual de 5 toneladas de CO₂ en relación al uso de combustibles que contienen carbono. La

²⁷ HAMBURG, S.P. et al.: *Common Questions About Climate Change*. United Nation Environment Programme, World Meteorological Organization. Geneva, Switzerland. 1997

²⁸ Por sus siglas en inglés

²⁹ United Nations. Framework Convention on Climate change. *Kyoto Protocol*. http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

media anual per cápita en el planeta es de 1.09 toneladas contrastando con las 5.5 toneladas anuales de Estados Unidos³⁰.

4.1.2. El efecto invernadero

La atmosfera de la tierra esta formada por un 78.08% (Nitrógeno), 20.95%(oxígeno), 0.93%(Argón), dentro del porcentaje restante el más abundante es el dióxido de carbono que actualmente está entorno de las 400 ppm. Los gases responsables del efecto invernadero (vapor de agua, dióxido de carbono, metano, etc.) muestran mayor transparencia a las longitudes de onda corta, correspondientes a la luz visible, que a las de onda más larga, los infrarrojos. Esto provoca que una vez la radiación solar incide sobre la superficie de la tierra, la reemisión por parte de ésta ,en longitud de onda larga, quede atrapada por los GEI³¹, sin posibilidad de escapar hacia el espacio. Esta energía (conocida como contrarradiación) volverá a ser reemitida hacia la tierra resultando en un sobrecalentamiento del planeta³². Considerando valores relativos, si el Sol nos envía un valor de energía que evaluamos como 100%, a la superficie de la tierra llega un 137%³³, constituida por la suma de la contrarradiación, y la radiación directa de onda corta no absorbida por la atmósfera. Gracias al efecto invernadero mantenemos la temperatura media del planeta como está, en unos 20°C, unos 33°C por encima de lo que sería si no se produjese³⁴.

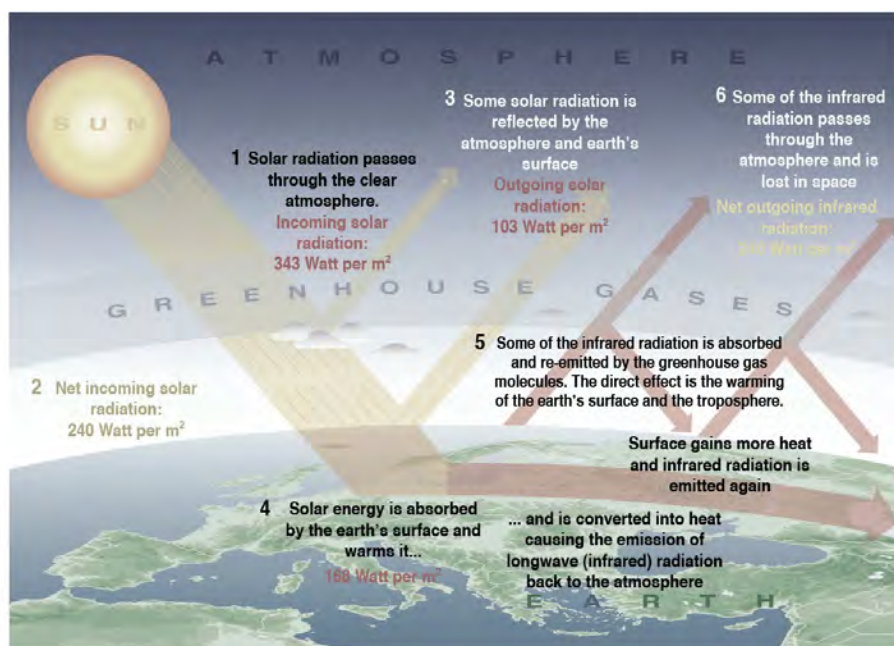


Fig.3 El efecto invernadero: La radiación solar queda absorbida por la superficie de la Tierra, causando el calentamiento de la tierra y la emisión de radiación infrarroja. Los gases de efecto invernadero atrapan la radiación infrarroja, calentando la atmosfera. (Fuente: UNEP/GRID-Arendal 2002)

³⁰ FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDOGÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

³¹ Gases de efecto invernadero

³² FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDOGÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

³³ FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDOGÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

³⁴ FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDOGÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

A pesar de los efectos beneficiosos del efecto invernadero para la vida en nuestro planeta, el rápido incremento de GEI, especialmente de dióxido de carbono, puede acarrear graves consecuencias. El IPCC señala que los efectos probables del cambio climático serán los siguientes:

- Aumento de la temperatura media.
- Aumento de la concentración de vapor de agua en la baja troposfera.
- Cambio del patrón de las precipitaciones: clima estival más seco y riesgo de sequías.
- Elevación del nivel del agua del mar que irá más allá del Siglo XXI, con inundaciones de zonas costeras.
- Más días calurosos y olas de calor, y menos noches frías y olas de frío.

Asociados a esos efectos se han de esperar cambios en los ecosistemas, variando la flora y la fauna y su distribución geográfica, y extinguiéndose numerosas especies³⁵.

4.1.3. Los sumideros de CO₂

El concepto de sumidero de carbono se adoptó en 1992 en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en relación a los GEI. Un sumidero de gases invernadero, según la convención, es cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera uno de estos gases o de sus precursores, o bien un aerosol. Es decir, un sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas, o gases, y se almacena. Por ello se habla de secuestro de gases, entendiéndose que se retiran de un enclave y se depositan en otro un tiempo variable, que puede ser muy largo³⁶. Es importante añadir que los sumideros también son emisores de CO₂, pero para mantener su función medioambiental el balance debe ser siempre la reducción del CO₂ atmosférico. La presencia de sumideros de carbono representa un mecanismo de flexibilidad para el cumplimiento de los límites de emisión de gases invernadero fijados por el protocolo de Kioto, ya que al reducir su concentración en la atmósfera permiten a los países un límite más alto de emisiones.

Los sumideros de CO₂ actúan aprovechando el carbono contenido en el gas y lo aprovechan para formar infinidad de compuestos. Encontramos carbono en estrellas y cometas, en la litosfera, en la atmósfera y finalmente en la biosfera; siendo el carbono el elemento básico para la vida³⁷ y la base de la química orgánica. Los sumideros naturales presentes en el planeta se dividen en dos grandes grupos: sumideros abióticos y sumideros bióticos. Los sumideros abióticos, que implican los fenómenos geológicos, son lentos tanto en la absorción, como en la liberación del carbono. Los sumideros biológicos principales son los océanos y las grandes masas boscosas terrestres, donde abundan los seres vivos capaces de realizar la fotosíntesis. Para el proceso de obtención del carbono necesario para su desarrollo, los seres fotosintéticos consumen grandes cantidades de CO₂, una forma activa del carbono con gran capacidad de transferencia. Los sumideros bióticos, a diferencia de los geológicos, tienen un buen funcionamiento a corto plazo, por tanto, son una herramienta mucho más eficiente para contrarrestar las emisiones de CO₂ y luchar contra el

³⁵ Información procedente de: National Aeronautics and Space Administration (NASA): *The current and future consequences of global change*. <http://climate.nasa.gov/effects>

³⁶ FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDO GÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

³⁷ Mc MURRY, J.: *Química orgánica*. Thomson Editores. México. 2001.

cambio climático³⁸. La destrucción de los sumideros terrestres, como la deforestación de bosques y selvas, está agravando el problema y plantea la necesidad de intervenir mediante la regeneración de estos y la creación de nuevos mecanismos de absorción de CO₂. El sistema de espacios verde urbanos es un ejemplo de sumidero con grandes posibilidades, ya que se sitúa en el origen del problema, los núcleos urbanos, permitiendo así combatir el problema desde el origen. Su naturaleza es híbrida, por un lado, la vegetación es un elemento presente en la naturaleza que funciona por sí solo; y por otro lado, los espacios verdes urbanos están sujetos a unos parámetros de diseño que pueden incrementar o reducir su potencial como sumideros de CO₂. La capacidad de decisión que los proyectistas tienen sobre las características del verde urbano añade un interés complementario al estudio de las características de los elementos vegetales que lo componen.

4.1.4. La árboles en los espacios verdes: sumideros de CO₂ urbanos

Aunque los asentamientos urbanos son de por sí los mayores generadores de CO₂ mundiales, la introducción de vegetación en zonas urbanizadas o degradadas puede contribuir a reducir las emisiones de CO₂. La vegetación, en su proceso de crecimiento, atrapa CO₂ del aire para realizar la fotosíntesis, mediante la cual genera biomasa que quedará fijada en sus raíces, tronco, ramas y hojas en forma de carbono³⁹. En este proceso, conocido como secuestro de carbono, los árboles ayudan a reducir la cantidad de CO₂ que llega a la atmósfera y que agrava el problema del calentamiento global, a la vez que liberan oxígeno (O₂).

A pesar de que todos los tipos de vegetación absorben CO₂, las plantas leñosas, en especial los árboles, son las más eficientes a nivel individual⁴⁰, por las siguientes razones:

- Mayor cantidad de Biomasa: sinónimo de más cantidad de carbono almacenado que requiere una mayor absorción de CO₂.
- Mayor longevidad: Sus largas vidas permiten almacenar el carbono por más tiempo, ya que cuando el elemento vegetal se destruye o descompone el CO₂ regresa a la atmósfera.

Además los árboles urbanos, en especial los viarios, también contribuyen a la reducción de emisiones de CO₂ por sus características termorreguladoras y su capacidad de generar sombra. Esto que permite una reducción del uso de climatización por parte de las edificaciones circundantes, especialmente en verano⁴¹. En este sentido los árboles urbanos ofrecen un doble beneficio respecto a los presentes en medios rurales y a otros tipos de vegetación.

Según un estudio realizado por D.J. Nowak y colaboradores, los árboles secuestran y almacenan carbono en sus tejidos en cantidades y velocidades diferentes según su tamaño en la madurez, su longevidad y su

³⁸ FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDO GÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

³⁹ MCPHERSON E.G., NOWAK, D.J., ROWNTREE, R.A.: *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. United States Department of Agriculture. General Technical Report NE-186. Pennsylvania. 1994.

⁴⁰ JO, H.K., MCPHERSON, E.G.: *Carbon storage and flux in urban residential greenspace*. Journal of Environmental Management 45, 1995.

⁴¹ MCPHERSON, E.G., SIMPSON, J.R., PEPPER, P.J., XIAO, Q.: *Benefit-cost analysis of Modesto's municipal urban forest*. Journal of Arboriculture 25, 1999

velocidad de crecimiento⁴². Esto hace que haya especies que sean más eficientes que otras en la reducción del CO₂ atmosférico. El mismo estudio concluye que los factores más determinantes en el secuestro neto de CO₂ son la longevidad del árbol y su tamaño en madurez dejando la velocidad de crecimiento en último lugar. “Por ejemplo, dos especies diferentes almacenan 3 toneladas de carbono en su madurez y viven 100 años, pero una especie alcanza su tamaño adulto después de 10 años (crecimiento rápido) y el otro después de 90 años (crecimiento lento). Si estos árboles viven 50 años, el de crecimiento rápido habrá secuestrado más carbono. No obstante, si las dos especies viven hasta la madurez (100 años), no habrá diferencia entre el almacenaje de carbono.”⁴³ Por tanto el factor del crecimiento acelera el proceso de secuestro reduciendo las posibilidades de muerte antes de realizar la aportación completa, pero no aumenta el total de carbono secuestrado.

Hay varios trabajos que cuantifican las aportaciones de los árboles urbanos a la reducción del CO₂ atmosférico. En algunos se valora la contribución de toda la masa arbórea a nivel de ciudad, en otros se intenta hacer una clasificación de absorción de CO₂ según la especie y hay otros que combinan los dos enfoques.

Un estudio realizado en la ciudad de Sacramento en California asegura que sus 6 millones de árboles almacenan 8 millones de toneladas de carbono en su biomasa, con un secuestro de carbono anual de 238.000 t, sin contar la reducción de emisiones de CO₂, en ahorro de energía, de las edificaciones.⁴⁴⁴⁵

El modelo UFORE⁴⁶, ya comentado, representa un buen recurso para el cálculo de la contribución de la vegetación en la reducción de CO₂ de los núcleos urbanos; tanto a nivel general, considerando toda la masa vegetal de la ciudad y su efecto global, como la aportación de cada especie e individuo. Este modelo se ha aplicado en diferentes ciudades como Chicago⁴⁷, Nueva York⁴⁸, Perth,⁴⁹ etc.; pero es de especial interés el trabajo realizado en Barcelona por el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales de la Universidad Autónoma publicado en 2009⁵⁰. Este estudio cuantifica la reducción de carbono por los árboles de la ciudad en 5.422 t netas en el año 2008. En el mismo trabajo también se puede ver la aportación de las diferentes especies como grupo, con la especie *Platanus x hispanica* a la cabeza con el (21,6% del total del carbono almacenado) seguido por *Quercus ilex* (18,5%), *Pinus halepensis* (14%), y el *Celtis australis* (2,8%), resultado razonable ya que el plátano híbrido (*Platanus x hispanica*) es la especie más abundante. No obstante, a nivel individual el árbol con más capacidad de almacenar CO₂ resulta ser el *Eucalyptus camaldulensis*, quedando el *Platanus x hispánica* en sexta posición.

⁴² NOWAK D.J., STEVENS J.C., SISINNI S.M., LULEY C.J.: *Effects of Urban Tree Management and Species Selection on Atmospheric Carbon Dioxide*. Journal of Arboriculture 28(3). 2002

⁴³ NOWAK D.J., STEVENS J.C., SISINNI S.M., LULEY C.J.: *Effects of Urban Tree Management and Species Selection on Atmospheric Carbon Dioxide*. Journal of Arboriculture 28(3). 2002

⁴⁴ Comentado en la página 14

⁴⁵ McPHERSON E.G.: *Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Sacramento's Urban Forest*. Journal of Arboriculture 24(4). 1998

⁴⁶ NOWAK D.J., CRANE D.E.: *The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Quantifying Urban Forest Structure and Functions*. USDA Forest Service, Northeastern Research Station. Boise. 1998

⁴⁷ NOWAK D.J., CRANE D.E., STEVENS J.C., HOEHN III, R.E., LEBLANC FISHER, C.: *Chicago's urban forest*. Resource bulletin NRS-37. USDA Forest Service. 2010.

⁴⁸ NOWAK D.J., CRANE D.E., STEVENS J.C., HOEHN III, R.E., WALTON, J.T.: *New York's urban forest*. Resource bulletin NRS-9. USDA Forest Service. 2007

⁴⁹ SAUNDERS, S.M., DADE, E. y NIEL, K.V.: *An Urban Forest Effects (UFORE) model study of the integrated effects of vegetation on local air pollution in the Western Suburbs of Perth, WA*. 19th International Congress on Modelling and Simulation. Perth, Australia. 2011

⁵⁰ CHAPARRO L., TERRADAS, J.: *Ecological Services of Urban Forest in Barcelona*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Ajuntament de Barcelona. Barcelona. 2009

Otro trabajo independiente realizado por la Universidad de Sevilla asegura que un *Melia azedarach* contraresta diariamente el CO₂ emitido por 1.037 coches equivalente a 5.969kgCO₂año⁵¹. No obstante, el resto de estudios al respecto parecen dar datos más modestos, con una media de 6 kgCO₂año por árbol⁵².

Las actividades de mantenimiento del arbolado urbano son un aspecto importante que afecta indirectamente su contribución como sumidero de carbono. Los árboles en entornos urbanos requieren cierto mantenimiento, especialmente los que están situados en el viario, cerca de edificaciones. Los trabajos de mantenimiento implican el uso de maquinaria a base de combustibles fósiles (sierras eléctricas, trituradoras, tractores, etc.), lo que hace que en algunos casos en lugar de actuar como sumideros se comporten como emisores. No obstante, el presente trabajo se especializa en el estudio de los árboles del verde urbano, con unas exigencias de mantenimiento mucho más reducidas, ya que el árbol crece en un emplazamiento menos castigado y con más espacio, por tanto en muy pocas ocasiones el balance de absorción y emisión de dióxido de carbono resulta desfavorable⁵³.

A pesar de las discrepancias en los estudios realizados sobre la capacidad de secuestro de CO₂ de los árboles, y el inconveniente que implican las emisiones vinculadas al mantenimiento; hay un consenso respecto a la valoración del arbolado urbano como un importante sumidero de CO₂. Por tanto, en este punto podemos decir que los árboles urbanos sí son una ayuda para combatir el cambio climático.

Teniendo en cuenta la bibliografía consultada se pueden establecer unas directrices para realizar una buena selección del arbolado de los parques y otros espacios verdes:

- utilizar un sistema de mantenimiento que alargue la vida de los árboles, intentando utilizar la mínima cantidad de combustibles fósiles. Siempre y cuando se haga un mantenimiento responsable, el balance de reducción de CO₂ es favorable, ya que mejora la salud del árbol y por tanto potencia su crecimiento, longevidad y absorción de CO₂⁵⁴.
- Seleccionar especies longevas, ya que en el medio urbano la vegetación tiende a vivir menos⁵⁵.
- Seleccionar especies con mucha biomasa, por tanto de gran tamaño y madera densa.
- Plantar árboles de crecimiento rápido, para asegurar el almacenaje del carbono en sus primeros años, sin que esto vaya en detrimento de la longevidad. A menudo los árboles de crecimiento rápido tienen vidas más cortas.

Es importante resaltar que los árboles al ser quemados, destruidos o simplemente al descomponerse después de su muerte parte del CO₂ almacenado regresa a la atmosfera. Por tanto, siempre es aconsejable usar tanta madera como sea posible para la construcción de muebles u otros productos que eviten su descomposición y ayuden a mantener el carbono almacenado el máximo tiempo posible⁵⁶.

⁵¹ FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDO GÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007

⁵² McPHERSON E.G., NOWAK, D.J., ROWNTREE, R.A.: *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. United States Department of Agriculture. General Technical Report NE-186. Pennsylvania. 1994.

⁵³ SHERRILL, S., SHERRILL, C. y ROMANOS, M.: *The nuts and bolts of turning waste trees into good Wood*. Pop Woodworking. 1997

⁵⁴ NOWAK D.J., STEVENS J.C., SISINNI S.M., LULEY C.J.: *Effects of Urban Tree Management and Species Selection on Atmospheric Carbon Dioxide*. Journal of Arboriculture 28(3). 2002

⁵⁵ ARNOLD, H.F.: *Trees in urban design*. Ed. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, 1993.

⁵⁶ SHERRILL, S., SHERRILL, C. y ROMANOS, M.: *The nuts and bolts of turning waste trees into good Wood*. Pop Woodworking. 1997

4.1.5. metodología utilizada

Se ha desarrollado una valoración cualitativa del potencial de reducción del CO₂ atmosférico de las diferentes especies arbóreas. Para ello se ha utilizado el software “i-tree” desarrollado por el departamento de agricultura de estados unidos (USDA) englobado en el modelo UFORE.

La aplicación utilizada se denomina “i-tree species” y realiza una valoración de las especies de 100-0% en grupos de 10% dependiendo de su capacidad de absorción y secuestro de CO₂. El programa precisa, para territorios fuera de los Estados Unidos, el rango de temperaturas mínimas y el periodo vegetativo medio de la zona. Las especies no presentes para España se han obtenido del clima mediterráneo de California. Para comprobar que no había grandes discrepancias entre el comportamiento de la vegetación de las dos regiones se ha realizado una comparación de especies presentes en ambos grupos, resultando en una variación admisible del 10%.

La estimación del almacenamiento de carbono de cada especie está basada en el diámetro del árbol en su madurez, su altura, y las ecuaciones alométricas para el cálculo total de la biomasa del árbol⁵⁷. Toda esta información forma parte de la base de datos del modelo UFORE. Para más información consultar el manual de i-tree species disponible online⁵⁸.

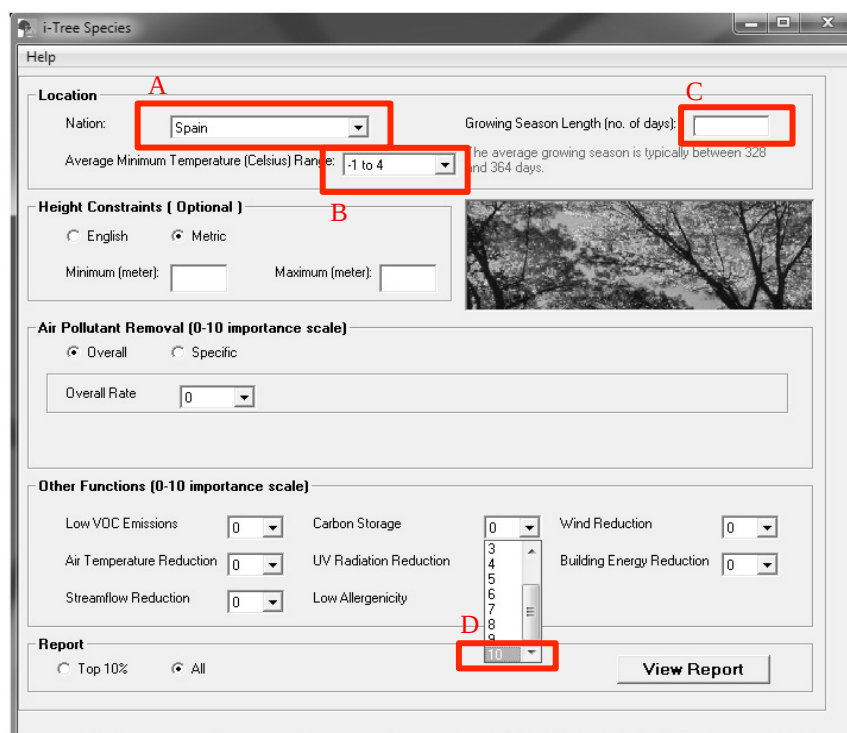


Fig.4 Interfaz de i-tree Species. Valoración de las especies de árboles según su capacidad de almacenaje de CO₂. (Fuente: adaptación propia de la imagen de la interfaz de i-tree Species).

A País: España

B Rango medio de temperaturas mínimas en periodo frío: se han evaluado especies presentes en el rango (-7°C, 4°C).

⁵⁷ NOWAK, D.J. y CRANE DE.: *Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States*. Environ. Poll. 116(3). 2002

⁵⁸ NOWAK, D.J.: *Species Selector(Beta) Utility. Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008 <http://www.itreetools.org/resources/manuals.php>

- C** Número de días de la estación de crecimiento⁵⁹: se han introducido dos valores 215 y 310, respondiendo a las diferentes definiciones encontradas sobre el término. No obstante, no se han apreciado diferencias en los resultados.
- D** Valoración de la prioridad de cada parámetro: En este caso se da un “10” a almacenamiento de carbono y “0” al resto de parámetros, para así obtener un resultado únicamente basado en la capacidad de secuestro de carbono de cada especie.

4.2. Efectos sobre la calidad del aire: reducción de la contaminación

4.2.1. La contaminación atmosférica: descripción y origen del fenómeno

La Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA) define la contaminación atmosférica de la forma siguiente:

*Contaminación atmosférica*⁶⁰: La presencia de sustancias contaminantes en el aire que interfieren con la salud humana o su bienestar, o producen efectos perjudiciales en el medioambiente.

El problema de la contaminación nace con el descubrimiento del fuego en la prehistoria, primero para calentarse, alumbrarse, protegerse, cocinar y posteriormente para confeccionar utensilios y armas. Con el avance de la civilización, la humanidad siguió generando contaminación atmosférica tanto de forma directa con el uso del fuego como indirecta mediante actividades agrícolas y ganaderas⁶¹. La evolución de las arquitecturas antiguas nos permite percibir también una preocupación por la calidad del aire en el interior de los hogares mediante mecanismos para potenciar la ventilación, como ventanas o chimeneas.

La siguiente etapa importante con respecto al concepto de la contaminación viene con el desarrollo y consolidación de las ciudades, del medio urbano. En el año 61 a.c. en la antigua Roma el filósofo Seneca describía la atmosfera de la ciudad de esta manera:

*“Tan pronto como salí del pesado aire de Roma, el hedor de sus chimeneas, de los pestilentes vapores de los vertidos y del hollín, Sentí una alteración en mi interior”*⁶²

A pesar de existir numerosas referencias a la contaminación a lo largo de la historia nos tenemos que desplazar hasta la revolución industrial para aportar una nueva dimensión a la problemática. El paso de sociedades basadas en actividades básicamente agrícolas a la actividad industrial agrava dramáticamente el problema, y lo transporta a un ámbito más global. El invento de la máquina de vapor genera un cambio radical en el modelo económico, las ciudades se llenan de fábricas que desechan humos negros resultado de la combustión del carbón, que progresivamente van tornando el aire de la ciudad más sucio, pestilente y pesado. La industria va evolucionando y sofisticándose, pero siempre de la mano de los combustibles

⁵⁹ Algunas fuentes se refieren a “growing season” al periodo entre las primeras y última heladas (valor 300-310 aprox.); el valor “215” se obtiene de la Unidad de Ecología Global CREAL-CEAB-CSIC, Universidad Autónoma de Barcelona. www.creal.uab.es

⁶⁰ Citado en: VALLERO D.A.: *Fundamentals of Air Pollution*. Civil and Environmental Engineering Department, Pratt School of Engineering, Elsevier. Forth Edition. Durham, North Carolina. 2008

⁶¹ European Environment Agency <http://www.eea.europa.eu/themes/air/intro>

⁶² Citado en: CANO ABAD, M.: *Contaminación atmosférica: toxicología respiratoria*. Departamento de Farmacología. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Madrid.

fósiles. Con el desarrollo de la industria y la masiva expansión del uso de vehículos motorizados la salud de la ciudad y de sus habitantes va empeorando gradualmente.

La Gran Niebla de Londres en 1952 marca de nuevo un punto de inflexión. Durante el invierno de ese año una densa capa de smog cubrió la ciudad durante varios días provocando miles de muertes y enfermedades. Durante las dos décadas siguientes hubieron múltiples episodios relacionados con el exceso de contaminación en la mayoría de países industrializados. A raíz de estos sucesos las iniciativas medioambientales contra la contaminación recibieron un gran impulso. En 1957 la Organización Mundial de la Salud (OMS) celebró en Milán la conferencia sobre los aspectos sanitarios de la contaminación atmosférica en Europa. A partir de ese momento organismos como la OMS y la ONU desarrollan iniciativas como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Estas iniciativas trabajan en el monitoreo y en el planteamiento de soluciones para la mejora de la calidad del aire, como parte del Sistema Mundial de Monitoreo del Medio Ambiente (GEMS, por sus siglas en inglés). Posteriormente la OMS crea el Sistema de información sobre la Gestión de la Calidad del aire (AMIS, por sus siglas en inglés) donde se integrarán los programas anteriores para formar parte de una base de datos y una plataforma de trabajo a nivel internacional.⁶³

Actualmente los problemas de contaminación en las ciudades han dejado de estar centrados en la industria, reubicada en polígonos alejados de los núcleos urbanos; para centrarse en el transporte motorizado y el consumo energético por parte de los habitantes. Las emisiones en Europa se han reducido substancialmente en las últimas décadas, se ha mejorado la calidad de los combustibles y las políticas de protección medioambiental se aplican también a los sectores del transporte y la energía⁶⁴. No obstante, la concentración de contaminantes aún es demasiado alta, especialmente en ciudades, excediendo a menudo los estándares fijados para la salud de las personas y los ecosistemas⁶⁵. Es por eso que la lucha contra la contaminación sigue, haciendo que el estudio y uso de energías más limpias y de recursos para mejorar la calidad ambiental estén en el orden del día.

4.2.2. Composición y fuentes de la contaminación atmosférica

La contaminación del aire se genera por la emisión de contaminantes, por parte de diferentes fuentes, a la atmósfera. En la atmósfera estos contaminantes reaccionan, se transforman y son transportados dando en cada punto una determinada concentración de cada contaminante; a esto se le llama niveles de inmisión. Estos niveles de inmisión son los que se miden y se valora su efecto sobre la salud de las personas o del medio. Los principales contaminantes del aire según IDESCAT⁶⁶ son:

Óxidos de azufre (SO_x): en especial el dióxido de azufre (SO₂). Es un gas invisible con un fuerte olor desagradable y representa un indicador básico de la contaminación del aire. Reacciona fácilmente con otras sustancias produciendo compuestos peligrosos como ácido sulfúrico (H₂SO₄), cuando se

⁶³ VALLERO D.A.: *Fundamentals of Air Pollution*. Civil and Environmental Engineering Department, Pratt School of Engineering. Elsevier. Forth Edition. Durham, North Carolina. 2008

⁶⁴ European Environment Agency <http://www.eea.europa.eu/themes/air/intro>

⁶⁵ European Environment Agency <http://www.eea.europa.eu/themes/air/intro>

⁶⁶ Idescat: Índex de qualitat del aire, metodologia <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=236&m=m>

combinado con NO_2 , produciendo lluvia ácida⁶⁷. El 99% de sus emisiones son producidas por actividades humanas de origen industrial o por el uso de combustibles fósiles como el transporte motorizado.

Óxidos de nitrógeno NO_x : especialmente el dióxido de nitrógeno (NO_2). Es un gas de color marrón i de olor irritante. Es tóxico en altas concentraciones e interviene en la formación de la niebla fotoquímica. Se libera en combustiones de alta temperatura aunque también se origina de manera natural en tormentas por descarga eléctrica. Es considerado uno de uno de los contaminantes más importantes generando un halo marrón encima de las ciudades.

Monóxido de Carbono (CO): es un compuesto químico gaseoso incoloro, inodoro i de alta toxicidad que se produce como consecuencia de combustiones deficientes en condiciones de falta de oxígeno. Es un indicador de la intensidad de tráfico. Se produce tanto en la atmosfera como a nivel de tierra y es un componente del smog. Es perjudicial para la salud tanto de las personas, como de las plantas y los ecosistemas desde bajas concentraciones. Los picos en su concentración son en verano con altas temperaturas y condiciones de sequía⁶⁸.

Materia particulada (PM): son partículas sólidas y/o líquidas que entran en la atmosfera procedentes de fuentes naturales y antropogénicas. Las PM_{10} son la fracción de partículas en suspensión que mide hasta $10\mu\text{m}$. Afectan gravemente la salud, especialmente el aparato respiratorio, y son perjudiciales en cualquier concentración; también tienen efectos en el medioambiente como el cambio en la composición de los suelos.

Ozono (O_3): es una molécula formada por tres átomos de oxígeno i se encuentra de forma natural en la atmósfera. Su concentración máxima es a 20 km de altura, en la estratosfera. Éste forma la capa de ozono, conocida por sus efectos de protección ante la radiación UV. No obstante, el ozono que se encuentra cerca de la superficie de la tierra es considerado un contaminante. No se emite directamente, pero se forma a través de la reacción de los compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno (NO_x). El ozono, combinado con la radiación solar perjudica la vegetación durante su época de crecimiento.

Las fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos pueden tener diferentes orígenes aunque las razones antropogénicas son con gran diferencia las más importantes⁶⁹:

Origen natural: volcanes, tormentas, procesos de digestión de ganado, descomposición de materia orgánica, compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por la vegetación, etc.

Origen natural-antrpogénico: incendios, agricultura y ganadería.

Origen antropogénico: procesos industriales, actividades que impliquen el uso de combustibles fósiles, en especial el transporte motorizado.

⁶⁷ Australian Government. Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities: *Sulfur dioxide*. Air quality fact sheet. 2005 <http://www.environment.gov.au/atmosphere/airquality/publications/sulfurdioxide.html>

⁶⁸ United States Environmental Protection Agency (EPA): *Carbon Monoxide* <http://www.epa.gov/airquality/carbonmonoxide/>

⁶⁹ VALLERO D.A.: *Fundamentals of Air Pollution*. Civil and Environmental Engineering Department, Pratt School of Engineering. Elsevier. Forth Edition. Durham, North Carolina. 2008

4.2.3. Consecuencias de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica tiene graves efectos sobre todos los ecosistemas, así como la salud de los seres vivos que los habitan, incluidos los seres humanos. La mayoría de los contaminantes son nocivos a partir de una determinada concentración. No obstante, el ozono (O₃) a nivel de superficie y la materia particulada menor a 10 µm (PM10) son perjudiciales en cualquier cantidad, siendo los de máximo riesgo para la salud⁷⁰.

Efectos sobre la salud de las personas:

La contaminación acarrea problemas relacionados con enfermedades de tipo respiratorio y cardiovascular, alergias y ciertos tipos de cáncer⁷¹. Según Jordi Sunyer, el director científico del Centro de Investigación en Epidemiología Ambiental (CREAL) en Catalunya, cada año más de 3000 artículos científicos tratan los efectos de la contaminación para la salud e indican que la materia particulada fina acelera el envejecimiento de las arterias, corazón, pulmones y cerebro, afectando hasta las funciones cognitivas, especialmente en niños. También asegura que los días con mayor contaminación ambiental la mortalidad aumenta de un 2-3% así como las emergencias sanitarias por razones respiratorias y cardíacas. Un estudio dirigido por el mismo centro concluye que la contaminación es responsable de 3.500 muertes sólo en Barcelona⁷². La organización mundial de la salud (OMS) también asegura que la contaminación atmosférica generada producida principalmente por el uso de combustibles fósiles representa un riesgo para la salud causando alrededor de dos millones de muertes prematuras al año⁷³. Ante este escenario se podría decir que habitar en grandes ciudades con índices de contaminación elevados tiene un efecto claramente adverso para nuestro organismo, empeorando su funcionamiento y reduciendo la esperanza de vida de sus habitantes; llegando a una reducción ocho meses en las zonas más contaminadas⁷⁴.

Efectos sobre el medioambiente:

La contaminación del aire también afecta la salud de los animales, daña la vegetación y los materiales inertes, reduce la visibilidad y la radiación solar y finalmente afecta el clima y la situación meteorológica⁷⁵. Los ecosistemas ven perjudicada su calidad por influencia de los diferentes contaminantes presentes en el aire de las ciudades, los cuales desencadenan diferentes procesos de degradación:

- Acidificación⁷⁶: Este proceso produce la pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua debida al retorno a la superficie de la tierra de los óxidos de azufre (SO_x) y nitrógeno (NO_x) procedentes de la atmosfera. Las emisiones de óxidos reaccionan con radicales hidroxilos y vapor de agua de la

⁷⁰ European Environment Agency www.eea.europa.eu/themes/air/intro

⁷¹ KÜNZLI, N., PÉREZ, L.: *Els beneficis per a la salut pública de la reducció de la contaminació atmosfèrica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona*. Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental. Barcelona. 2007

⁷² KÜNZLI, N., PÉREZ, L.: *Els beneficis per a la salut pública de la reducció de la contaminació atmosfèrica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona*. Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental. Barcelona. 2007

⁷³ Organización Mundial de la Salud (OMS): *Calidad del aire y Salud*. Nota descriptiva N°313. 2011
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

⁷⁴ POTOCHNIK, J.: *To invest in clean air means to invest in our future*. Launch of EEA's "Air Quality in Europe". European Commission. Speech/12/635. Bruselas. 2012

⁷⁵ McPHERSON, E.G., SIMPSON, J.R.: *Carbon dioxide Reduction through Urban Forestry: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters*. General Technical Report PSW-GTR-171. Pacific Southwest Research Station, United States Department of Agriculture Forest Service, Albany, CA. 1999

⁷⁶ Generalitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge
<http://www.cma.gva.es/cidam/emedio/atmosfera/>

atmósfera y se convierten en ácido sulfúrico (H_2SO_4) y nítrico (HNO_3), que pueden regresar a la superficie terrestre en forma de lluvia ácida, gases o aerosoles. La acidificación del medio depende de la concentración de contaminante y de la sensibilidad del medio⁷⁷. La acidificación tiene graves consecuencias en la vegetación, dañando sus raíces, afectando su crecimiento y haciéndola más vulnerable a la sequía, las plagas, enfermedades; y en algunas ocasiones produciendo también la decoloración y pérdida foliar. Los elementos inertes de las ciudades también sufren deterioro, como es el caso de algunas superficies calcáreas de edificios históricos y monumentos por la deposición de ácidos sobre ellos.

- Eutrofización⁷⁸: consiste en un sobre-enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. Esto produce la proliferación anormal de ciertas especies vegetales que puede cambiar las características del ecosistema con posibles consecuencias serias para la fauna y la flora; a menudo acompañadas de una reducción importante de la biodiversidad.

Barcelona es la zona más contaminada de Catalunya, y se encuentra entre las más contaminadas de España y Europa Occidental, incapaz de cumplir con las indulgentes regulaciones europeas⁷⁹. En la región de Catalunya existe el ICCA, el índice de calidad del aire; un indicador sintético elaborado para los datos de inmisión de los principales contaminantes: (CO , SO_2 , NO_2 , O_3 , PM_{10}). El índice es una cifra única y sin unidades que pondera la aportación de cada uno de estos contaminantes a la calidad del aire. Los valores posibles están entre 100 y -400, a medida que éste es más alto, el aire presenta una mayor calidad; estableciendo para cada contaminante unos estándares con tal de prevenir los riesgos para la salud y el deterioro de los ecosistemas⁸⁰.

ICCA	O_3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24h	CO mg/m^3 8h	SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h
100	0	0	0	0	0
50	110	35	6	200	115
0	180	50	10	350	200
-100	400	350	17	1.500	1.130
-200	800	420	34	3.000	2.260
-300	990	500	46	3.750	3.000
-400	1.200	600	58	4.900	3.750

Tabla 2 Relación de los niveles de inmisión/ICCA para los distintos contaminantes. (Fuente: Departamento de Territorio y Sostenibilidad).

A pesar de estas regulaciones, los límites establecidos suelen sobrepasarse, especialmente en época estival y en situaciones de inversión térmica. No obstante el monitoreo continuo de la composición del aire representa un paso esencial para la lucha contra las patologías del clima y medio urbanos.

4.2.4. Los árboles en los espacios verdes: mecanismo contra la contaminación urbana

Un arbolado bien seleccionado puede ser una eficiente solución para mejorar la calidad del aire tanto a nivel local como regional, y en especial en el medio urbano. Los árboles mejoran directamente e

⁷⁷ Generalitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge
<http://www.cma.gva.es/cidam/emedio/atmosfera/>

⁷⁸ Generalitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge
<http://www.cma.gva.es/cidam/emedio/atmosfera/>

⁷⁹ Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL): Contaminació atmosférica. <http://www.creal.cat/programes-reerca/contaminacioatmosferica.html>

⁸⁰ Departamento de Territorio y Sostenibilidad: *Atmosfera*. 2013
http://www20.gencat.cat/portal/site/mediambient/menuitem.64be942b6641a1214e9cac3bb0c0e1a0/?vgnnextoid=2a2cd5029e927210VgnVCM1000008d0c1e0aRCD&vgnnextchannel=2a2cd5029e927210VgnVCM1000008d0c1e0aRCD&newLang=es_ES

indirectamente la calidad medioambiental y el bienestar humano realizando diferentes aportaciones.⁸¹

- *Reduciendo la temperatura del aire:*

- Cambiando las reacciones químicas en la atmósfera que producen ozono.
- Reduciendo la emisión de hidrocarburos procedentes de fuentes antropogénicas o biogénicas.
- Cambiando la profundidad de la capa de mezcla, correspondiente a todo el volumen de aire por debajo de la altura de mezcla y cuyo tamaño determina la cantidad de contaminación que puede ser descargada sin causar efectos nocivos.⁸²

- *Captando, fijando y procesando contaminantes del aire:* los árboles limpian el aire de contaminantes gaseosos mediante la captación a través de las estomas de sus hojas, aunque otros gases se eliminan a través de la misma superficie del árbol. Los árboles también reducen la contaminación interceptando partículas de polvo y otra materia particulada. A menudo los contaminantes capturados se transmiten al suelo pudiendo ser en algunos casos procesados perdiendo su toxicidad. En otros casos, la retención de partículas es sólo temporal y regresa a la atmósfera. La capacidad de captación y fijación de contaminantes dependerá en gran medida de la especie y su madurez, así como su vulnerabilidad a estas sustancias que pueden provocar un deterioro de la salud de la planta⁸³.

- *Contribuyendo a la reducción del uso de energía en edificios circundantes:* la vegetación urbana, tanto en calles como en parques y jardines contribuye a la reducción del gasto energético de climatización en los edificios; y por tanto también a la reducción de emisiones de contaminantes asociados a la generación y transformación de la energía consumida⁸⁴.

La vegetación urbana también puede tener efectos negativos en la calidad del aire, aunque muchos estudios han demostrado que los efectos positivos son para la gran mayoría de las especies bastante más importantes⁸⁵. Entre los aspectos negativos que la vegetación presenta frente a la contaminación urbana se encuentra:

- *Reducir la dispersión de contaminantes debajo la capa del albedo urbano:* consideración importante especialmente cuando hablamos de arbolado viario⁸⁶.

- *Emitir compuestos orgánicos volátiles biogénicos (BCOV):* también resultantes de la fotosíntesis y que están relacionados con la producción de ozono y monóxido de carbono⁸⁷. Las emisiones de estos compuestos pueden variar en gran medida de una especie a otra, así como de la biomasa foliar y la temperatura del aire.

⁸¹ NOWAK, D.J., CRANE, D.E. y STEVENS, J.C.: Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. USDA Forest Service. Urban Forestry & Urban Greening 4. 2006. 115–123

⁸² Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. <http://www.osman.es/ficha/11836>

⁸³ NOWAK, D.J.: *Tree species selection, design, and management to improve air quality*. Construction Technology. 1995

⁸⁴ National Agroforestry Center: *Conservation Buffers: Air Quality Buffers*. http://nac.unl.edu/buffers/guidelines/6_aesthetics/3.html

⁸⁵ Cardelino C.A. y Chameides W.L.: *Natural hydrocarbons, urbanization, and urban ozone*. J. Geophys. Res. 95 (D9): 13,971-13,979. 1990

⁸⁶ YANG, J., McBRIDE, J., ZHOU, J., SUN, Z.: *The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction*. Elsevier. 2004

⁸⁷ NOWAK D.J., CRANE D.E.: *The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Quantifying Urban Forest Structure and Functions*. USDA Forest Service, Northeastern Research Station.

- *Aumentando indirectamente las emisiones de contaminantes:* relacionadas con las actividades de mantenimiento del arbolado y limpieza (sierras eléctricas, trituradoras, descomposición, etc.)⁸⁸

Se han realizado varios estudios que cuantifican las aportaciones a la calidad del aire en diferentes ciudades, la mayoría de ellos elaborados por científicos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Un estudio sobre el ecosistema del bosque urbano de la ciudad de Chicago asegura que los árboles de la ciudad extrajeron un total de 591 toneladas de contaminantes en 1991; en especial ozono (O₃) y materia particulada (PM₁₀)⁸⁹. En otro estudio los mismos científicos, D.J. Nowak y colaboradores, elaboran un estudio en el que facilitan un listado de las especies arbóreas más eficientes en la extracción de los diferentes contaminantes en condiciones urbanas medias de Estados Unidos.

Top rated species for improving air quality. List is based on rating the combined effects of pollution removal, VOC emissions, and air temperature reduction of 242 tree species at maturity under average U.S. urban conditions (Nowak et al., in prep). Trees listed are tolerant to pollutant under which it is ranked unless otherwise noted. Overall ranking is based on individual pollutant effects weighted by the average pollutant externality value (estimate of societal cost of pollutant in the atmosphere).			* Species or various cultivars of species rated as recommended trees for street use or urban conditions (Bassuk et al., 1998; Bridwell, 1994; Flint, 1997). Note: hardiness zone and other tree factors need to be considered in urban tree selection. I intermediate tolerance to pollutant S sensitive to pollutant T tolerant to sulfur dioxide (SO₂); unknown tolerance to nitrogen dioxide (NO₂). I/U Intermediate tolerance to SO₂; unknown tolerance to NO₂ S/U Sensitive to SO₂; unknown tolerance to NO₂ T/S Tolerant to SO₂; sensitive to NO₂
OZONE	CARBON MONOXIDE	OVERALL	
Ulmus procera	Tilia americana*	Ulmus procera*	
Tilia europea*	Fagus grandifolia	Tilia europea	
Fagus grandifolia	Tilia tomentosa*	Liriodendron tulipifera*	
Betula alleghaniensis ^I	Ulmus rubra	Metasequoia glyptostroboides*	
Liriodendron tulipifera* ^S	Fagus sylvatica	Fagus grandifolia	
Tilia americana*	Betula alleghaniensis	Tilia platyphyllos*	
Fagus sylvatica	Tilia euchlora*	Betula alleghaniensis	
Tilia platyphyllos* ^S	Ulmus procera*	Fagus sylvatica	
Metasequoia glyptostroboides*	Ginkgo biloba*	Tilia americana*	
Betula papyrifera	Liriodendron tulipifera*	Ulmus americana	
		Ulmus thomas	
PARTICULATE MATTER	SULFUR / NITROGEN DIOXIDE	OVERALL	
Ulmus procera*	Ulmus procera* ^{I/U}	Chamaecyparis lawsoniana	
Platanus occidentalis*	Tilia europea* ^{T/S}	Tsuga heterophylla	
Chamaecyparis lawsoniana	Populus deltoides ^T	Tilia cordata*	
Cupressocyparis x leylandii	Platanus occidentalis* ^T	Tsuga mertensiana	
Juglans nigra	Platanus x acerifolia* ^T	Tilia tomentosa*	
Eucalyptus globulus	Metasequoia glyptostroboides* ^T	Betula papyrifera	
Tilia europea	Liriodendron tulipifera* ^T	Celtis laevigata*	
Abies alba	Juglans nigra* ^{S/U}	Fraxinus excelsior*	
Larix decidua	Betula alleghaniensis ^S	Ulmus crassifolia	
Picea rubens	Fagus grandifolia	Betula nigra*	
		Larix decidua	

Tabla 3 Lista de los árboles más eficientes para mejorar la calidad del aire en Estados Unidos. (Fuente: NOWAK, D.J.: *Tree species selection, design, and management to improve air quality*. Construction Technology. 1995).

Siguiendo la misma línea, el trabajo sobre la ciudad de Barcelona⁹⁰ mencionado en el capítulo anterior; utiliza una vez más el modelo UFORE para determinar la aportación de los árboles y arbustos urbanos a la calidad del aire de la ciudad. El estudio estima que los árboles y arbustos de Barcelona eliminaron 305.6 toneladas de contaminantes del aire durante el año 2008 y calcula su valor económico asociado como servicio ecológico y medioambiental. En la tabla siguiente se puede observar que en el caso de Barcelona el contaminante más extraído es la materia particulada (PM₁₀) seguido con un menos del 50% del ozono (O₃).

⁸⁸ McPHERSON E.G.: Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Sacramento's Urban Forest. Joarnal of Arboriculture 24(4). 1998

⁸⁹ McPHERSON E.G., NOWAK, D.J., ROWNTREE, R.A.: Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. United States Department of Agriculture. General Technical Report NE-186. Pennsylvania. 1994

⁹⁰ CHAPARRO L., TERRADAS, J.: *Ecological Services of Urban Forest in Barcelona*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Ajuntament de Barcelona. Barcelona. 2009

Air pollution removal and its estimated value to society (2008):

Carbon monoxide (CO):	5.6 tons	3,693 €
Nitrogen dioxide (NO ₂):	54.6 tons	253,290 €
Ozone (O ₃):	72.6 tons	336,941 €
Particulate mater (PM10):	166 tons	514,280 €
Sulfur dioxide (SO ₂):	6.8 tons	7,703 €
Total	305.6 tons	1,115,908 €

Tabla 4 Cantidad de contaminantes extraídos por los árboles y arbustos de Barcelona en 2008 y el valor económico del servicio. (Fuente: Chaparro L., Terradas, J.: *Ecological Services of Urban Forest in Barcelona*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Ajuntament de Barcelona. Barcelona. 2009)

Una vez se demuestra la contribución real del arbolado urbano a la calidad del aire y el diferente comportamiento de las especies, el papel del diseñador de parques es realizar una buena selección, para que el parque el parque o jardín pueda desempeñar sus funciones ambientales con eficiencia. Para esto es necesario el conocimiento de las características del elemento vegetal que influyen en estos procesos de limpieza del aire.

Para la reducción de contaminación, especialmente de la materia particulada PM₁₀ las características de la hoja y la copa de los árboles son aspectos determinantes. Las copas densas y de textura fina, con hojas complejas, pequeñas y rugosas capturan más partículas que las copas poco densas y de textura gruesa con hojas simples, grandes y suaves⁹¹. También ha sido comprobado que los árboles cercanos a fuentes emisoras de contaminantes realizan una aportación superior⁹². Otro factor importante es el tamaño y salud del árbol; un árbol de 75 cm de diámetro extrae 70 veces más contaminación que uno de 7.5 cm, asumiendo que los dos están sanos⁹³. Para una buena selección de árboles se tiene que considerar también sus efectos contaminantes; el uso de especies con bajas tasas de emisión de COV ha demostrado ser un buen recurso para mejorar la calidad del aire⁹⁴. Entre los géneros más emisores de COV están: *Liquidambar spp*, *Quercus spp*, *Platanus spp*, *Rhammus spp* y *Salix spp*⁹⁵.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la contaminación perjudica la salud de la planta, reduciendo su crecimiento, inhibiendo la generación y desarrollo de hojas o haciéndolas más vulnerables a multitud de inclemencias, como la sequía, las enfermedades o plagas. Un árbol enfermo no es eficiente en sus funciones medioambientales, un follaje deficiente no intercepta tantas partículas y hace que el árbol transpire menos, y por tanto elimine menos contaminación del aire. Por esta razón es importante también seleccionar especies (ej.: *Ailanthus*, *Gingko*, etc.) que demuestren una buena adaptación a la calidad del aire de la ciudades, en especial del emplazamiento donde se ubiquen⁹⁶. Para esta labor hay estudios que nos facilitan la información necesaria para determinar las necesidades y exigencias de la vegetación, así como su grado de vulnerabilidad a diferentes tipos de agresiones; un buen ejemplo es el libro de Francesc

⁹¹ LITTLE, P.: *Deposition of 2.75, 5.0, and 8.5 µm particles to plant and soil surfaces*. Environ. Pollut. 12:293-305. 1977

⁹² BECKETT, P., FREER-SMITH, P., TAYLOR, G.: *Effective tree species for local air quality management*. Journal of Arboriculture 26(1). 2000

⁹³ McPHERSON E.G., NOWAK, D.J., ROWNTREE, R.A.: *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. United States Department of Agriculture. General Technical Report NE-186. Pennsylvania. 1994

⁹⁴ TAHA, H.: *Modeling impacts of increased urban vegetation on ozone air quality in the South Coast Air Basin*. Atmospheric Environment. 1996. 30(20):3423-3430.

⁹⁵ NOWAK D.J., CRANE D.E.: *The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Quantifying Urban Forest Structure and Functions*. USDA Forest Service, Northeastern Research Station.

⁹⁶ CHAPARRO L., TERRADAS, J.: *Ecological Services of Urban Forest in Barcelona*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Ajuntament de Barcelona. Barcelona. 2009

Navés y Viñas “El Árbol en Jardinería y Paisajismo”⁹⁷.

Como directrices generales para una buena selección de especies podemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- Plantar árboles adaptados a la zona y clima. Un árbol bien adaptado es menos vulnerable y por tanto más sano. Los árboles más sanos eliminan más contaminación.
- Utilizar árboles perennes para reducir el polvo y la materia particulada (PM₁₀). Las hojas interceptan contaminantes particulados.
- Maximizar el uso de especies que emitan poca cantidad de COV, como *Hibiscus*, *Tilia*, *Firmiana*, *Pyrus*, *Jacaranda*, *Malus*, *Fraxinus*, *Prunus*, *Ulmus*, *Melia*⁹⁸.
- Seleccionar árboles de copas densas y de textura finas, así como de hojas complejas pequeñas y rugosas.
- Evitar especies no resistentes a la contaminación. El deterioro de la salud del árbol repercute en su eficiencia como agente medioambiental.
- Plantar árboles resistentes, longevos y de gran tamaño. Los árboles de gran tamaño eliminan más cantidad de contaminación que los árboles de menor tamaño.
- Optar por árboles que requieran poco mantenimiento. Las emisiones resultantes del mantenimiento del árbol pueden suprimir o llegar a superar el servicio medioambiental.

4.2.5. Metodología utilizada en el presente estudio

Se ha desarrollado una valoración cualitativa de la contribución de cada especie de árbol urbano definido en el estudio. Como en el caso del almacenamiento de CO₂ se ha utilizado el software “i-tree Species” del modelo UFORE, desarrollado por el departamento de agricultura de estados unidos (USDA).

Las especies se valoran 0-100% según su aportación a la calidad del aire en grupos cada 10%. En este caso se ha hecho una valoración global dando la misma importancia a todos los contaminantes (CO, O₃, NO₂, SO₂, PM₁₀). La aplicación permite una evaluación diferenciada entre reducción de contaminación y emisiones de COV. Finalmente seleccionando las dos opciones se puede conseguir una valoración de las especies según su capacidad de eliminar contaminantes y la cantidad de COV que emiten, consiguiendo así un índice que refleje de forma más práctica su aportación a la calidad del aire urbano. Como en el caso anterior se ha tenido que recurrir a la información del clima mediterráneo de California para completar la información sobre todas las especies, así como a un rango de temperaturas más amplio (-7°C, 4°C).

⁹⁷ NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995.

⁹⁸ CHAPARRO L., TERRADAS, J.: *Ecological Services of Urban Forest in Barcelona*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Ajuntament de Barcelona. Barcelona. 2009

The screenshot shows the 'i-Tree Species' window with the following inputs highlighted:

- A:** Nation: Spain
- B:** Average Minimum Temperature (Celsius) Range: -1 to 4
- C:** Growing Season Length (no. of days): [empty]
- D:** Air Pollutant Removal: Overall
- E:** Overall Rate: 10
- F:** Report: 10

Fig. 5 Interfaz de i-tree Species. Valoración de las especies de árboles según su capacidad para mejorar la calidad del aire. (Fuente: adaptación propia de la imagen de la interfaz de i-tree Species).

A País: España

B Rango medio de temperaturas mínimas en periodo frío: se han evaluado especies presentes en el rango (-7°C, 4°C).

C Número de días de la estación de crecimiento⁹⁹: se han introducido dos valores 215 y 310, respondiendo a las diferentes definiciones encontradas sobre el término. No obstante, no se han apreciado diferencias en los resultados.

D Reducción general y ponderada de todos los contaminantes.

E Valoración de la prioridad del parámetro 1: 10 a reducción de contaminantes

F Valoración de la prioridad del parámetro 2: 10 a bajas emisiones de COV.

Se valora la capacidad de cada especie para eliminar cada uno de los contaminantes del aire:

- Reducción de NO₂, O₃ y O₃:

Depende de la tasa de transpiración del árbol¹⁰⁰. Se determina la tasa de extracción de contaminantes para cada especie usando el flujo medio de contaminación de 53 ciudades, el factor relativo de transpiración, la superficie de copa y el índice de superficie foliar¹⁰¹ (LAI por sus siglas en inglés). Se

⁹⁹ Algunas fuentes se refieren a “growing season” al periodo entre las primeras y última heladas (valor 300-310 aprox.); el valor “215” se obtiene de la Unidad de Ecología Global CREAL-CEAB-CSIC, Universidad Autónoma de Barcelona. www.creaf.uab.es

¹⁰⁰ Lovett, G.M.: *Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective*. Ecological Application. 1994. 4: 629-650.

¹⁰¹ Unidades de Superficie de hoja verde por unidad de superficie de terreno.

toma como referencia el valor para un árbol con una tasa de transpiración y índice de superficie foliar medias. Este valor se multiplicará por el factor relativo de transpiración de cada especie (respecto al valor de referencia), que depende de las exigencias hídricas de las especies.

Water Use Classification	Relative Transpiration Factor	O ₃ Removal Rate (g/m ² /hr)
High need (H)	1.50	0.00194
High to moderate need (MH)	1.25	0.00162
Moderate need (M)	1.00	0.00129
Moderate to low need (ML)	0.75	0.00097
Low need (L)	0.50	0.00065
Low to very low need (LVL)	0.35	0.00045
Very low need (VL)	0.20	0.00026

Tabla 5 Tasas de extracción de O₃ basadas en la tasa de transpiración relativa de la vegetación. (Fuente: NOWAK, D.J.: *Species Selector(Beta) Utility. Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008)

El valor final de extracción de contaminantes (g/árbol/h) se determina multiplicando la proyección de copa de cada especie por su LAI y la tasa de extracción para cada contaminante, en base a su factor relativo de transpiración:

$$\text{Extracción de contaminante (g/árbol/h)} = (\text{tasa de extracción del contaminante (g/m}^2\text{/h)}) * (\text{superficie de copa}) * (\text{LAI}/6)$$

Como en el caso del CO, los árboles pueden ser generadores indirectos de O₃ mediante la emisión de VOC; por tanto para obtener el valor neto de extracción de O₃ se debe restar la formación de O₃.

$$\text{Extracción de O}_3 \text{ neta (g/árbol/h)} = \text{extracción de O}_3 - \text{formación de O}_3$$

- Reducción de CO:

Se determina para cada especie usando el flujo de CO medio de 53 ciudades (0.00007 g/m²/h); superficie total de copa y su LAI.

$$\text{Extracción de CO (g/árbol/h)} = (\text{Flujo de CO}) * (\text{Superficie de copa}) * (\text{LAI}/6)$$

Los árboles pueden ser generadores de CO a partir de la emisión de VOC, por tanto su potencial de formación de CO (COFP por sus siglas en inglés) se deberá restar a su capacidad de extracción del contaminante para conseguir el valor neto:

$$\text{Extracción de CO neta (g/árbol/h)} = \text{extracción de CO (g/árbol/h)} - \text{COFP}$$

- Reducción de PM₁₀:

Se asigna una valoración a las propiedades físicas de las hojas¹⁰²; las velocidades y tasas de deposición de partículas se asocian a cada tipo de hoja usando como referencia los valores para la ortiga (representando los árboles de mejor comportamiento), del álamo blanco (comportamiento medio) y finalmente la haya (peor comportamiento). La tasa media de eliminación de PM₁₀ representa un árbol de

¹⁰² NOWAK, D.J.: *Species Selector(Beta) Utility. Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008 <http://www.itreetools.org/resources/manuals.php>

valor medio que se usa como referencia para ponderar el comportamiento del resto de las especies , dependiendo de la valoración que reciba su tipo de hoja.

Species	Leaf Score	Avg. V_d (cm/sec)	Weight Factor	PM ₁₀ Removal Rate (g/m ² /hr, LAI = 6)
Nettle	81-100	1.24	1.5	0.00111
	61-80		1.25	0.00093
White poplar	41-60	0.82	1.0	0.00074
	21-40		0.64	0.00047
Beech	0-20	0.23	0.28	0.00021

Tabla 6 Rango de puntuación del follaje y el desarrollo de sus tasas de deposición asociadas (V_d). (Fuente: NOWAK, D.J.: *Species Selector(Beta) Utility. Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008).

La tasa final de reducción de PM₁₀ (g/árbol/h) se obtiene multiplicando esta tasa por un índice de superficie foliar y la superficie de proyección de su copa (πr^2).

$$\text{Eliminación de PM}_{10} \text{ (g/árbol/h)} = (\text{Superficie de copa}) * (\text{tasa de eliminación de PM}_{10}, \text{g/m}^2/\text{h}) * (\text{LAI}/6)$$

La valoración global del comportamiento de los distintos árboles a la contaminación se hace mediante la valoración de los efectos de cada contaminante. El efecto neto de cada contaminante se pondera con el efecto relativo de cada contaminante basándose en los estándares de calidad del aire ambiente de California (California Air Resources Board 2005) para un mismo periodo de medición.

Standards	Ozone (O ₃)	Particulate Matter (PM ₁₀)	Nitrogen Dioxide (NO ₂)	Sulfur Dioxide (SO ₂)	Carbon Monoxide (CO)
1-hour	180 µg/m ³		470 µg/m ³	655 µg/m ³	23,000 µg/m ³
24-hour		50 µg/m ³		105 µg/m ³	
Weight*	1.00	0.58	0.38	0.27	0.01

* weight = 180 / 1-hour standard. PM₁₀ 1-hour standard was estimated as 312 µg/m³ based on the ratio of 1-hour to 24-hour standard of sulfur dioxide.

Tabla 7 Estándares de calidad del aire de California. El peso se obtiene usando como referencia el estándar 1-hora. (Fuente: NOWAK, D.J.: *Species Selector(Beta) Utility. Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008).

$$\text{Valoración global} = [(\text{efecto O}_3 \text{ (g/árbol/h)} * 1.0) + (\text{efecto PM}_{10} * 0.58) + (\text{efecto NO}_2 * 0.38) + (\text{efecto SO}_2 * 0.27) + (\text{efecto CO} * 0.01)]$$

Para más información se puede consultar el manual de i-tree Species disponible online¹⁰³

¹⁰³ NOWAK, D.J.: *Species Selector(Beta) Utility. Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008 <http://www.itreetools.org/resources/manuals.php>

4.3. Efectos sobre la salud: alergias

4.3.1 Alergia al polen: la polinosis

La polinización es el proceso de transporte de los granos de polen desde los estambres hasta el pistilo.

*“En España, entre 20-25% de la población muestra algún tipo de alergia. Un 20% de ellos presentan alergia al polen o polinosis, un hecho que ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años”*¹⁰⁴.

La polinosis se caracteriza por producir síntomas que afectan a los ojos, nariz y pulmones y se presenta principalmente en las etapas de máxima emisión de polen alergénico que varía de una región a otra según el tipo de vegetación y clima. En climas mediterráneos como el español sucede principalmente en primavera y verano¹⁰⁵, mientras que por ejemplo zonas más influenciadas por el clima tropical se produce en otoño e invierno¹⁰⁶. El porcentaje de población que sufre polinosis llega a 30% en jóvenes¹⁰⁷, también es más común en mujeres que en hombres y, paradójicamente, más frecuente en zonas urbanas que en rurales, debido a la baja calidad del aire por presencia de contaminantes”¹⁰⁸¹⁰⁹.

Hay dos tipos de planta considerando el tipo de distribución del polen: las plantas zoófilas con flores vistosas y olorosas que atraen a animales como pájaros e insectos que distribuyen su polen; y las anemófilas de flores poco vistosas y sin olor cuyo polen es transportado por el viento, estas últimas producen grandes cantidades de polen y son las responsables de las alergias.

Hoy en día la polinosis es muy común, pero existen muy pocas referencias antes del siglo XIX. Hasta mediados del siglo XIX el Dr. Bostock afirmó que las plantas inducían la “fiebre del Heno”¹¹⁰. Blackley confirmó que la causa de la fiebre era el polen estableciendo la relación entre la polinosis y la vegetación quedó establecida¹¹¹. Para inicios del siglo XX, King había demostrado que la polinosis era un tipo de respuesta inmunitaria¹¹². Desde entonces hasta ahora ha habido un gran avance a nivel de detección de causas, diagnóstico y terapia.

El aumento de reacciones alérgicas a algunos pólenes emitidos por la vegetación urbana ha generado una gran controversia entorno al uso de algunas especies en el entorno urbano. A raíz de esta problemática se han desarrollado estudios que han intentado crear una base de datos y establecer unas directrices para diseñar espacios verdes de bajo impacto alergénico. A pesar de que en muchos casos la causa de estas reacciones recae sobre la especie vegetal seleccionada un mal diseño de los espacios verdes y un incorrecto mantenimiento de éstas puede agravar dramáticamente la situación.

Se ha realizado una descripción de las causas principales de la polinosis producida por especies arbóreas

¹⁰⁴ CARIÑANOS GONZÁLEZ, P. EurekaAlert! 2008 http://www.eurekaalert.org/pub_releases_ml/2008-11/aft-v_1110608.php

¹⁰⁵ Gobierno de España. Ministerio de Sanidad, Servicios sociales e Igualdad.

<http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/enfLesiones/enfNoTransmisibles/alergias.htm>

¹⁰⁶ XIN, J. et al.: *Allergenic pollen plants and their influential factors in urban areas. acta ecologica sinica.* 27(9), 3820-3827. 2007

¹⁰⁷ Gobierno de España. Ministerio de Sanidad, Servicios sociales e Igualdad.

<http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/enfLesiones/enfNoTransmisibles/alergias.htm>

¹⁰⁸ D'AMATO, G. et al.: *Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. Allergy.* 2007.

¹⁰⁹ Gobierno de España. Ministerio de Sanidad, Servicios sociales e Igualdad.

<http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/enfLesiones/enfNoTransmisibles/alergias.htm>

¹¹⁰ EMANUEL, M.: *Hay fever, a post industrial revolution epidemic: a history of its growth during the 19th century.* Oxford. 1988

¹¹¹ BLACKLEY C H. *Experimental Research on the causes and nature of Catarrhus Aestivus (hay-fever or hay-asthma).* Tindall and Cox. London: Ballière. 1873

¹¹² YE S T, ZHANG J T, QIAO B S, et al.: *Airborne and allergenic pollen grains in China.* Science Press. Beijing. 1998.

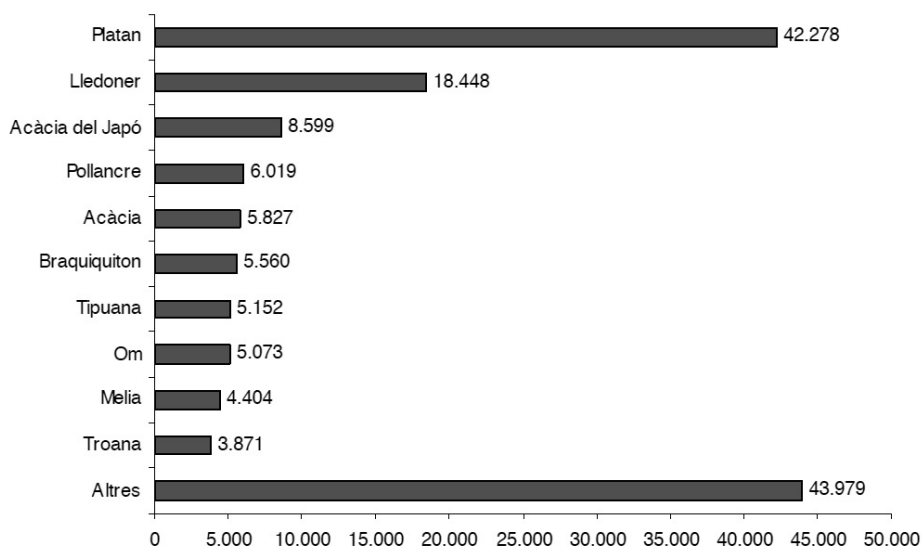
ornamentales en entornos urbanos. Para ello se ha utilizado como referencia la clasificación realizada por el trabajo “Urban Green Zones and Related Pollen Allergy: A Review. Some Guidelines for Designing Spaces With Low Allergy Impact” realizado por científicos de la Universidad de Granada¹¹³.

4.3.2. Causas y agravantes de la polinosis en entornos urbanos

Temperatura: diferentes estudios han demostrado que el aumento de las temperaturas tiene efectos potenciadores tanto de la cantidad de polen emitido por las especies vegetales como de su capacidad alergénica. En las últimas décadas con la creciente presencia de CO₂ en la atmosfera y el efecto de isla de calor se ha producido un adelanto de la época de floración en entornos urbanos que ha resultado en un periodo de polinización más largo¹¹⁴.

Biodiversidad : el uso masivo de pocas especies vegetales genera en muchas ocasiones un predominio excesivo de un determinado tipo de polen, que en algunos casos provoca reacciones alérgicas.

La ciudades de Barcelona y Madrid están entre las ciudades con índices más altos de polen del género *Platanus* durante la época de polinización¹¹⁵, siendo éste una de las causas principales de alergia al polen entre la ciudadanía¹¹⁶. La apuesta por la biodiversidad vegetal en la ciudad de Barcelona ha llevado a la substitución paulatina de árboles del género *Platanus*, la especie más predominante en el arbolado viario¹¹⁷.



Graf. 3 Distribución del arbolado viario según especie en la ciudad de Barcelona. (Fuente: Pla de gestió de l'arbrat viari de Barcelona 2008. Àrea de Medi Ambient, Ajuntament de Barcelona)

¹¹³ CARIÑANOS P. y CASARES-PORCEL M.: *Urban Green zones and related pollen allergy: A riview. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact*. Elsevier. 2011

¹¹⁴ XIN, J. et al.: *Allergenic pollen plants and their influential factors in urban areas*. *acta ecologica sinica*. 2007. 27(9), 3820-3827

¹¹⁵ DÍAZ DE LA GUARDIA, C., SABARIEGO, S., ALBA, F., RUIZ, L., GARCIA-MOZO, H., TORO GIL, F., et al.: *Aeropalynological study of the genus Platanus L. in the Iberian Peninsula*. *Polen*, 10, 93–101. 1999.

¹¹⁶ GABARRA, E., BELMONTE, J., y CANELA, M.: *Aerobiological behaviour of Platanus L. pollen in Catalonia (North-East Spain)*. *Aerobiologia*, 18, 185-193. 2002

¹¹⁷ La Vanguardia.com: *Barcelona reducirá a la mitad sus plátanos*. 2012

<http://www.lavanguardia.com/vida/20120102/54243770983/arboles-plataneros-barcelona-medio-ambiente.html>

En el caso de la ciudad de Granada la abundancia del género *Cupressus* explica los altos índices de sensibilización a su polen de bien conocida capacidad alérgica¹¹⁸.

- *Fuentes emisores de polen*: hay dos tipos de planta considerando el tipo de distribución del polen. Las plantas zoófilas tienen flores vistosas y olorosas que atraen a animales como pájaros e insectos que distribuyen su polen; y las anemófilas, de flores poco vistosas y sin olor, cuyo polen es transportado por el viento. Éstas producen grandes cantidades de polen y son las responsables de las alergias.

Las especies que generan grandes cantidades de polen y su uso masificado en los entornos urbanos los convierte en generadores masivos de un tipo específico de polen, generando diversas afecciones entre la población, como por ejemplo puedes ser el caso del *Populus nigra* (macho), o del *Platanus hispanica*. El uso extendido en ciudades mediterráneas del género *Cupressus*, para infinidad de usos, como la generación de vallas o pantallas, así como de árboles produce una producción de polen alérgico¹¹⁹

- *Especies exóticas*: la introducción de especies exóticas puede provocar nuevos casos de sensibilización, así como el prolongamiento de la temporada de polinización, por tanto del periodo de alergias. En las ciudades, la introducción de especies exóticas con periodos de polinización diferentes a las de especies autóctonas puede provocar nuevas reacciones alérgicas; y una ampliación del periodo de polinización, que en nuestro clima mediterráneo comprende, especialmente, las temporadas de primavera y verano.

Entre las especies exóticas más usadas con pólenes potencialmente alérgicos está el *Eucalyptus* (Australia) y el *Ginkgo biloba*, árbol dioico procedente de China y del cual se usa especialmente el macho, generador de grandes cantidades de polen con capacidad alérgica¹²⁰.

- *Sexismo botánico*: el sexismo botánico es uno de los aspectos que agrava los casos de alergia producidos por el arbolado urbano¹²¹. En el caso de las especies dioicas (ejemplares macho y ejemplares hembra) a menudo hay una discriminación clara a favor de las especies masculinas. Los ejemplares hembra generan frutos y semillas que se acumulan en el suelo y pueden producir molestias como suciedad, mal olor o suelos pegadizos. Los ejemplares machos, por lo contrario, a pesar de no producir estas inconveniencias, en algunos casos son grandes generadores de polen alérgico, algunos ejemplos son los *Salix*¹²², *Acer*¹²³, *Morus*¹²⁴, *Ginkgo*¹²⁵ y algunas palmeras del género *Phoenix*¹²⁶.

Hay alguna especie en las cuales, a pesar de no ser dioicas predominan las flores macho, generando el mismo problema, como es el caso de algunas especies del género *Fraxinus*¹²⁷.

¹¹⁸ CHARPIN, D., CALLEJA, M., LAHOZ, C., PICHOT, C. y WAISEL, Y. *Allergy to Cypress pollen*. Allergy 60. 2005.

¹¹⁹ CARIÑANOS P. y CASARES-PORCEL M.: *Urban Green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact*. Elsevier. 2011

¹²⁰ YUN, Y. Y., SI-HWAN, K., JUNG-WON, P., and CHEIN-SOO, H.: *IgE immune response to Ginkgo biloba pollen*. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 85, 298–302. 2000.

¹²¹ ORGEN, T.L.: *Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping*. Ten speed press. Berkeley, California. 2000

¹²² REQI, F., XIE, S., and WEI, F.: *Pollen survey and clinical research in Yunnan, China*. Aerobiologia, 17, 165–169. 2001

¹²³ ERIKSSON, N.E.: *Allergy to pollen from different deciduous trees in Sweden*. Allergy, 33, 299–309. 1978

¹²⁴ BLANCO, C., CARRILLO, T., QUIRALTE, J., PASCUAL, C., MARTIN-ESTEBAN, M., & CASTILLO, R. *Occupational rhinoconjunctivitis and bronchial asthma due to Phoenix canariensis pollen allergy*. Allergy, 50(3), 277–280. 1995

¹²⁵ YUN, Y. Y., SI-HWAN, K., JUNG-WON, P., and CHEIN-SOO, H.: *IgE immune response to Ginkgo biloba pollen*. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 85, 298–302. 2000.

¹²⁶ BLANCO, C., CARRILLO, T., QUIRALTE, J., PASCUAL, C., MARTIN-ESTEBAN, M., and CASTILLO, R.: *Occupational rhinoconjunctivitis and bronchial asthma due to Phoenix canariensis pollen allergy*. Allergy, 50(3), 277–280. 1995

¹²⁷ CARIÑANOS P. y CASARES-PORCEL M.: *Urban Green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact*. Elsevier. 2011

- *Especies invasoras*: las especies invasoras son especies no nativas que al ser introducidas se naturalizan y reproducen rápidamente sin ningún tipo de ayuda. Éstas ,como las exóticas, pueden producir nuevos tipos de sensibilización, así como la prolongación de los periodos de alergia. En este grupo se encuentran hoy en día especies ornamentales ampliamente usadas en nuestros entornos urbanos, por ejemplo el *Acer Negundo*, *Gleditzia triacantos*, *Robinia pseudoacacia*, etc.

- *Polinosis por proximidad*: esta polinosis es debida especialmente a la proximidad física con la planta polinizadora. En nuestra zona son especialmente relevantes las especies pertenecientes al género *Cupressaceae* que ,por su morfología, generan flores desde la cota de la base¹²⁸, emitiendo polen que fácilmente entra en contacto directo con el ciudadano. En este caso cabe decir que la frecuente poda de estas especies reduce la cantidad de flores y por tanto la capacidad de generar alergias.

- *Reacciones cruzadas*: la respuesta inmunológica producida por un alérgeno específico del polen de una determinada especie puede causar una reacción cruzada para alérgenos contenidos en el polen de especies pertenecientes a la misma familia y género; o simplemente en los casos en los que los alérgenos sean parecidos a pesar de tener orígenes diferentes. En el caso en que varios ejemplares relacionados convivan en un mismo entorno, el rango de especies que nos producen la reacción alérgica puede verse incrementado. Un ejemplo de reacción cruzada se produce entre ciertos pólenes del grupo de las Pináceas y proteínas y algunos tipos de césped (*Lolium perenne*)¹²⁹.

- *Interacción con contaminantes atmosféricos*: hay diferentes estudios que asocian la contaminación atmosférica a una mayor cantidad de alergia por polinosis en zonas urbanas con respecto a zonas rurales¹³⁰. Algunos trabajos también exponen la relación entre algunos contaminantes y la expansión y agravamiento de los síntomas alérgicos, ya que tanto la cantidad como el potencial alérgico de los granos de polen se pueden ver aumentado por la presencia de éstos, por ejemplo del CO₂¹³¹¹³².

Tres tipos de contaminantes atmosféricos: O₃, NO_x y PM, procedentes de la contaminación del tráfico se presentan también como potenciadores de la polinosis¹³³, ya sea porque actúan como portadores de granos de polen o reaccionando químicamente alterando la alergenidad de estos.

A pesar de que este trabajo se centra en las características asociadas a las especies vegetales, hay que señalar que el potencial alérgico de los espacios verdes urbanos depende más de su diseño y gestión, que de las características intrínsecas de la especie. Así pues, a parte de seleccionar especies con poco

¹²⁸ SEITZ, J. A. and ESCOBEDO, F.: *Urban Trees and Allergies in North Florida*. FOR 206. School of Forest Resources and Conservation, Florida Cooperative Extension. 2009.

Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida.

¹²⁹ CONFORD, C. A., FOUNTAIN, D. W., and BURR, R. G.: *IgE-binding proteins from pine (*Pinus radiata*) pollen: evidence for cross-reactivity with ryegrass (*Lolium perenne*)*. International Archives of Allergy and Applied Immunology, 93, 41–46. 1990

¹³⁰ D'AMATO, G., LICCARDI, G., and D'AMATO, M.: *On the interrelationship between outdoor air pollution and respiratory allergy*. Aerobiologia, 16, 1–6. 2000.

¹³¹ RODRIGUEZ-RAJO, F. J., FERNANDEZ-SEVILLA, D., STACH, A. and JATO, V.: *Assessment between pollen seasons in areas with different urbanization level related to local vegetation sources and differences in allergen exposures*. Aerobiologia, 26, 1–14. 2010

¹³² ZISKA, L. H., BUNCE, J. A., and GOINS, E. W.: *Characterization of an urban–rural. CO₂/temperature gradient and associated changes in initial plant productivity during secondary succession*. Oecologia, 139, 454–458. 2004

¹³³ Chini alergia 2 crec

potencial alérgico, será fundamental introducir los siguientes puntos en el diseño¹³⁴:

- Aumentar la biodiversidad.
- Evitar sexismo botánico.
- Regular la introducción de especies exóticas e invasivas.
- Conocer las posibles reacciones cruzadas entre pólenes de diferentes especies.
- Intentar reducir los niveles de contaminación urbana para una mejor calidad y salubridad del aire.

4.3.3. Metodología utilizada en el presente estudio

El sistema usado para evaluar la alergenidad de los diferentes árboles ha sido el OPALS creado por Thomas Leo Orgen¹³⁵. Orgen otorga un valor del 1-10 a cada especie de árbol según su potencial alérgico, siendo el 1 el más favorable y 10 el más desfavorable. En el caso que haya variantes caducas y perennes o individuos de diferente género que puedan mostrar diferentes comportamientos, se otorga un valor para cada uno de los casos. El OPALS es la primera escala que se realiza para medir el potencial alérgico de las especies arbóreas y toma en consideración todos los tipos de alergias relacionadas con las plantas, ya sean por inhalación de polen o por contacto. Mayor importancia se otorga a las alergias por inhalación, ya que pueden provocar problemas respiratorios y patologías como el asma; además este tipo de reacciones alérgicas tienen un círculo de influencia mayor¹³⁶. En la valoración se incluyen también, aunque con menos repercusión, los efectos urticantes e irritantes que puedan tener ciertas especies arbóreas, así como si son venenosas o no.

Los síntomas producidos por la alergia pueden ser principalmente congestión y secreción nasal, membranas mucosas pálidas, estornudos, ojos irritados, ojeras, secreción y congestión en las orejas, dificultad al dormir, pérdida del olor y el gusto, cambios en la voz, fatiga, picor en la garganta, tos, irritación cutánea y dificultades respiratorias tipo asma¹³⁷.

¹³⁴ CARIÑANOS P. y CASARES-PORCEL M.: *Urban Green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact*. Elsevier. 2011

¹³⁵ ORGEN, T.L.: *Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping*. Ten speed press. Berkeley, California. 2000

¹³⁶ ORGEN, T.L.: *Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping*. Ten speed press. Berkeley, California. 2000

¹³⁷ ORGEN, T.L.: *Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping*. Ten speed press. Berkeley, California. 2000

5. Caso de estudio: valoración paramétrica de los árboles de los espacios verdes de Sant Cugat del Vallès

Los métodos de valoración medioambiental de los árboles urbanos descritos con anterioridad se aplicarán a los árboles presentes en seis parques de carácter representativo del municipio catalán de Sant Cugat del Vallès.

Para comprender la realidad medioambiental del municipio se hará una descripción general de aspectos geográficos, climáticos, urbanos y finalmente de los espacios verdes. Posteriormente, se pasará al estudio más específico de la respuesta del arbolado urbano a los aspectos medioambientales tratados en los anteriores capítulos:

- Los árboles urbanos de Sant Cugat y el cambio climático: Absorción y secuestro de CO₂
- Los árboles urbanos de Sant Cugat y la contaminación
- Impacto alergénico de los árboles urbanos de Sant Cugat

5. Caso de estudio: valoración paramétrica de los árboles de los espacios verdes de Sant Cugat del Vallès

Los métodos de valoración medioambiental de los árboles urbanos descritos con anterioridad se aplicarán a los árboles presentes en seis parques de carácter representativo del municipio catalán de Sant Cugat del Vallès.

Para comprender la realidad medioambiental del municipio se hará una descripción general de aspectos geográficos, climáticos, urbanos y finalmente de los espacios verdes. Posteriormente, se pasará al estudio más específico de la respuesta del arbolado urbano a los aspectos medioambientales tratados en los anteriores capítulos:

- Los árboles urbanos de Sant Cugat y el cambio climático: Absorción y secuestro de CO₂
- Los árboles urbanos de Sant Cugat y la contaminación
- Impacto alergénico de los árboles urbanos de Sant Cugat

5.1 Descripción del municipio

5.1.1. Geografía

El municipio de Sant Cugat del Vallès se sitúa en la vertiente septentrional de la sierra de Collserola, es limítrofe con la ciudad de Barcelona y pertenece a su área metropolitana. El municipio se divide geográficamente en tres partes:

- Zona norte montañosa: formada por los límites de la Sierra Central Vallesana, poco extensa y de poca altura. Sus contrafuertes generan torrentes de trayectoria Norte-Sur en la parte norte del municipio.
- Zona central llana: la Depresión Central, con suaves ondulaciones y recorrida por varios torrentes.
- Zona Sur montañosa: formada por la vertiente norte de la Sierra de Collserola, con picos de entre 300 y 400 m de altura.

En los territorios del municipio hay un predominio de los suelos silíceos ácidos, formados por la alteración de pizarras y arcillas.

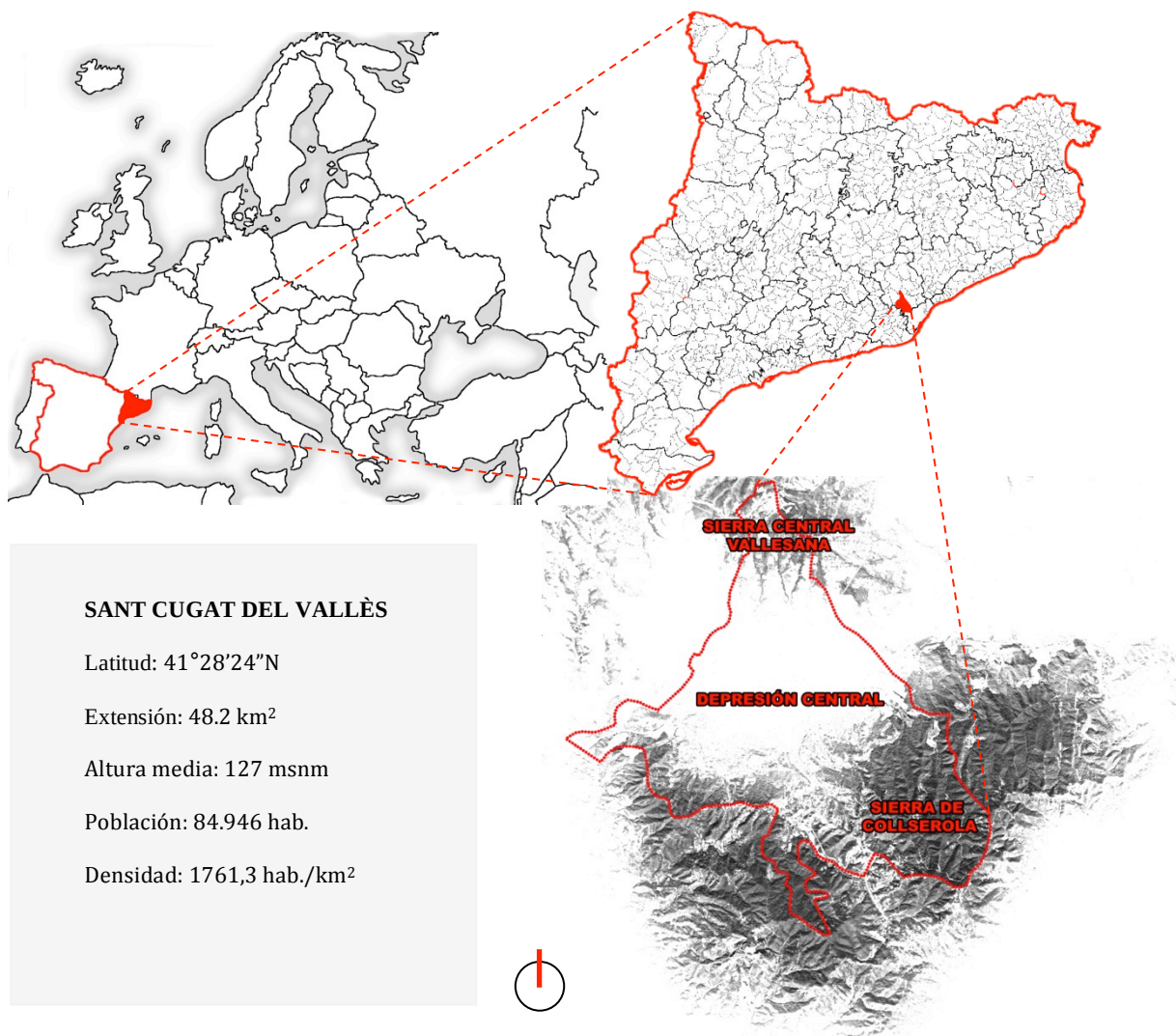
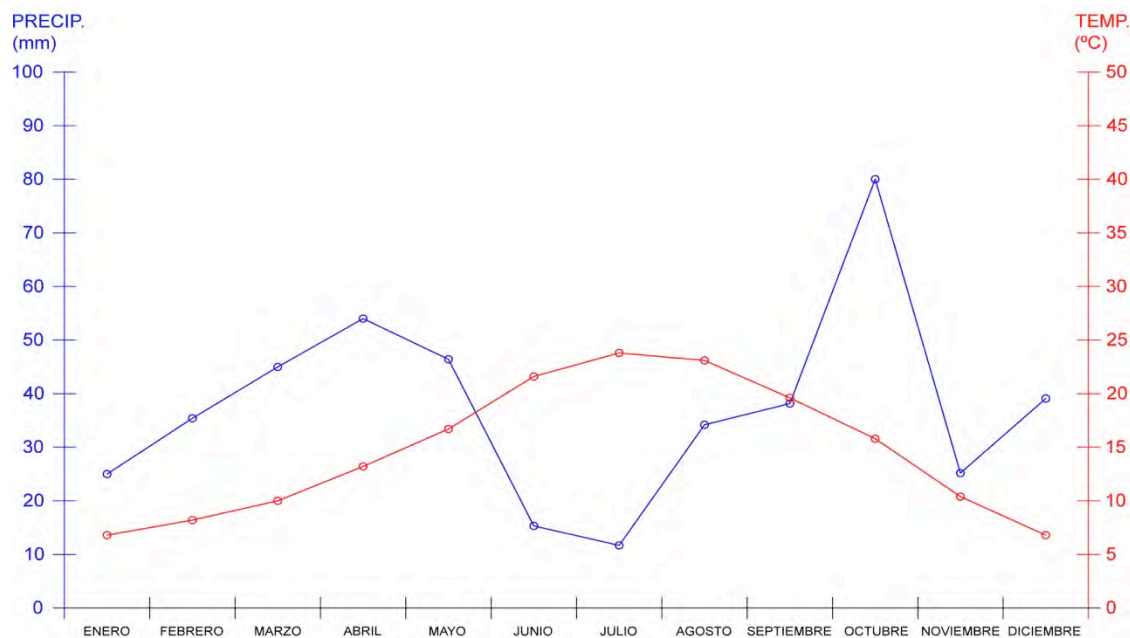


Fig. 6 Ubicación y características generales del municipio de estudio. (Fuente: producción propia).

5.1.2 Clima

El clima de Sant Cugat corresponde al clima mediterráneo litoral central, con una media de temperaturas anual superior a 14°C. Aunque este tipo de clima presenta cierta variabilidad, se caracteriza por tener inviernos relativamente suaves y veranos calurosos y secos. Las precipitaciones se mantienen normalmente entre los 450-650mm anuales, siendo más abundantes en primavera y otoño y presentando un periodo de aridez de aproximadamente dos meses en verano.



Graf. 4 Diagrama climático de Sant Cugat del Vallès. (Fuente: producción propia basada en los datos de la estación meteorológica de la Escuela Superior de Arquitectura del Vallès (ETSAV))

Los aspectos orográficos tienen gran influencia en el microclima de la localidad. Por un lado, el límite sur formado por la sierra de Collserola mitiga la influencia litoral, aportando cierta continentalidad al clima y aumentando la amplitud térmica (20°C aprox.)¹²⁹. Además, la misma variación orográfica propicia contrastes térmicos que llegan hasta 8°C dentro del mismo municipio. Tanto las características climáticas como el sustrato geológico determinan la presencia y disponibilidad de agua en el territorio. Además, éste está recorrido por múltiples torrentes que, a pesar de estar secos la mayor parte del año, disponen de agua fácilmente accesible en sus capas freáticas.

5.1.3. Desarrollo urbano del municipio

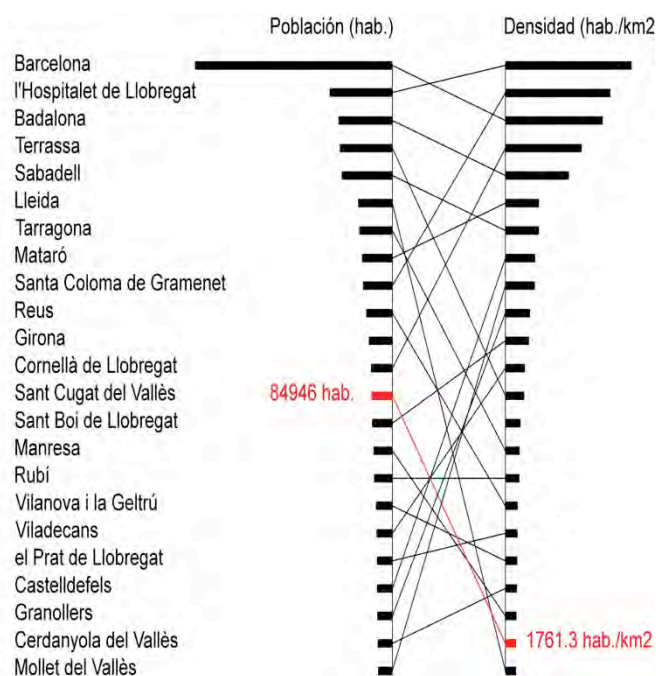
A principios del siglo XX, el pueblo de Sant Cugat del Vallès tenía entorno a 2000 habitantes y su economía se basaba en las actividades agrícola y ganadera. Éstas se desarrollaban en los terrenos llanos de la depresión central, mientras que las actividades forestales tenían lugar en las zonas montañosas.

La evolución urbana del municipio se ha visto directamente vinculada a su posición y conexión respecto al área metropolitana de Barcelona, así como al paso de infraestructuras de comunicación territorial.

¹²⁹ BUSQUETS I FABREGAS, J.: *El medi natural de Sant Cugat del Vallès*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 9. Sant Cugat del Vallès. 1996

- Llegada del ferrocarril: Sant Cugat pasa a ser un punto intermedio y estratégico en la conexión ferroviaria entre Barcelona y los núcleos industriales de Sabadell y Terrassa, capitales de comarca.
- Apertura de la autopista A-7
- Apertura de los túneles de Vallvidrera: conectando el municipio directamente con la ciudad de Barcelona.

Partiendo de un pueblo con un núcleo compacto y eminentemente peatonal, la llegada del ferrocarril propicia el surgimiento de los primeros ensanches cerca del núcleo y la creación de una ciudad jardín extensiva cerca de las nuevas estaciones de les Planes, la Floresta, Vallldoreix i Mira-sol. Su ubicación, la calidad de su medio natural y las mejoras en la comunicación, propician el crecimiento demográfico de la población. Este crecimiento va también acompañado de la creación de nuevos ensanches periféricos dedicados a la segunda residencia. A principios de los años 80, hubo un cambio progresivo a un modelo de primera residencia y la ocupación de suelo próximo a los primeros ensanches y al núcleo, anteriormente dedicados a usos agrícolas (Can Ganxet, Coll Favà, Sant Domènec-el Colomer y Torreblanca)¹³⁰. Con la implantación de sedes de varias empresas y centros de servicios, se generan nuevos desarrollos más especializados en actividades económicas. Recientemente, Sant Cugat ha experimentado un crecimiento importante en forma de nuevos ensanches, es el caso del barrio de Can Mates y Volpelleres. En los últimos 15 años el municipio ha aumentado en más de 30.000 habitantes, llegando a la cifra de 84.946 en 2012.



Graf. 5 Relación entre poblaciones y densidades de las ciudades catalanas de más de 50000 habitantes. (Fuente: producción propia basada en datos de IDESCAT).

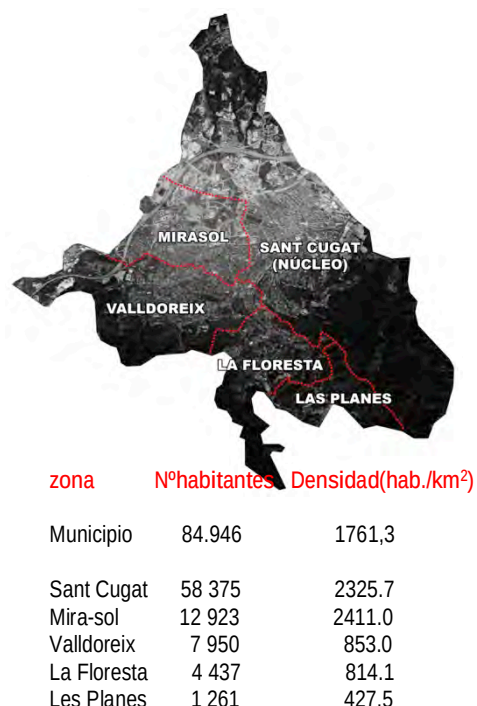


Fig. 7 La zonificación del municipio con su población y densidad correspondientes. (Fuente: producción propia basada en la información de INE).

¹³⁰ MIRÓ I GENOVART, N., de PABLO PONTE, A.: *Sant Cugat del Vallès: Una opció per a la mobilitat*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 8. Sant Cugat del Vallès. 1996

Sant Cugat se encuentra en penúltima posición en la escala de densidades de las poblaciones de más de 50.000 habitantes en Cataluña. Comparando las densidades de cada parte del municipio con la foto área, se pueden deducir las causas de esta baja densidad. La zona de Sant Cugat (núcleo), concentra la población en la parte de la depresión central, liberando grandes extensiones en las partes Norte y Sur, como se observa en la Fig. 7. Estas zonas corresponden a áreas boscosas naturales de la sierra de Collserola(sur) y la sierra Central Vallesana (norte), hecho que explica su aparente baja densidad cuando se valora en conjunto. La baja densidad del resto de zonas (Mira-sol, Valldoreix, la Floresta y les Planes) se debe a un desarrollo de ciudad jardín que se alterna con espacios segregados de la sierra.

Esto nos lleva finalmente a la reflexión sobre los espacios verdes de la ciudad. Estos están compuestos por su verde natural, correspondiente a las grandes extensiones boscosas de Collserola; su verde público, definido por sus parques y jardines urbanos; y todo su verde privado, formado por los jardines de las casas, que de igual manera contribuyen a la imagen y calidad ambiental de la ciudad.

5.1.4. Espacios verdes del municipio

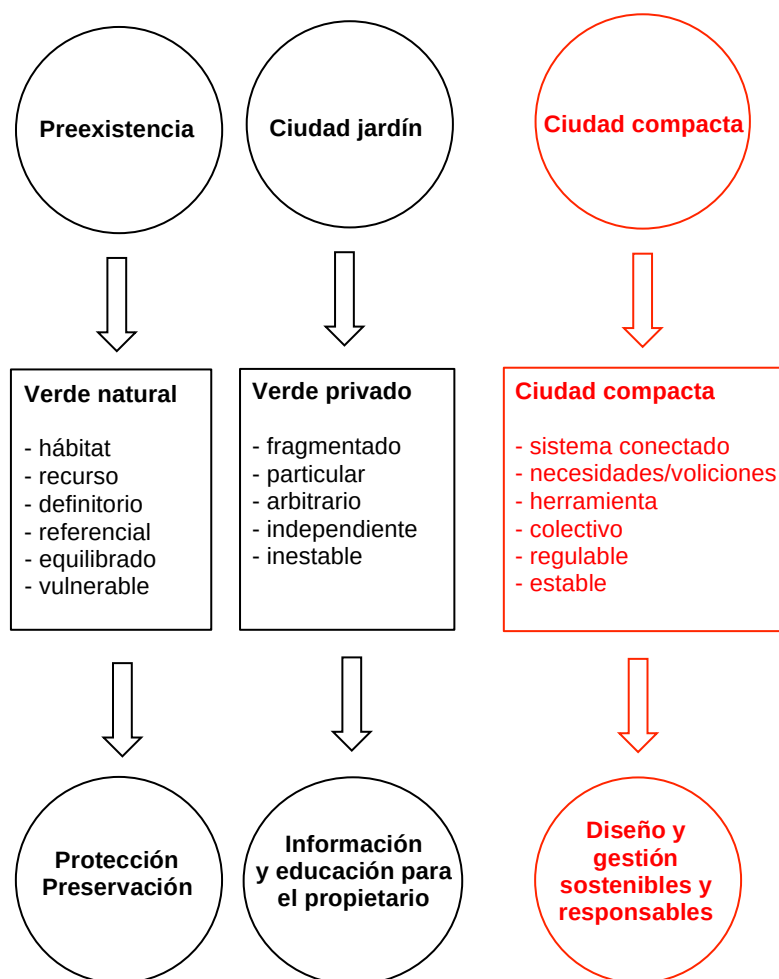


Fig. 8 Esquema de los tipos de sistemas verdes, su relación con el medio urbano, características y necesidades. (Fuente: producción propia).

Todos los tipos de verde presentes en el municipio intervienen de forma activa en su salud medioambiental local y global. No obstante, el control que tenemos sobre las características de cada tipo es diferente. Por un lado, el verde natural es una preexistencia del territorio, definiéndolo, aportándole equilibrio biológico y dotándolo de un hábitat lleno de recursos. Éste debe ser protegido ante el avance de la urbanización y ser tomado como referencia para los otros tipos de verde, ya que presenta las cualidades de máxima adaptación al clima y orografía locales. El verde privado tiene una aportación medioambiental considerable; a pesar de representar un tipo de desarrollo urbano calificado como insostenible, y de ofrecer muy pocas posibilidades de regulación por parte de las administraciones. Finalmente, el verde público urbano es el que permite un diseño más exhaustivo, respondiendo a requerimientos y necesidades del municipio. El verde público es un aspecto importante en el desarrollo urbano de alta densidad, ya que puede ser una importante herramienta de mejora medioambiental. El objeto de nuestro estudio se centrará sobre las especies arbóreas presentes en el último, ya que es el único que responde a un diseño y necesidades a nivel colectivo, y que además permite una regulación a nivel municipal. Sin embargo, los otros dos tipos serán también descritos, ya que son imprescindibles para comprender la estructura y características del verde público urbano.

El espacio verde natural:

A pesar de que el clima de la zona no resulta adverso para el desarrollo de la vegetación, el frío en invierno y la sequía de los meses de verano hacen de factores limitadores. Esto propicia la aparición de especies perennifolias adaptadas a las condiciones del territorio¹³¹. La mano del hombre provocó que en la depresión central este tipo de vegetación fuera siendo progresivamente substituida por campos de cultivo y posteriormente por edificaciones.

La vegetación potencial¹³² de la zona corresponde al encinar, un bosque selvático, siempre verde, sombrío y con un sotobosque muy rico en especies. Este bosque se puede alternar con bandas de bosque caducifolio en las riberas de los cursos de agua¹³³. Sin embargo, la actividad humana ha promovido una substitución progresiva de estas comunidades vegetales por campos de cultivo y posteriormente por edificación, especialmente en la depresión central. En las zonas montañosas del norte y sur del municipio también se ha ido produciendo una substitución del encinar por pinares, maquias, brollas y prados; formaciones más inestables y mucho menos ricas que la primera¹³⁴. Los pinares de la zona, a pesar de no ser las comunidades clímax¹³⁵, tanto por su extensión como por su exuberancia figuran entre los más reconocidos del mundo¹³⁶. Actualmente el abandono de las actividades agrícolas y forestales está comportando un avance del bosque y una densificación del sotobosque, lo cual indica que el bosque está en proceso de regreso a su vegetación potencial. Podemos ver pues, la alternancia y convivencia entre las dos comunidades vegetales, aunque por el momento el pinar es claramente predominante.

¹³¹ La Vola, SAL, Consultoria: *Diagnosi sociambiental de Sant Cugat del Vallès*. Manelleu. 2006

¹³² Comunidades maduras, en su punto máximo de adaptación, organización y especialización. Las comunidades se encuentran en un periodo de estabilidad con poco crecimiento biomásico. Cualquier comunidad vegetal tiende a evolucionar hacia la vegetación potencial vinculada a la región.

¹³³ BUSQUETS I FABREGAS, J.: *El medi natural de Sant Cugat del Vallès*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 9. Sant Cugat del Vallès. 1996

¹³⁴ BUSQUETS I FABREGAS, J.: *El medi natural de Sant Cugat del Vallès*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 9. Sant Cugat del Vallès. 1996

¹³⁵ Vegetación potencial.

¹³⁶ BUSQUETS I FABREGAS, J.: *El medi natural de Sant Cugat del Vallès*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 9. Sant Cugat del Vallès. 1996

Las comunidades vegetales propias de la región tal y como se especifica en la publicación nº9 de GAUSAC¹³⁷:

- *Bosque de pino blanco*: estado de transición hacia el encinar mediterráneo. Actualmente es la comunidad dominante. La especie que le da nombre es el pino blanco (*Pinus halepensis*).
- *Encinar mediterráneo*: bosque potencial de la zona. La encina (*Quercus ilex*) es el árbol dominante aunque se puede combinar con pinos i robles. Su sotobosque es muy rico en especies, entre ellas el durillo (*Viburnum tinus*) y la hiedra (*Hedera hélix*). Se adapta muy bien al calor y a la falta de agua.
- *Encinar con robles*: en las partes más húmedas y sombrías. Aparte del roble (*Quercus cirroides*) y las encinas, encontramos algunas especies arbustivas de carácter eurosiberiano como el sanguino (*Cornus sanguinea*).
- *Bosques de ribera*: En zonas húmedas y sombrías, cerca de cursos de agua encontramos especies como el Olmo (*Ulmus minor*), el álamo blanco (*Populus alba*), el chopo (*Populus nigra*), el fresno (*Fraxinus angustifolia*), el aliso (*Alnus glutinosa*), el avellano (*Corylus avellana*), etc. Entre los arbustos podemos encontrar el acebo (*Ilex aquifolium*) i el laurel (*Laurus nobilis*).

También encontramos otras especies que crecen en el medio natural que a pesar de no ser autóctonas su presencia es considerable.

- *Foráneas*: plátano (*Platanus hybrida*), castaño de indias (*Aesculus hippocastanum*), robinia (*Robinia pseudoacacia*) y lodón (*Celtis australis*).
- *Otras*: En algunas zonas soleadas encontramos en pino piñonero (*Pinus pinea*), generalmente producto de reforestaciones.

La degradación de los bosques de esta zona, ya sea por la progresiva aridez, incendios o a la misma presión humana pasa por la maquia (arbustos y árboles de poco tamaño, densa e impenetrable), la brolla (arbustos y matorrales) hasta acabar en prados secos.

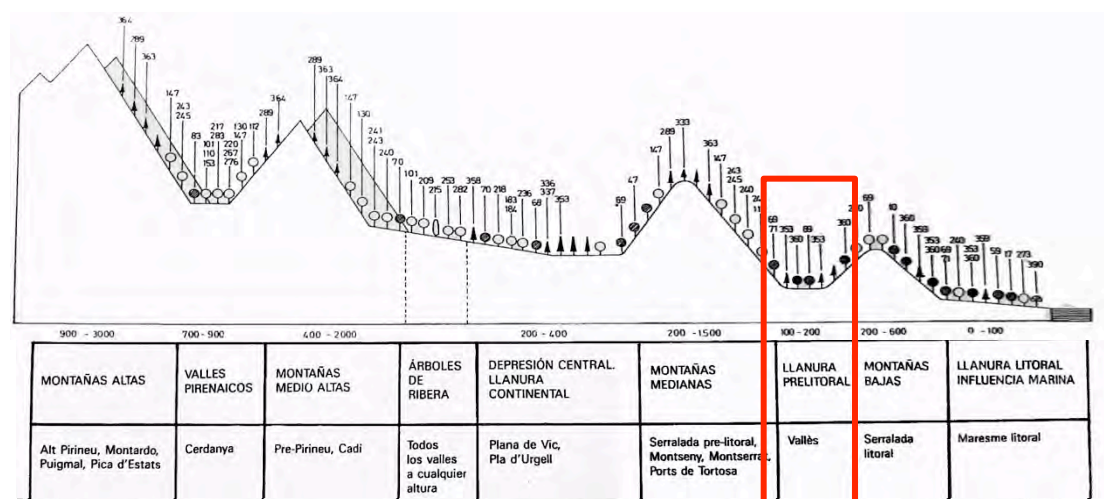
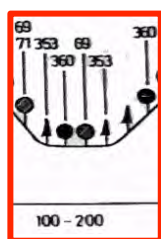


Fig. 9 Los árboles de las áreas naturales de Cataluña según zona geográfica y altura. (Fuente: NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995).

¹³⁷ BUSQUETS I FABREGAS, J.: *El medi natural de Sant Cugat del Vallès*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 9. Sant Cugat del Vallès. 1996



Árboles propios del área del Vallès (según el libro “El árbol en jardinería y paisajismo” de F. Navés Viñas)

- 69- *Quercus ilex ilex* (Encina)
- 71- *Quercus suber* (Alcornoque mediterráneo)
- 353- *Pinus halepensis* (Pino blanco)
- 360- *Pinus pinea* (Pino piñonero)

Fig. 10 Los árboles de las áreas naturales del área del Vallès. (Fuente: NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995).



Fig. 11 Proceso de degradación de las formaciones vegetales de la cuenca mediterránea. (Fuente: NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995).

El espacio verde privado:

Sant cugat cuenta con una gran proporción de vivienda unifamiliar aislada, especialmente en los barrios de Mira-sol, Valldoreix, la Floresta y las Planas. Al pertenecer al ámbito privado es muy complicado definir el tipo de espacio que presentan sus jardines, algunos tendrán pavimentos pétreos, otros césped, algunos tendrán árboles y otros no. A su vez las especies vegetales también son muy difíciles de controlar. No obstante, el espacio verde privado no se debe menospreciar, especialmente cuando representa en tanto por ciento tan elevado en el conjunto global de verde municipal. Un caso de estudio interesante podría ser el intento de descripción de las tipologías y su cuantificación. A pesar de ser la tipología más cambiante, las dinámicas normalmente se mantienen y las descripciones generales acostumbran a ser buenas guías para poder evaluar la situación.

El espacio verde urbano:

El espacio verde natural como preexistencia y el espacio verde particular como elemento desestructurado y difícilmente parametrizable dejan al espacio verde público como el único con posibilidad de ser diseñado y gestionado. El verde público es a su vez una herramienta con la que podemos generar una respuesta colectiva y contundente a las problemáticas del medio urbano. El sistema de espacios verdes urbanos, al tratarse de una gran estructura comunicada, nos da la posibilidad de conectar con la naturaleza preexistente en un trabajo de integración. Esto, unido a su vinculación con los desarrollos de alta densidad, ayuda a mantener un equilibrio medioambiental entre la ciudad y el mundo natural. El modelo de ciudad compacta con un buen sistema de espacios verdes público es, hasta la fecha, una de las mejores elecciones para un urbanismo sostenible.

En Sant Cugat, las grandes extensiones de campos de cultivo han sido progresivamente substituidas por zonas urbanizadas, por lo que los espacios naturales del municipio se han visto drásticamente reducidos. Parte del espacio urbano ha sido dedicado a parques y jardines, resultando en una dotación de verde

público de 14 m²/hab., y 1 árbol por ciudadano¹³⁸. Estos valores cumplen satisfactoriamente el estándar recomendado por la OMS de 10-15 m²/hab.¹³⁹

Como se ha mencionado anteriormente el municipio está surcado por múltiples torrentes y rieras, generados por la orografía ondulada del territorio y por la presencia de las sierras. Estos cursos de agua, aunque de régimen esporádico, juegan un papel importante en el mapa hídrico de la localidad y generan ecosistemas diferenciados. En los nuevos desarrollos de finales de los años ochenta, las rieras y sus riberas, densamente arboladas, se reservaron como parques públicos¹⁴⁰. Hoy en día, la mayoría de los grandes parques presentes en el municipio responden a este modelo como es el caso de el parque Central, el parque de Can Vernet, el parque del Torrent de Ferrussos y el parque de la Chopera. Esto ha sido, por un lado, un mecanismo para preservar la vegetación autóctona de esos espacios naturales y sus ecosistemas. Por otro lado, este reconocimiento del territorio ha permitido un esponjamiento urbano y una dotación de espacios de recreo y sociabilización con importantes funciones medioambientales. Una de estas funciones, consiste en evitar los efectos destructores de los cursos de agua en las zonas urbanas, caracterizadas por su impermeabilidad.

Los arquitectos Enric Batlle i Joan Roig, responsables del diseño de gran parte del sistema verde de Sant Cugat, describen el sistema de parques del municipio en su libro “Veinte jardines”¹⁴¹.

“El sistema de parques de Sant Cugat del Vallès es el resultado del desarrollo de una serie de planes parciales realizados durante los últimos años a partir de una idea común: el proyecto de espacios libres como síntesis de la ciudad (...) A través de la discusión de los diferentes proyectos de urbanización y del establecimiento de unos criterios homogéneos se ha pretendido superar la individualidad de cada encargo para obtener un argumento que, sólo con vegetación y pavimento, se convierte, aparentemente, en algo previo a la construcción de la ciudad”.

Para el presente estudio se ha delimitado la zona del municipio donde se encuentran los parques y jardines más importantes de la ciudad. A continuación se mostrará la estructura de los espacios verdes más próxima al núcleo urbano y se elaborará una lista de las diferentes piezas que la componen.



Fig. 12 Delimitación de la zona de estudio. (Fuente: producción propia).

¹³⁸ Información subministrada por el departamento de parques y jardines del ayuntamiento de Sant Cugat del Vallès.

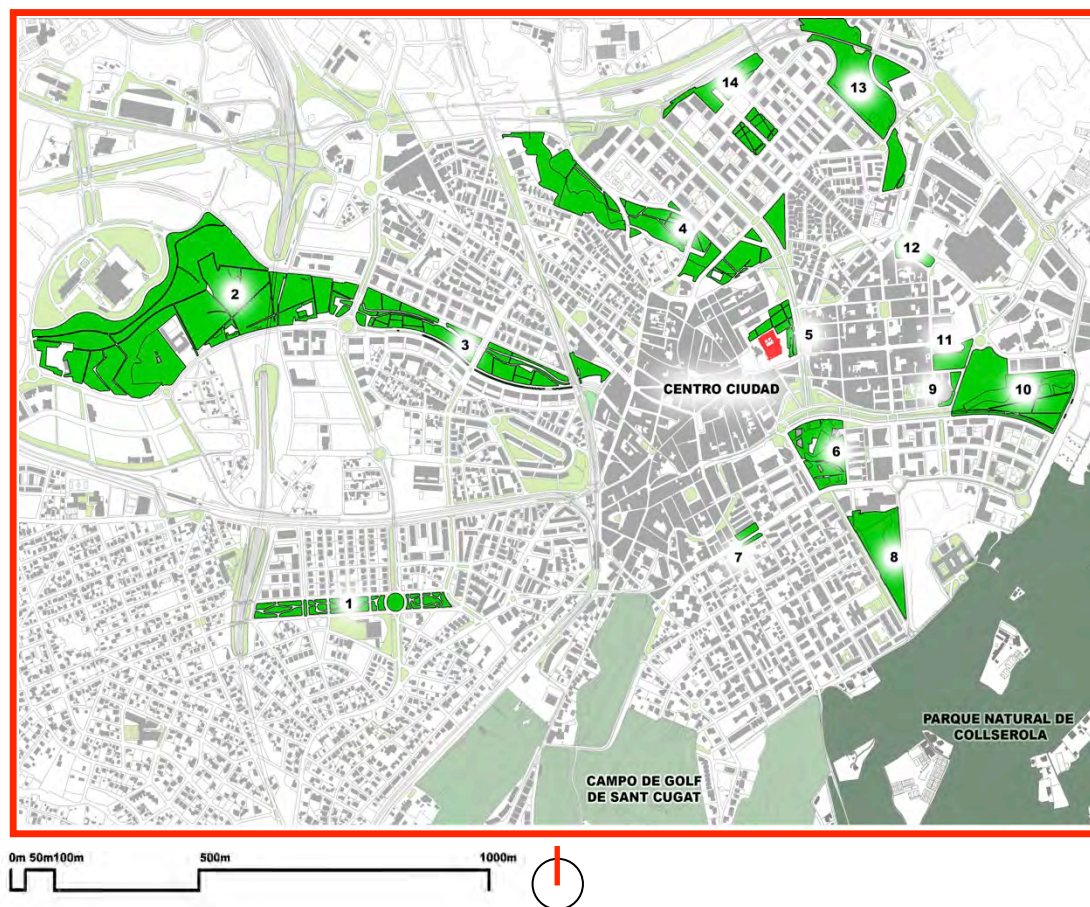
¹³⁹ Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz: *European Green Capital Award 2012-2013*

<http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/docs/cities/2012-2013/European%20Green%20Capital%20Award%202012-13%20nuevo%20estandar.pdf>

¹⁴⁰ MIRÓ I GENOVART, N., de PABLO PONTE, A.: *Sant Cugat del Vallès: Una opció per a la mobilitat*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 8. Sant Cugat del Vallès. 1996

¹⁴¹ BATLLE, E.: *veinte jardines*. Asflor Ediciones. 2011

ZONA DE ESTUDIO



- | | | |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 1- Parque de Can Ganxet | 7- Jardines de Pilar Roig | 13- Parque del Torrent de Ferrussons |
| 2- Parque del Turó de Can Mates | 8- Parque del Arborétum | 14- Parque del Mirador |
| 3- Parque Central | 9- Parque de los Cedros | |
| 4- Parque de Can Vernet | 10- Parque de la Chopera | |
| 5- Jardines del Monasterio | 11- Jardines del Vallés | |
| 6- Parque de Ramón Barnils | 12- Parque Cerdà | |

Fig. 13 Zona de estudio. Estructura de parques y jardines urbanos de Sant Cugat del Vallès. (Fuente: producción propia)

5.2. Selección de parques y jardines de estudio

De los parques del municipio se han seleccionado seis piezas, ubicadas en la primera corona de espacios verdes que rodea el centro antiguo de la población. Entre estos parques se encuentran piezas de tamaños diferentes, con diferentes grados de urbanización y variedad vegetal. Los espacios elegidos son considerados representativos de las tipologías de zonas verdes de la ciudad y de sus especies arbóreas.

El análisis de la vegetación se realizará sobre las especies presentes en estos parques. El inventario se ha realizado mediante información subministrada por el servicio de parques y jardines del ayuntamiento de Sant Cugat y la comprobación y corrección de ésta in situ. Para asegurar la adecuación de la vegetación al

clima y orografía locales se ha hecho un filtrado de especies, incluyendo las especies presentes en el verde natural¹⁴². También se han incluido otras especies representativas de la comarca presentes en el libro de árboles de Terrassa de Jordi Chueca¹⁴³. Finalmente, se ha realizado un plano de vegetación de cada uno de los parques con los árboles de interés (ANEXO 1), así como una valoración de las especies más abundantes, y por tanto con mayor influencia en el medio (Graf. 12).

5.2.1 Parque de Can Ganxet: 0m 100m



Fig. 14 Imagen aérea del Parque de Can Ganxet. (Fuente: producción propia basada en la información del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)).

Diseño: Ayuntamiento de Sant Cugat

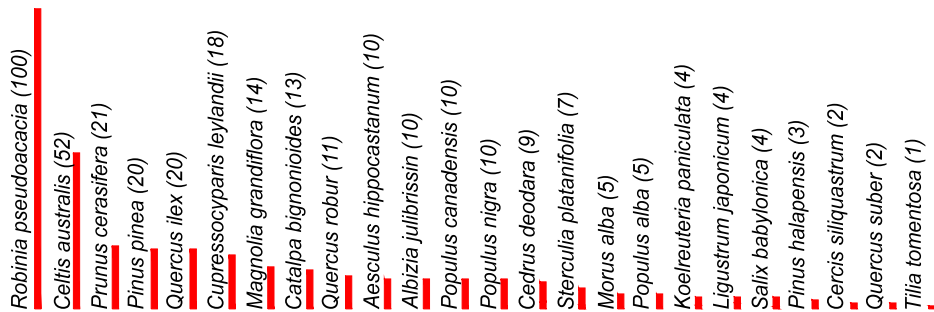
Superficie: 26.425 m²

Descripción: parque alargado vinculado al archivo nacional de Cataluña y situado en el seno de un barrio residencial de viviendas unifamiliares. Es un espacio de paseo con gran cantidad de especies arbóreas que permiten apreciar el cambio estacional de la vegetación a lo largo del año. El parque está enmarcado con una barrera de setos y recorrido por caminos de sablón que delimitan con exactitud espacios tipo parterre. La vegetación se coloca en estos espacios y el parque adquiere un cierto carácter de jardín formal.



Fig. 15 Fotografía del Parque de Can Ganxet (Fuente: producción propia)

Especies de árboles analizadas:



Graf. 6 Árboles analizados presentes en el Parque de Can Ganxet por especie y número de individuos. (Fuente: producción propia).

¹⁴² 5.1.4. Espacios verdes del municipio: El espacio verde natural pág. 51

¹⁴³ CHUECA ABANCÓ, J.: Els arbres de Terrassa: guia d'identificació. Ajuntament de Terrassa. Terrassa. 1992

5.2.2. Parque de Can Mates 0m 100m

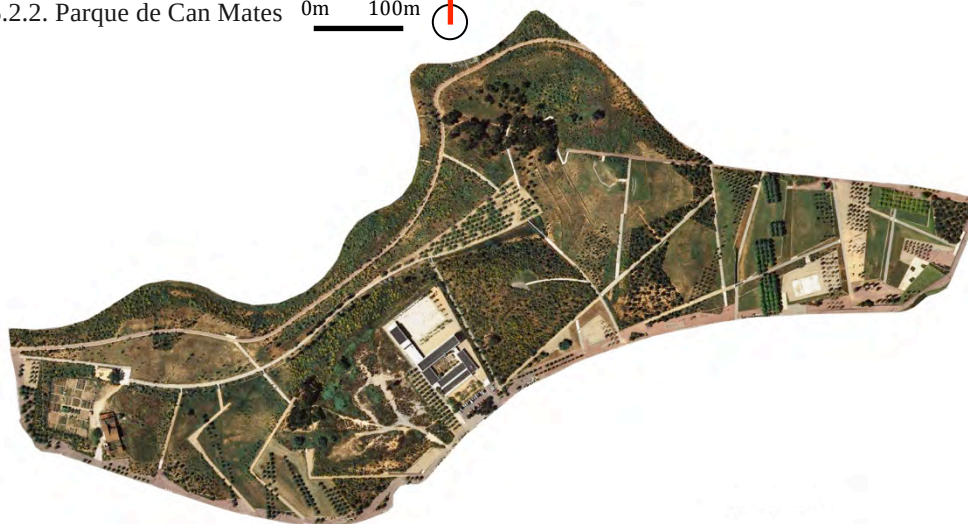


Fig. 16 Imagen aérea del Parque del Turó de Can Mates. (Fuente: producción propia basada en la información del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)).

Diseño: TAC Arquitectos y el paisajista Manuel Colominas

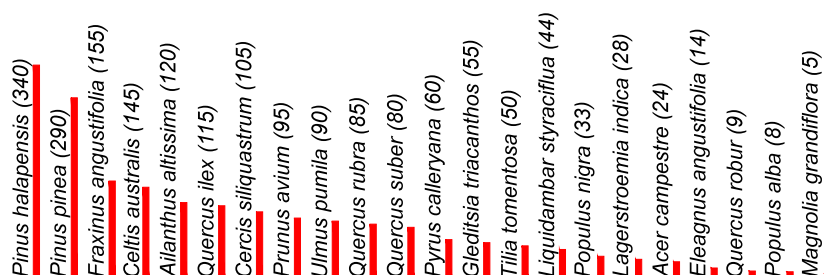
Superficie: 255.541m²

Descripción: es el parque de mayor dimensiones del municipio y de los de desarrollo más reciente, conectándose con el parque central. Está emplazado en un sector en desarrollo de la ciudad, dominado por el uso residencial de vivienda plurifamiliar y unifamiliar. El parque se compone de partes más urbanizadas, con césped, pavimento duro y sablón, e infraestructuras recreativas. Por otro lado hay partes de bosque urbano, manteniendo un ecosistema natural de bosque mediterráneo. El parque dispone de una topografía característica, culminada por el “turó de Can Mates”. Las dimensiones del parque permiten una zonificación diversa; haciendo posible la presencia de diferentes tipos de comunidades vegetales, como el bosque mediterráneo y ,en las partes más húmedas, vegetación de ribera.



Fig. 17 Fotografía del Turó de Can Mates (Fuente: producción propia)

Especies de árboles analizadas:



Graf. 7 Árboles analizados presentes en el Parque del Turó de Can Mates por especie y número de individuos. (Fuente: producción propia).

5.2.3 Parque Central

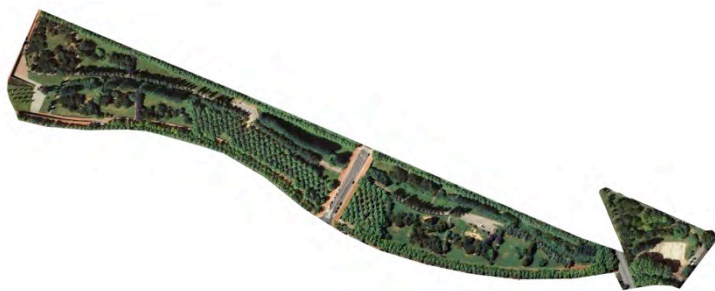
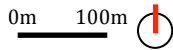


Fig. 18 Imagen aérea del parque del Parque Central. (Fuente: producción propia basada en la información del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)).

Diseño: Enric Batlle y Joan Roig Arquitectos

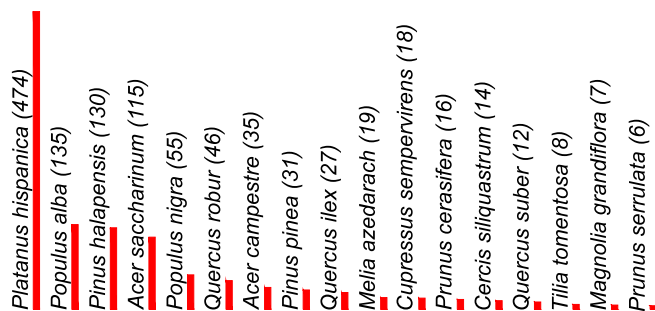
Superficie: 62.024 m²

Descripción: ocupa el sector denominado Sant Domènec-Colomer, anteriormente territorio agrícola. El parque se organiza sobre una franja alargada que se extiende desde el centro de la población hasta una de las colinas cercanas, y es recorrido longitudinalmente por un torrente. El parque combina dos lenguajes, uno más orgánico y curvilíneo adaptado a la orografía del lugar y al trazado del torrente, y otro más rectilíneo adaptado al trazado urbano de ensanche residencial que estaba en desarrollo. El parque restituye el trazado del torrente, acompañándolo de alineaciones de vegetación caduca, tanto en los bordes del propio torrente, como en el recorrido adyacente. Una serie de caminos transversales, siguiendo el anterior trazado agrícola se acompañan de vegetación de hoja perenne, igual que los bosquecillos que se sitúan en la demarcación de los campos¹⁴⁴.



Fig. 19 Fotografía del Parque de Central (Fuente: producción propia)

Especies de árboles analizadas:



Graf. 8 Árboles analizados presentes en el Parque Central por especie y número de individuos. (Fuente: producción propia).

¹⁴⁴ BATLLE, E.: veinte jardines. Asflor Ediciones. 2011

5.2.4. Parque de Can Vernet

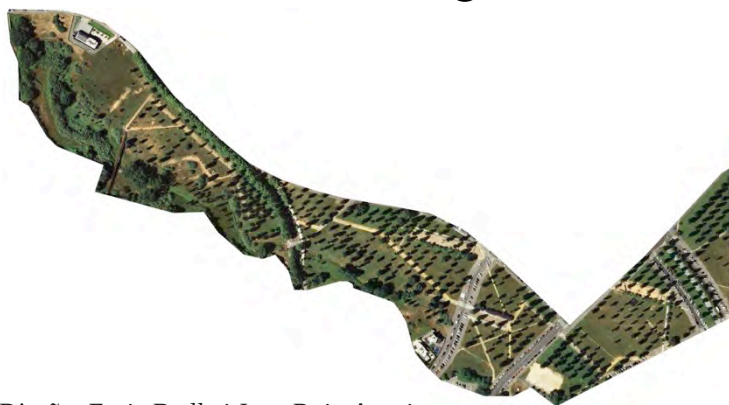
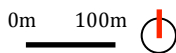


Fig. 20 Imagen aérea del parque del Parque de Can Vernet. (Fuente: producción propia basada en la información del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)).

Diseño: Enric Batlle i Joan Roig Arquitectos

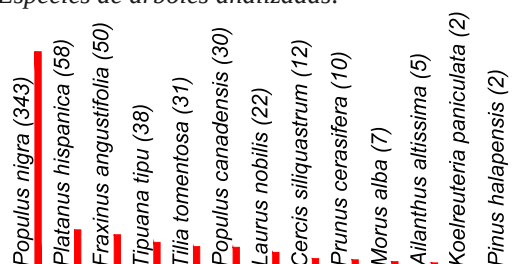
Superficie: 107.290 m²

Descripción: el parque de Can Vernet está inscrito en el sistema de espacios verdes urbanos de Coll favà, siendo éste la pieza de mayor tamaño. El barrio de Coll-favà es también un ensanche residencial que empezó a desarrollarse durante la última década del siglo pasado. Éste, igual que Sant Domènec-Colomer, consta de edificación plurifamiliar con espacios comunitarios. Con el fin de crear una imagen unitaria de todo el sector se definió una cuadrícula ideal de 11.2 x 11.2, plantándose un chopo (*Populus nigra* ‘italica’) en cada intersección. Esta malla se superpone a la vegetación existente de ribera y encinares. El parque está recorrido por un torrente que dibuja su margen sur, más irregular, y está recubierto por un plano de hierba, que se substituye por especies de ribera al llegar al torrente. La hierba se substituye por el sablón en los caminos y áreas de más tránsito, los cuales reproducen las direcciones de la parcelación y caminos existentes acompañados de especies de árboles diferentes, algunos con flor, aportando otros colores al verde predominante¹⁴⁵.



Fig. 21 Fotografía del Parque de Can Vernet (Fuente: producción propia)

Especies de árboles analizadas:



Graf. 9 Árboles analizados presentes en el Parque de Can Vernet por especie y número de individuos. (Fuente: producción propia).

¹⁴⁵ BATLLE, E.: *Veinte jardines*. Asflor Ediciones. 2011

5.2.5. Jardines del Monasterio 0m 100m



Fig. 22 Imagen aérea del parque de los jardines del Monasterio. (Fuente: producción propia basada en la información del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)).

Diseño: -

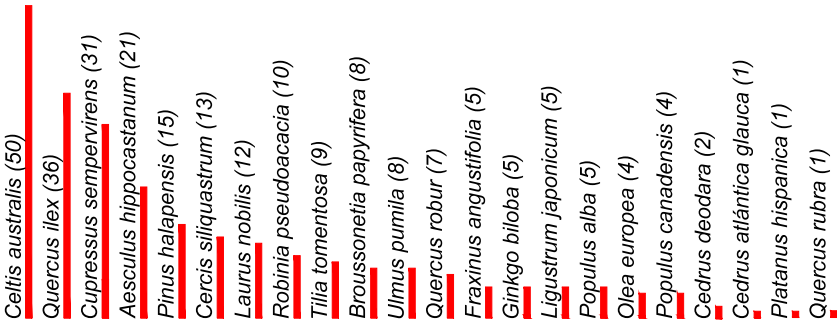
superficie: 15.000 m²

Descripción: estos jardines están compuestos de multitud de ambientes, a pesar de su escasa superficie. Espacios pavimentados de sablón y césped se van alternando dejando espacio a la gran diversidad vegetal. Es un espacio singular en el municipio, ya que se organiza entorno al centro neurálgico de la población, el monasterio de Sant Cugat, ofreciendo múltiples puntos de observación del monumento. Esta condición marca el diseño del parque, haciendo que su vegetación esté compuesta por árboles de porte noble, en consonancia con el emplazamiento. La diversidad vegetal, el carácter central en el municipio y sus características de mantenimiento hacen de estos jardines un caso de interés.



Fig. 23 Fotografía de los Jardines del Monasterio (Fuente: producción propia)

Especies de árboles analizadas:



Graf. 10 Árboles analizados presentes en los jardines del Monasterio por especie y número de individuos. (Fuente: producción propia).

5.2.6. Parque de Ramon Barnils

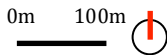


Fig. 24 Imagen aérea del parque del Parque de Ramon Barnils. (Fuente: producción propia basada en la información del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)).

Diseño: -

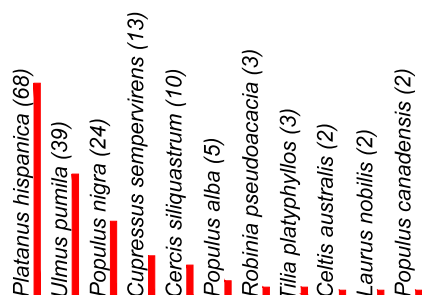
Superficie: 12.896 m²

Descripción: está en una zona de equipamientos, al lado de la biblioteca municipal, un hotel, el Ayuntamiento y el teatro-auditorio. Es un espacio también muy central y de carácter urbano, donde se desarrollan muchas actividades lúdicas. El parque no está pensado para el paseo o para ser recorrido, sino para descansar o contemplar las actividades que se desarrollan en él. El espacio combina dos zonas arboladas que rodean una área más urbanizada situada a una cota inferior. Este area dispone de pavimento duro, una pérgola solar, juegos infantiles y un espacio para eventos con gradas. Las zonas arboladas tienen caracteres diferentes; en la parte norte tenemos una área con césped y arbolado de hoja caduca, en especial chopos y plátanos de sombra. En el otro extremo, encontramos una parte más árida con sablón, donde hay árboles como el ciprés, el árbol del amor, el plátano de sombra y el olmo de Siberia.



Fig. 25 Fotografía del Parque Ramon Barnils (Fuente: producción propia)

Especies de árboles analizadas:.



Graf. 11 Árboles analizados presentes en los jardines del Monasterio por especie y número de individuos. (Fuente: producción propia)

5.3. Estudio medioambiental de los parques seleccionados y sus especies arbóreas

Para el estudio medioambiental de las especies arbóreas de los parques de Sant Cugat se cuenta con una lista final de 47 especies. El objetivo es mostrar su comportamiento según los parámetros de estudio, así como las características generales de los parques como elementos individuales y como parte de la estructura del verde urbano. Se han utilizado diferentes sistemas de representación, que incluyen tablas, gráficos y fichas. En todos los casos se ha intentado conseguir una lectura gráfica e inmediata de la información. Esta metodología pretende mostrar la realidad del estudio desde diferentes enfoques que nos permitan entender los diferentes sistemas estudiados.

Estudio de las especies:

Se han realizado tablas de valoración y comparación de las diferentes especies (*Tabla 9, Tabla 11-13, Tabla 14*), así como fichas descriptivas con sus características más relevantes para el estudio que nos ocupa (ANEXO 2).

Estudio de los parques:

Se ha representado la distribución de la vegetación en el parque, así como su valoración medioambiental según cada parámetro (*Fig. 27-32, Fig. 33-38, Fig. 39-44*). También se han elaborado gráficos donde se representan, de forma porcentual, las aportaciones de la vegetación al conjunto de cada parque. Estos gráficos se han ordenado según su aportación y escalado según la cantidad de árboles que incluyen (*Graf. 14, Graf. 16, Graf. 18*).

Estudio del conjunto:

Se han realizado gráficos y esquemas que informan sobre el comportamiento de todos los sistemas estudiados de forma global, para así poder sacar conclusiones de corte más general (*Graf. 14, Graf. 16, Graf. 18*).

La valoración de los aspectos de estudio para los tres sistemas se realizará utilizando la misma escala. Ésta consta de 10 grados diferentes, en los cuales se mide la eficiencia, adecuación y elegibilidad de las especies e individuos considerados.

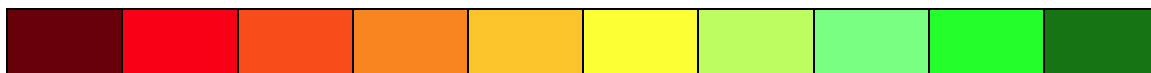


Fig. 26 Escala cromática para la valoración de la vegetación. (Fuente: producción propia)

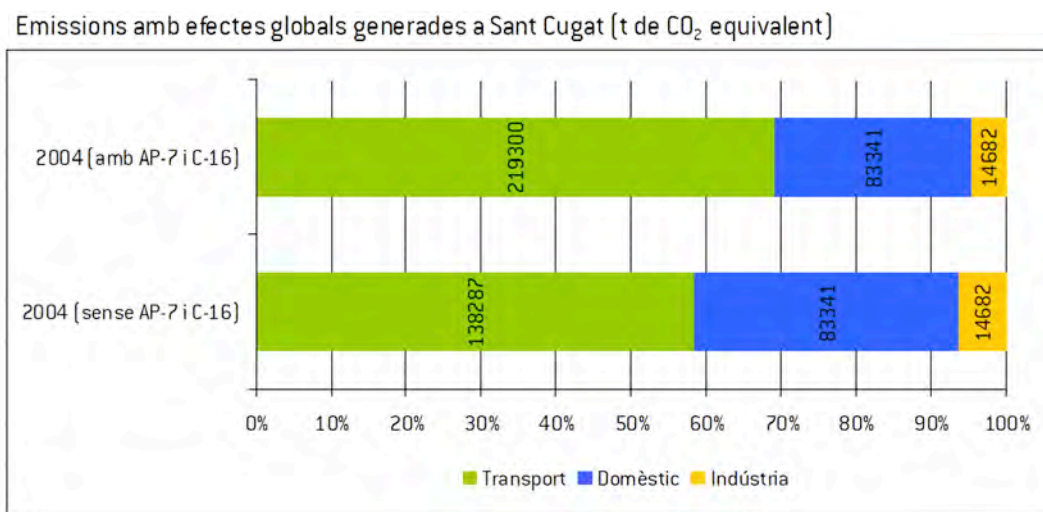
En la escala cromática el color granate representa en todos los casos los escenarios más desfavorables, y el verde oscuro los más favorables, siendo los colores intermedios una gradación entre estos dos. Esta escala se mantiene sea cual sea el parámetro o sistema a medir.



Graf. 12 Árboles analizados presentes en los parques de estudio por especie y número. (Fuente: producción propia).

En el ANEXO 1 se puede consultar la distribución de estos individuos en los diferentes parques del estudio. Se usan en todo momento el nombre científico de los árboles, los nombres comunes se encuentran en las fichas del ANEXO 2.

5.3.1. Valoración de las especies, parques y sistema según secuestro y almacenamiento de CO₂



Graf. 13 Emisiones con efectos globales generadas en Sant Cugat (t de CO₂ equivalente). (Fuente: La Vola, SAL, Consultoria: Diagnosi sociambiental de Sant Cugat del Vallès. Manellu. 2006 a partir de los datos del Panel Intergubernamental por el Cambio Climático (IPPC) publicados en la Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories y las estimaciones de las emisiones de CO₂ realizadas anteriormente).

Efecte Hivernacle de Sant Cugat del Vallès

Emissions de CO₂ equivalent	236.310 tones
Emissions de CO₂ equiv./ km² sòl urbanitzat	18.802 tones/km ² sòl urbà
Emissions de CO₂ equiv. /habitant i any	3,34 tones/hab. i any
Hectàrees de bosc necessàries per absorbir les emissions de CO₂ equiv.	35.805 hectàrees
Nº vegades la superfície del municipi per absorbir les emissions de CO₂ equiv.	7,4 vegades

Tabla 8 Efecto invernadero en Sant Cugat del Vallès. Considerando un valor de fijación del CO₂ (valor medio anual de 1 ha de bosque maduro) de 6.6 t CO₂/ha y año. (Fuente: Consultoria La Vola, SAL: Diagnosi sociambiental de Sant Cugat del Vallès. Manellu. 2006. Elaborado a partir de los datos del Inventario Ecológico Forestal de Catalunya, y las estimaciones de las emisiones de CO₂).

Sant Cugat, debido a su tipo de desarrollo y al paso de las autopistas AP-7 i C-16 genera unas elevadas emisiones de CO₂ en el sector del transporte. Observando el *Graf. 13* del 2004, sin tener en cuenta estas dos importantes vías, este sector sigue siendo con un 60% el máximo responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero anuales. En la *Tabla 8* se determina que el municipio tendría que disponer de una superficie más de siete veces mayor para poder absorber las emisiones de CO₂ equivalente¹⁴⁶.

Frente a esta situación, aún se hace más necesario aprovechar la vegetación presente en los parques urbanos para intentar contrarrestar las emisiones. Para ello se ha desarrollado el estudio de las especies arbóreas según su eficiencia en secuestro y abosorción de carbono. También se ha estudiado la aportación de la masa arbórea de cada parque y del conjunto total de espacios seleccionados.

¹⁴⁶ Incluyendo el efecto de todos los gases de efecto invernadero convertidos a los valores del CO₂. No obstante, sigue siendo por cantidad el CO₂ el máximo representante.

SECUESTRO CO ₂	
<i>Ligustrum japonicum</i>	
<i>Albizia julibrissin</i> <i>Cercis siliquastrum</i>	
<i>Prunus cerasifera</i> <i>Prunus serrulata</i>	
<i>Acer campestre</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i> <i>Prunus avium</i>	
<i>Catalpa bignonioides</i> <i>Morus alba</i> <i>Pyrus calleryana</i> <i>Salix babylonica</i>	
<i>Broussonetia papyrifera</i> <i>Cupressus sempervirens</i> <i>Koelreuteria paniculata</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Melia azedarach</i> <i>Pinus halapensis</i> <i>Pinus pinea</i>	
<i>Cedrus deodara</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Populus nigra</i> <i>Sterculia platanifolia</i> <i>Tilia tomentosa</i>	
<i>Lagerstroemia indica</i>	
<i>Celtis australis</i> <i>Gleditsia triacanthos</i> <i>Populus alba</i> <i>Populus canadensis</i> <i>Ulmus pumila</i>	
<i>Acer saccharinum</i> <i>Aesculus hippocastanum</i> <i>Ailanthus altissima</i> <i>Ginkgo biloba</i> <i>Magnolia grandiflora</i> <i>Platanus hispánica</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Quercus robur</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Quercus suber</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Tilia platyphyllos</i>	

Tabla 9 Relación de especies arbóreas presentes en los parques de estudio según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. Escala en orden descendente de eficiencia. (Fuente: producción propia basada en la información del software i-tree Species).

Parque de Can Ganxet 0m 100m

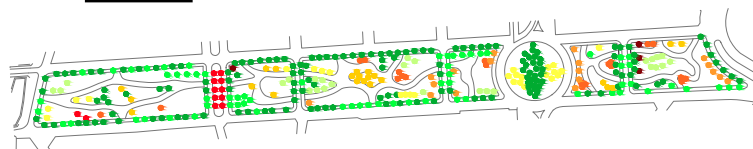


Fig. 27 Vegetación del Parque de Can Ganxet según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

Parque del turó de Can Mates 0m 100m



Fig. 28 Vegetación del Parque del Turó de Can Mates según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

Parque Central 0m 100m

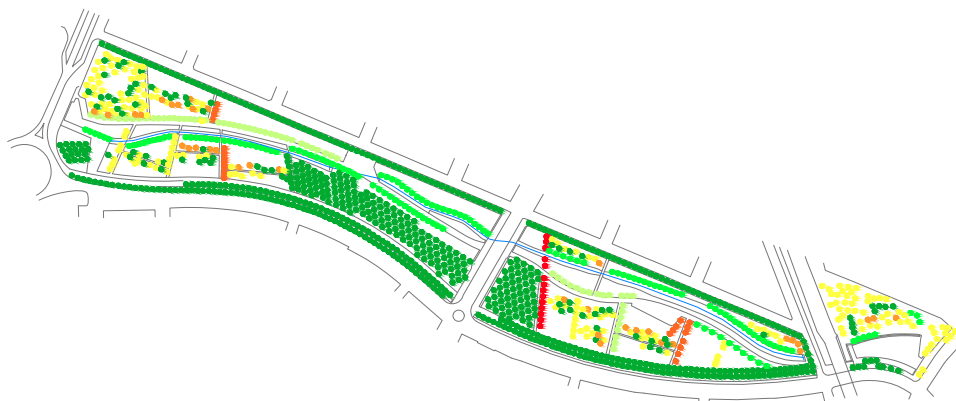


Fig. 29 Vegetación del Parque Central según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species)

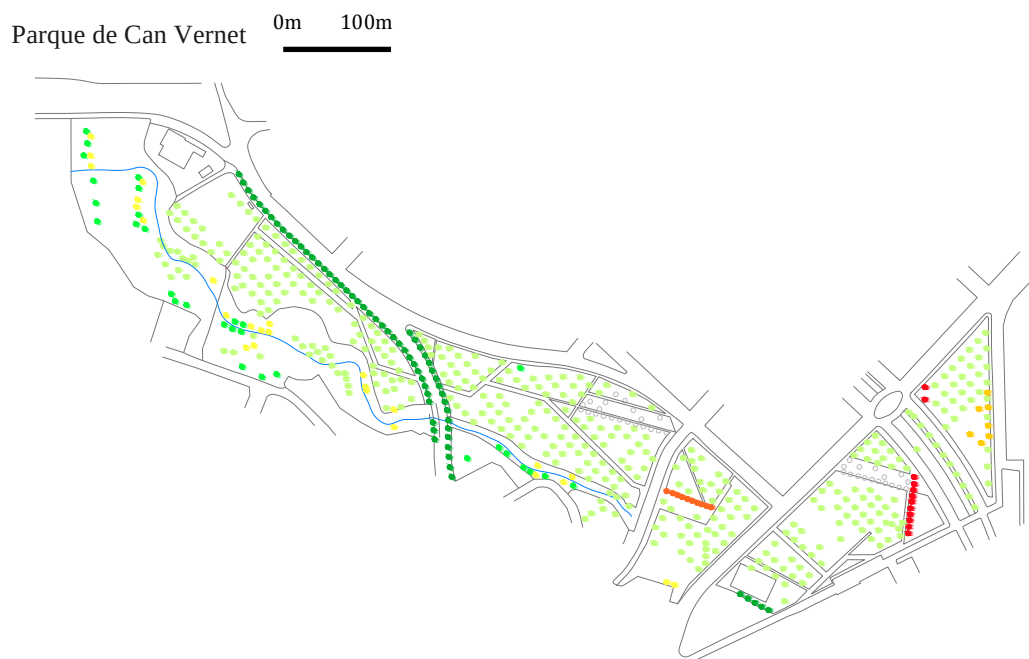


Fig. 30 Vegetación del Parque de Can Vernet según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

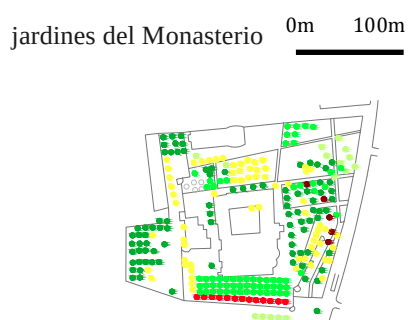


Fig. 31 Vegetación de los jardines del Monasterio según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

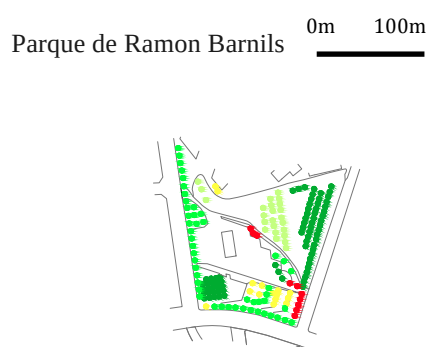


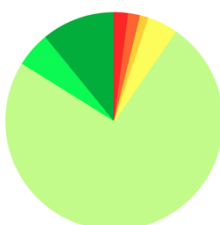
Fig. 32 Vegetación del Parque de Ramon Barnils según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species)



Parque de Can Mates



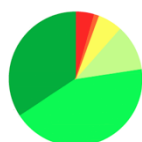
Jardines del Monasterio



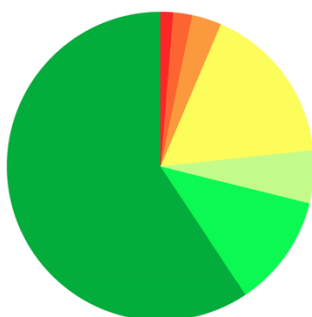
Parque de Can Vernet



Parque de Can Ganxet



Parque de Ramon Barnils



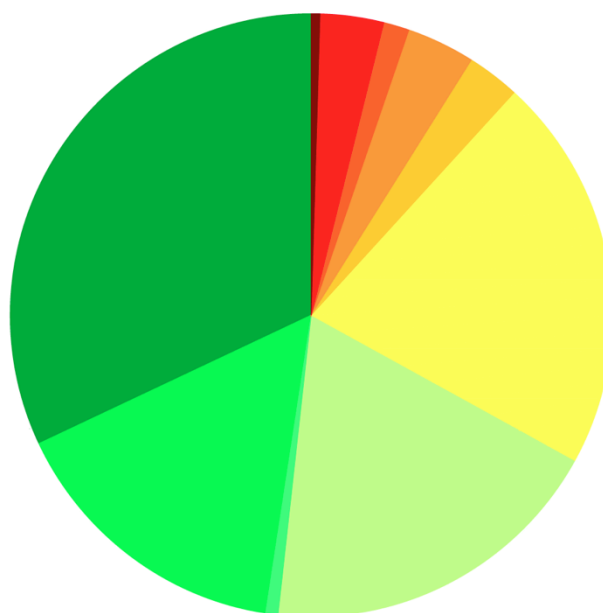
Parque Central

En la tabla de valoración de las especies arbóreas (tabla 9), se puede ver que el grupo más abundante es el correspondiente a la máxima eficiencia, y podemos decir que las especies estudiadas, en conjunto, tienen una respuesta bastante satisfactoria frente al secuestro y almacenamiento de CO₂. También se puede observar que las especies de mayores dimensiones, esperanza de vida y velocidad de crecimiento se encuentran en su mayoría entre las más eficientes, como *Platanus hispanica*, *Quercus rubra*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia tomentosa*, etc. (ANEXO 1).

Si analizamos los parques, la visión se vuelve más positiva, ya que algunas de las especies más abundantes como el *Platanus hispanica*, el *Celtis asutralis* y el *Quercus ilex* son a su vez unas de las más eficientes. No obstante, también encontramos el caso del *Cercis siliquastrum*, un árbol muy abundante, pero de los más desfavorables.

El parque que muestra mejores resultados es el Parque central, con casi el 75% de sus árboles en los grupos de mayor eficiencia. El parque con peores resultados es el Parque de Can Mates, aún así más del 50% de sus árboles realizan una aportación satisfactoria.

En general se puede decir que el conjunto de vegetación del estudio contribuye activamente a la lucha contra el cambio climático con capacidades de secuestro y almacenaje de CO₂ bastante elevadas. Si dividiéramos las especies en dos grupos según su eficiencia; los más favorables representarían más del 85% de los individuos, dejando menos de un 15% en el otro grupo.



Total de árboles de estudio

Graf. 14 Representación porcentual de los árboles de los diferentes parques y el conjunto, agrupados según su capacidad de secuestro y almacenamiento de CO₂. (Fuente: producción propia)

5.3.2. Valoración de las especies, parques y sistema según su contribución a la calidad del aire

Los datos sobre la calidad del aire registrados por la estación fija de Sant Cugat son aceptables, con una tendencia positiva en los últimos años. No obstante, hay algunas superaciones del valor umbral de ozono (O_3), del nivel diario de partículas sólidas (PM_{10}) y del valor límite horario de óxidos de nitrógeno; presentando en todos los casos un riesgo para la salud¹⁴⁷.

VALORACIÓN	INTERVALO	
Calidad del aire excelente	$75 \leq \text{ICCA} < 100$	
Calidad del aire satisfactoria	$50 \leq \text{ICCA} < 75$	
Calidad del aire aceptable	$25 \leq \text{ICCA} < 50$	
Calidad del aire baja	$0 \leq \text{ICCA} < 25$	
Calidad del aire deficiente	$-50 \leq \text{ICCA} < 0$	
Calidad del aire muy deficiente	$\text{ICCA} < -50$	

Tabla 10 Valoración de la calidad del aire según el Índice Catalán de Calidad del Aire (ICCA). (Fuente: producción propia basada en la información de IDESCAT)



Graf. 15 Evolución de la calidad del aire de Sant Cugat del Vallès en el periodo 2004-2012. (Fuente: producción propia basada en la información de IDESCAT)

¹⁴⁷ La Vola, SAL, Consultoria: Diagnosi sociambiental de Sant Cugat del Vallès. Manelleu. 2006

EXTRACCIÓN DE CONT.	
<i>Populus alba</i> <i>Populus canadensis</i> <i>Quercus rubra</i>	
<i>Koelreuteria paniculata</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Platanus hispánica</i> <i>Populus nigra</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Salix babylonica</i>	
<i>Ailanthus altissima</i> <i>Gleditsia triacanthos</i> <i>Magnolia grandiflora</i> <i>Quercus robur</i>	
<i>Prunus cerasifera</i>	
<i>Albizia julibrissin</i>	
<i>Prunus serrulata</i>	
<i>Acer campestre</i> <i>Broussonetia papyrifera</i> <i>Cercis siliquastrum</i> <i>Ligustrum japonicum</i> <i>Pinus pinea</i> <i>Prunus avium</i> <i>Pyrus calleryana</i>	
<i>Acer saccharinum</i> <i>Catalpa bignonioides</i> <i>Celtis australis</i> <i>Cupressus sempervirens</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Ginkgo biloba</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Melia azedarach</i> <i>Morus alba</i> <i>Pinus halapensis</i> <i>Sterculia platanifolia</i>	
<i>Aesculus hippocastanum</i> <i>Cedrus deodara</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i> <i>Quercus suber</i> <i>Tilia platyphyllos</i> <i>Tilia tomentosa</i> <i>Ulmus pumila</i>	

Tabla 11 Relación de especies arbóreas presentes en los parques de estudio según su capacidad de extracción de contaminantes. Escala en orden descendente de eficiencia. (Fuente: producción propia basada en la información del software i-tree Species).

EMISIÓN DE COV	
<i>Quercus rubra</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Populus alba</i> <i>Populus canadensis</i> <i>Magnolia grandiflora</i> <i>Quercus ilex</i>	
<i>Koelreuteria paniculata</i> <i>Populus nigra</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Salix babylonica</i>	
<i>Platanus hispánica</i> <i>Quercus robur</i>	
<i>Ailanthus altissima</i> <i>Gleditsia triacanthos</i>	
<i>Acer campestre</i> <i>Ginkgo biloba</i> <i>Pinus pinea</i> <i>Tilia platyphyllos</i> <i>Tilia tomentosa</i>	
<i>Acer saccharinum</i> <i>Broussonetia papyrifera</i> <i>Cedrus deodara</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i>	
<i>Aesculus hippocas</i> <i>Albizia julibrissin</i>	
<i>Morus alba</i> <i>Pinus halapensis</i> <i>Sterculia platanifolia</i>	
<i>Catalpa bignonioides</i> <i>Celtis australis</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Melia azedarach</i> <i>Prunus avium</i> <i>Quercus suber</i> <i>Ulmus pumila</i>	
<i>Cercis siliquastrum</i> <i>Cupressus sempervirens</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Ligustrum japonicum</i> <i>Prunus cerasifera</i> <i>Prunus serrulata</i> <i>Pyrus calleryana</i>	

Tabla 12 Relación de especies arbóreas presentes en los parques de estudio según sus emisiones de COV. Escala en orden ascendente según volumen de emisiones. (Fuente: producción propia basada en la información del software i-tree Species).

CALIDAD DEL AIRE	
<i>Koelreuteria paniculata</i> *	
<i>Liquidambar styraciflua</i> *	
<i>Populus alba</i> *	
<i>Populus canadensis</i>	
<i>Quercus rubra</i>	
<i>Salix babylonica</i>	
<i>Sophora japónica</i>	
<i>Magnolia grandiflora</i> *	
<i>Populus nigra</i>	
<i>Quercus ilex</i>	
<i>Quercus robur</i> *	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	
<i>Gleditsia triacanthos</i>	
<i>Platanus hispánica</i>	
<i>Ailanthus altissima</i>	
<i>Ginkgo biloba</i> *	
<i>Acer campestre</i>	
<i>Albizia julibrissin</i> *	
<i>Broussonetia papyrifera</i> *	
<i>Pinus pinea</i> *	
<i>Prunus cerasifera</i> *	
<i>Prunus serrulata</i> **	
<i>Acer saccharinum</i>	
<i>Cupressocyparis leylandii</i> *	
<i>Catalpa bignonioides</i> *	
<i>Cedrus deodara</i> *	
<i>Cercis siliquastrum</i> *	
<i>Cupressus sempervirens</i>	
<i>Lagerstroemia indica</i> *	
<i>Laurus nobilis</i>	
<i>Ligustrum japonicum</i>	
<i>Melia azedarach</i> *	
<i>Morus alba</i>	
<i>Pinus halapensis</i> *	
<i>Prunus avium</i> *	
<i>Sambucus nigra</i>	
<i>Sterculia platanifolia</i>	
<i>Aesculus hippocastanum</i> *	
<i>Celtis australis</i>	
<i>Fraxinus angustifolia</i>	
<i>Pyrus calleryana</i> *	
<i>Quercus suber</i> **	
<i>Tilia platyphyllos</i> *	
<i>Tilia tomentosa</i>	
<i>Ulmus pumila</i>	

Las aportaciones a la calidad del aire de las diferentes especies se obtienen de la combinación de sus capacidades de extracción de contaminantes atmosféricos, y sus emisiones de COV.

Por tanto, un árbol con unas buenas características para reducir la contaminación del aire puede recibir una peor valoración total debido a sus altas emisiones de COV. La emisión de estos compuestos resulta especialmente relevante, ya que convierte los árboles en generadores indirectos de contaminantes como el O₃ y el CO, dos de los más peligrosos.

Se añade información sobre la sensibilidad de las diferentes especies a atmósferas contaminadas.

* sensibilidad a la contaminación industrial

** sensibilidad a la contaminación industrial y urbana.

Tabla 13 Relación de especies arbóreas presentes en los parques de estudio según su contribución a la calidad del aire. Escala en orden descendente según eficiencia. (Fuente: producción propia basada en la información del software i-tree Species).

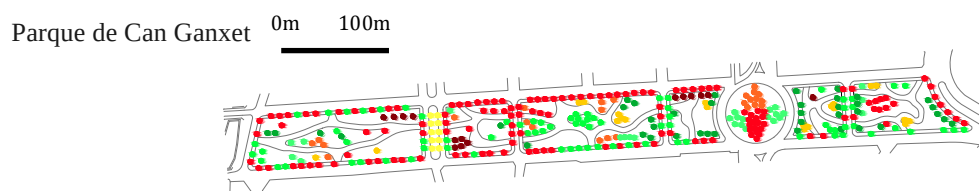


Fig. 33 Vegetación del Parque de Can Ganxet según su contribución a la calidad del aire. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).



Fig. 34 Vegetación del Parque del Turó de Can Mates según su contribución a la calidad del aire. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

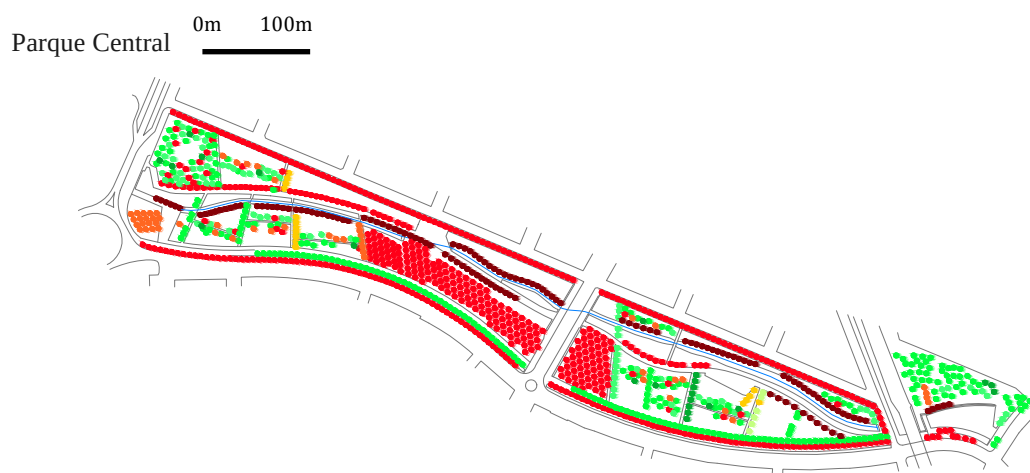


Fig. 35 Vegetación del Parque Central según su contribución a la calidad del aire. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

Parque de Can Vernet 0m 100m

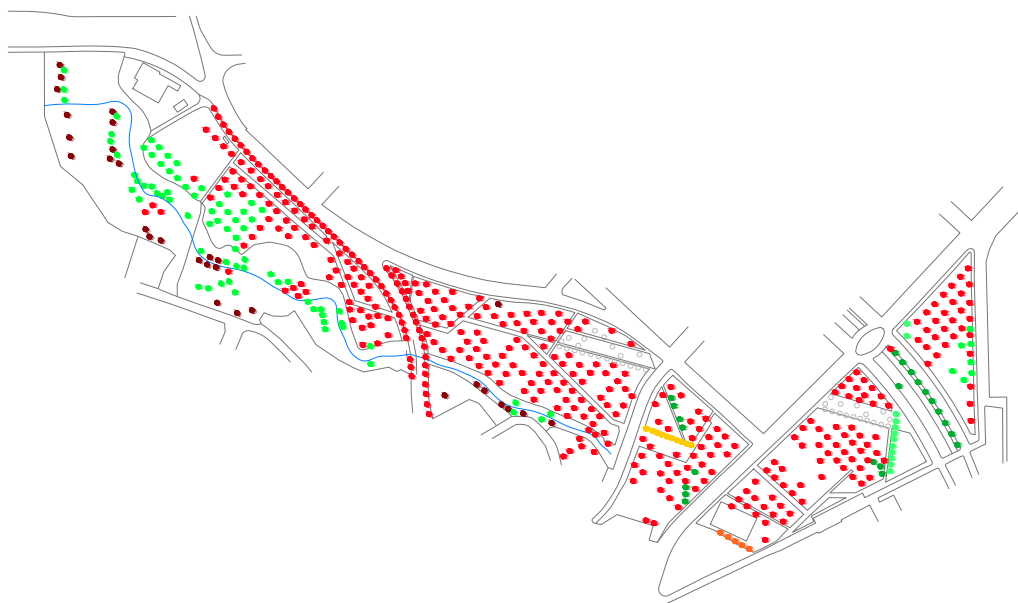


Fig. 36 Vegetación del Parque de Can Vernet según su contribución a la calidad del aire. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

Jardines del Monasterio 0m 100m

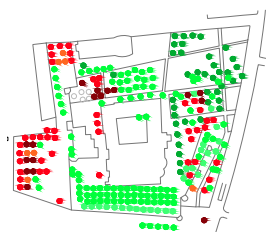
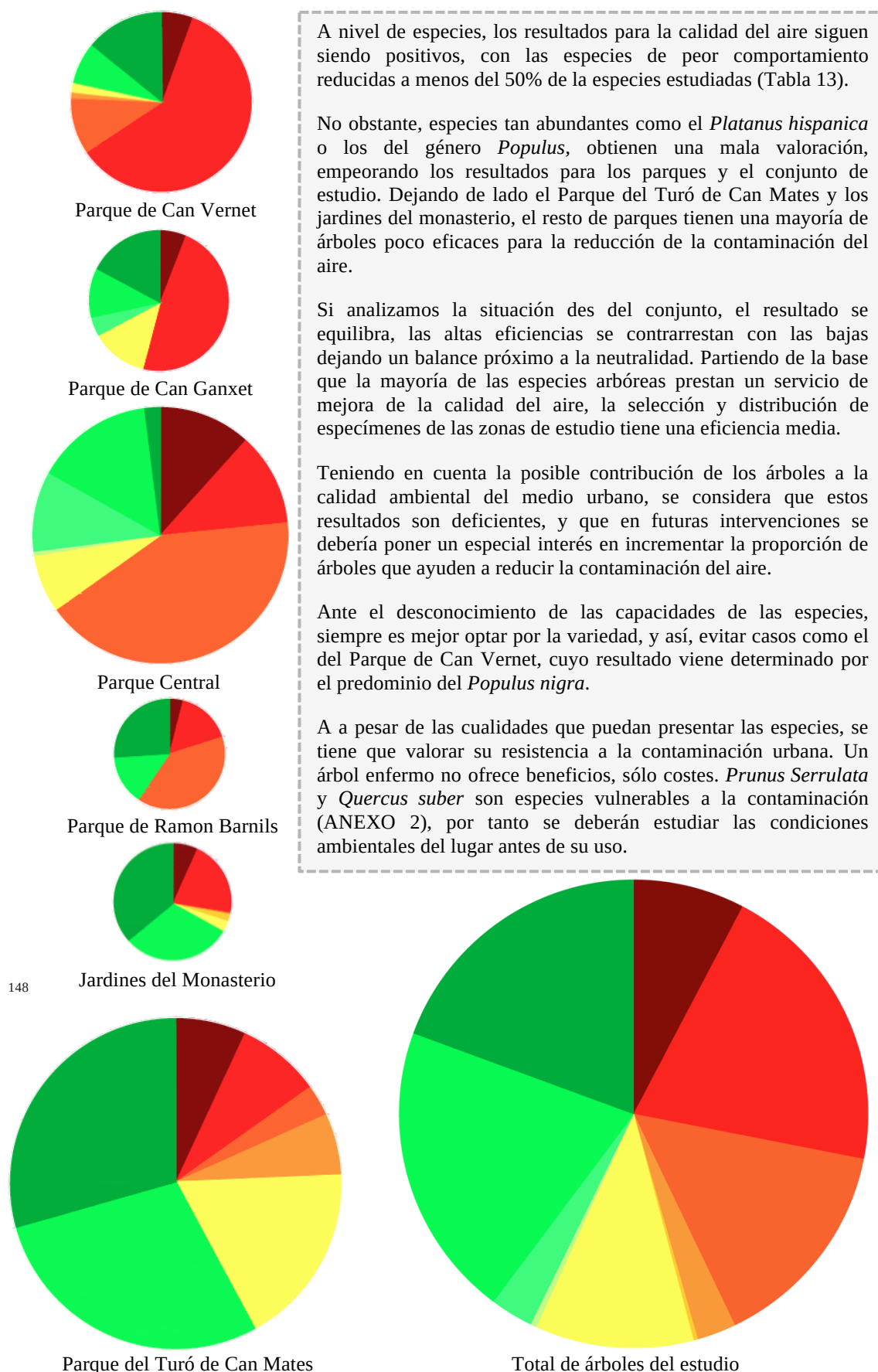


Fig. 37 Vegetación de los jardines del Monasterio según su contribución a la calidad del aire. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).

Parque de Ramon Barnils 0m 100m



Fig. 38 Vegetación del Parque Ramon Barnils según su contribución a la calidad del aire. (Fuente: producción propia según datos del software i-tree Species).



Graf. 16 Cuantificación porcentual de grupos de árboles según su contribución a la calidad del aire de Sant Cugat del Vallès por parques y en conjunto. (Fuente: producción propia).

¹⁴⁸ Escala en orden descendente según eficiencia

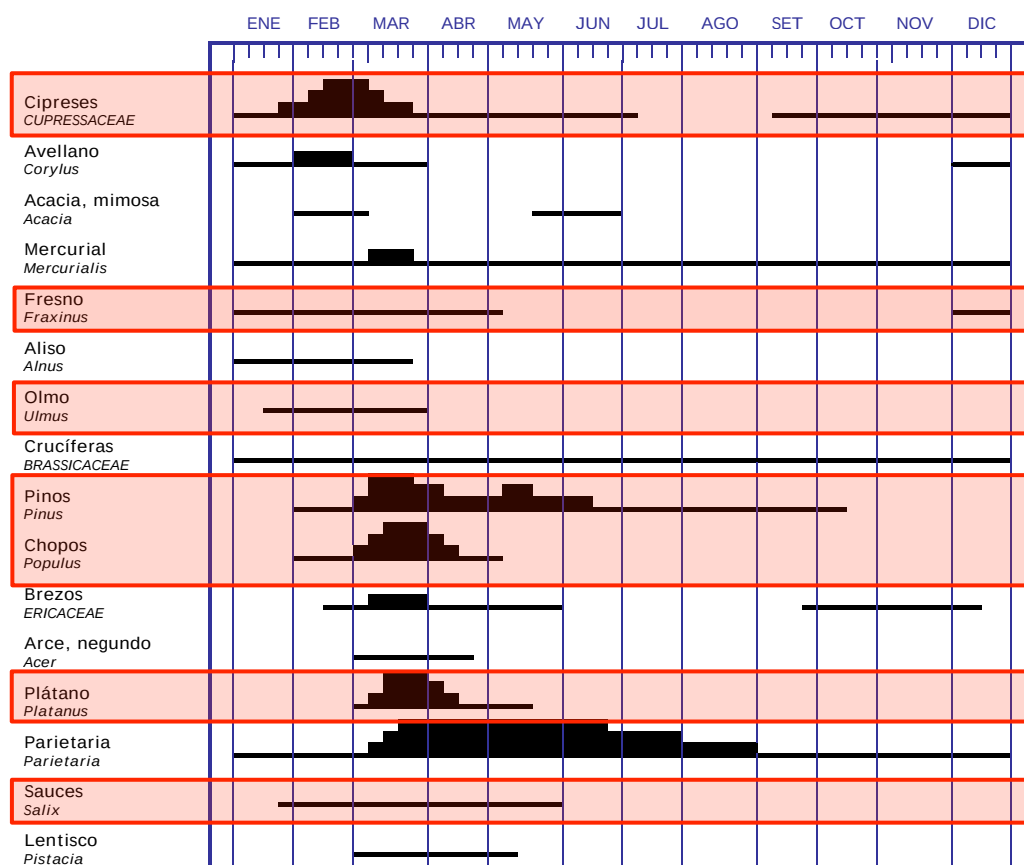
5.3.3. Valoración de las especies, parques y sistema según su impacto alergénico

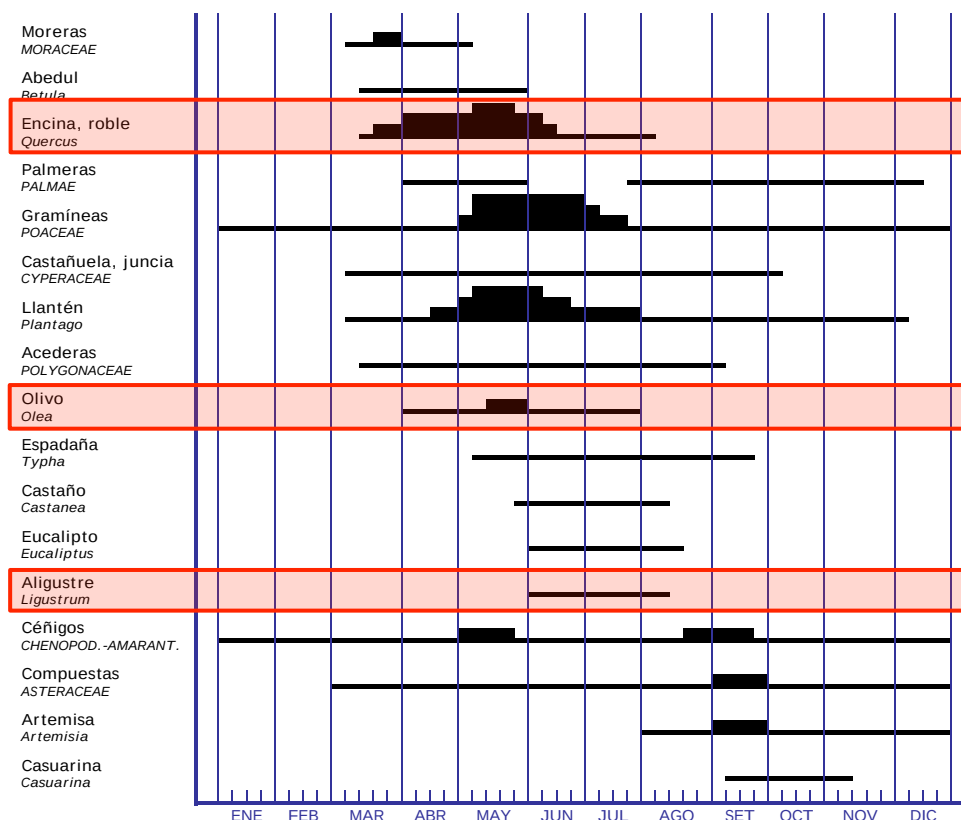
Sant Cugat dispone de una gran cantidad de verde de todas las tipologías. Tanto en la naturaleza como en los parques hay un predominio de ciertas especies que generan grandes cantidades de polen alergénico.

El gráfico *Graf.16* que se muestra a continuación, muestra el calendario de polinización de la zona, realizado con la información obtenida de la estación aerobiológica del municipio limítrofe de Bellaterra. Este gráfico, muestra las concentraciones de polen presentes en el aire en las diferentes épocas del año y para diferentes géneros vegetales; así como su impacto alergénico. De esta información se extrae, que entre las especies de arboles estudiadas, son especialmente problemáticas las de los géneros *Quercus*, *Cupressus*, *Pinus* y *Populus*.

Como en la mayoría de zonas del mediterráneo, las alergias u otros tipos de problemas relacionados con el polen procedente de la vegetación se dan en las estaciones de primavera y verano.

Los parques, por su gran cantidad de masa vegetal, en muchas ocasiones con el predominio de especies determinadas, representan grandes focos emisores de pólenes alergénicos. En Sant Cugat se da este fenómeno, especialmente con el géneros citados anteriormente.





LEYENDA

Niveles	Concentraciones de polen	Alergias respiratorias
1. Bajos	Poco importantes	
2. Medios	Medias	Posibles
3. Altos	Muy elevadas	Riesgo importante
4. Muy altos	Máximas	Máxima

OBSERVACIÓN: En las proximidades de las plantas emisoras, los niveles de polen pueden ser más elevados que los indicados en los gráficos.

Graf. 17 Calendario de polinización e impacto alérgico de Bellaterra. (Fuente: BELMONTE, J. et al.: Calendari de polinització de Bellaterra. Universitat Autònoma de Bellaterra, Laboratoris Leti).

A continuación se mostrará la tabla de especies según su impacto alérgico. En la tabla aparecen especies monoicas¹⁴⁹ y las versiones macho y hembra de las especies dioicas¹⁵⁰. Para el estudio de los árboles de los parques seleccionados, se representarán las dos hipótesis, una con todos los árboles dioicos hembra y otra con todos los árboles dioicos macho. De esta forma se conseguirá una comparación de los dos estadios posibles más extremos para las mismas especies.

¹⁴⁹ Los gametos masculinos y femeninos se encuentran en el mismo individuo

¹⁵⁰ Los gametos masculinos y femeninos se encuentran en diferentes individuos

IMPACTO ALERGÉNICO	
<i>Cupressus sempervirens</i> <i>Olea europea</i>	
<i>Morus alba</i> <i>Salix babylonica</i> <i>Broussonetia papyrifera</i>	♂
<i>Ailanthus altissima</i> <i>Eleagnus angustifolia</i> <i>Platanus hispánica</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Quercus suber</i>	
<i>Acer saccharinum</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Populus alba</i> 'pyramidalis' <i>Populus canadensis</i> <i>Populus nigra</i> 'italica'	♂
<i>Albizia julibrissin</i> <i>Catalpa bignonioides</i> <i>Celtis australis</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i> <i>Ligustrum japonicum</i> <i>Quercus robur</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Ulmus pumila</i>	
<i>Acer campestre</i> <i>Aesculus hippocastanum</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Prunus serrulata</i> <i>Sterculia platanifolia</i> <i>Tilia platyphyllos</i> <i>Tilia tomentosa</i>	
<i>Ginkgo biloba</i> <i>Gleditsia triacanthos</i>	♂

<i>Cercis siliquastrum</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Magnolia grandiflora</i> <i>Prunus avium</i> <i>Robinia pseudoacacia</i>	
<i>Cedrus deodara</i>	♂
<i>Gleditsia triacanthos</i> <i>Koelreuteria paniculata</i> <i>Pinus halapensis</i> <i>Pinus pinea</i> <i>Pyrus calleryana</i>	
<i>Cedrus deodara</i> <i>Melia azedarach</i> <i>Prunus cerasifera</i> <i>Tipuana tipu</i>	
<i>Ginkgo biloba</i> <i>Laurus nobilis</i>	♀
<i>Fraxinus angustifolia</i>	
<i>Acer saccharinum</i> <i>Broussonetia papyrifera</i> <i>Cedrus deodara</i> <i>Gleditsia triacanthos</i> <i>Morus alba</i> <i>Populus alba</i> 'nivea' <i>Populus canadensis</i> <i>Populus nigra</i> <i>Salix babylonica</i>	♀

Tabla 14 Relación de especies arbóreas presentes en los parques de estudio según su impacto alérgico. Escala en orden descendente siendo el verde oscuro el valor más favorable. (Fuente: producción propia basada en la información de ORGEN, T.L.: Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping. Ten speed press. Berkeley, California. 2000).

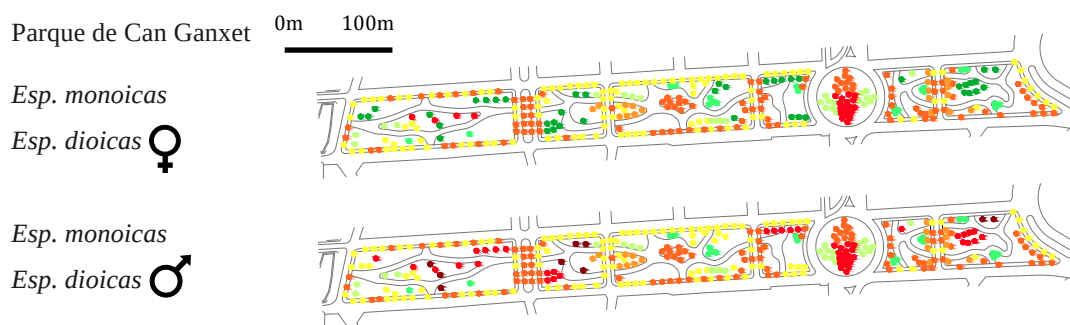


Fig. 39 Vegetación del Parque de Can Ganxet según su impacto alérgico (versión con árboles hembra y versión con árboles macho). (Fuente: producción propia según datos de ORGEN, T.L.: Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping. Ten speed press. Berkeley, California. 2000).

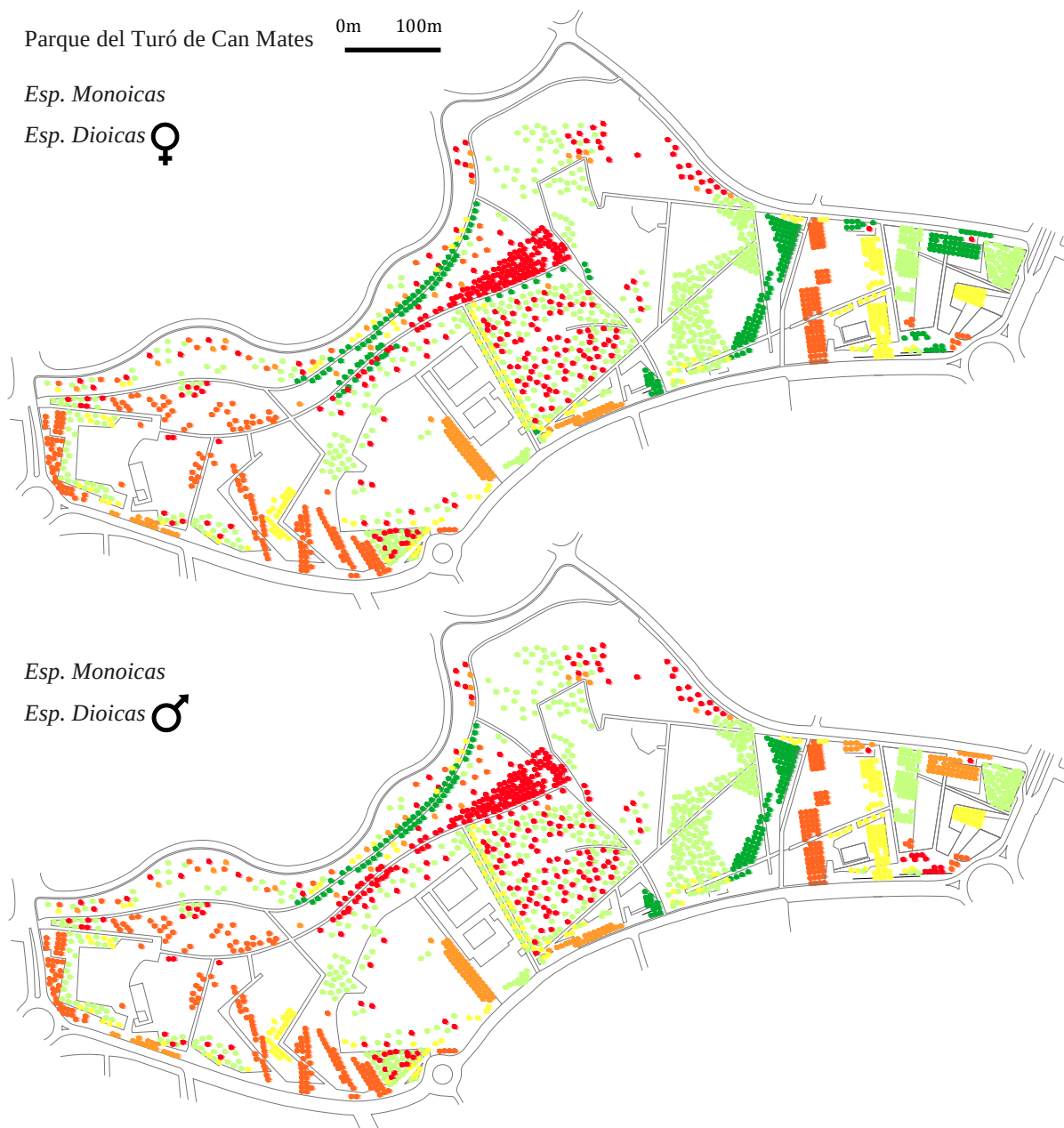


Fig. 40 Vegetación del Parque del Turó de Can Mates según su impacto alérgico (versión con árboles hembra y versión con árboles macho). (Fuente: producción propia según datos de ORGEN, T.L.: Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping. Ten speed press. Berkeley, California. 2000).

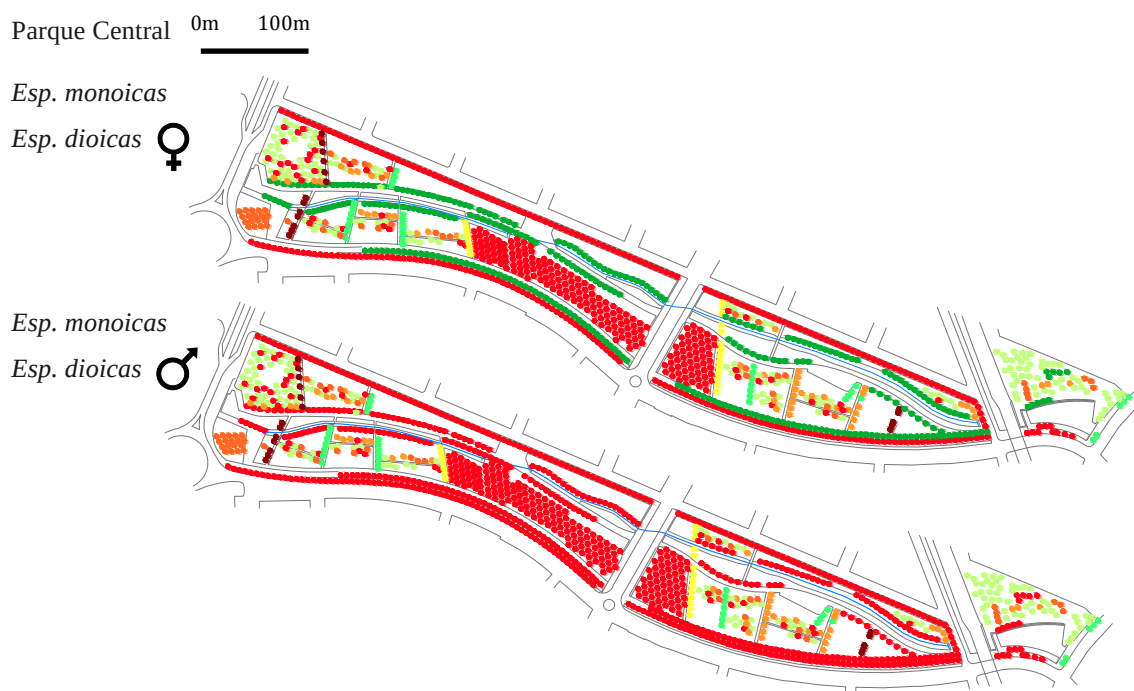


Fig. 41 Vegetación del Parque Central según su impacto alérgico (versión con árboles hembra y versión con árboles macho).
(Fuente: producción propia según datos de ORGEN, T.L.: Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping. Ten speed press. Berkeley, California. 2000).

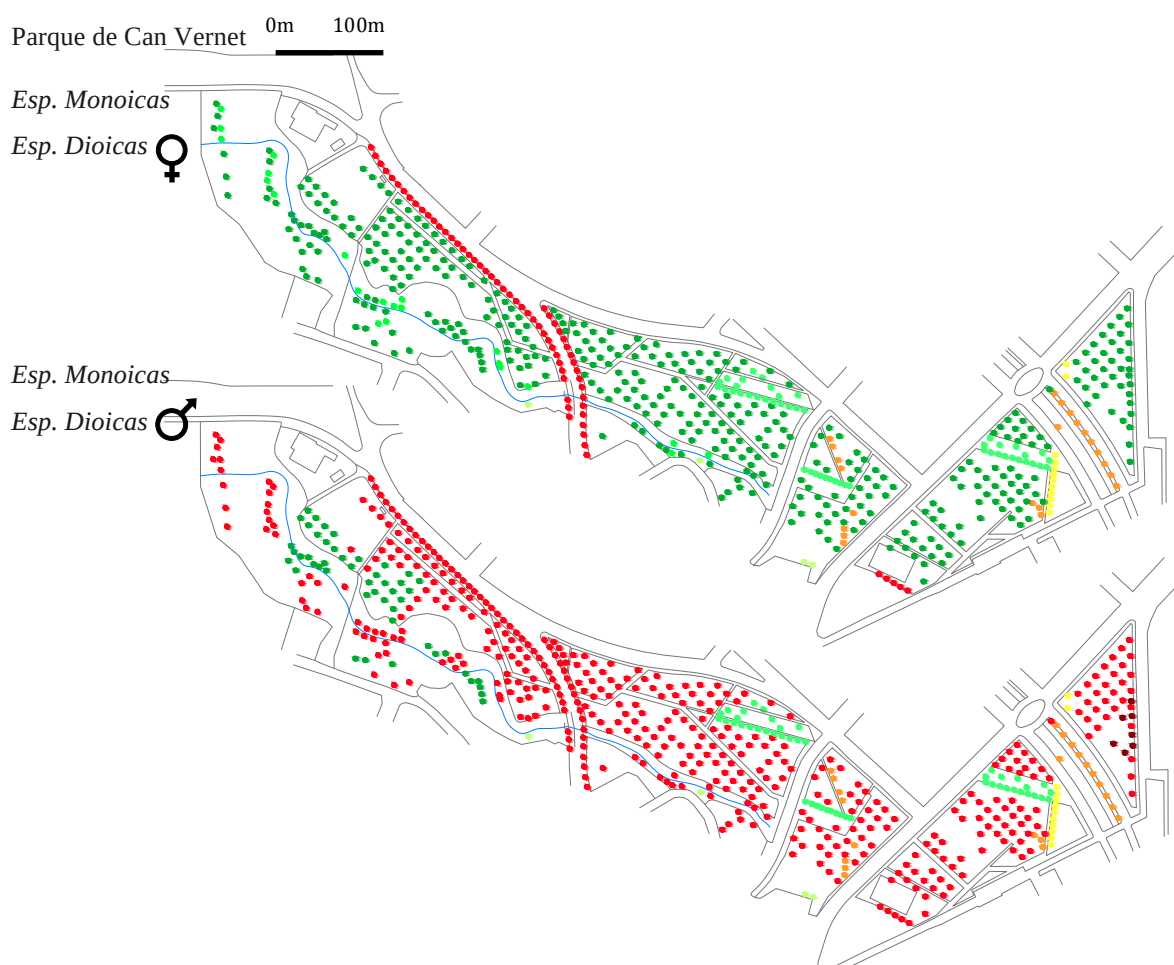
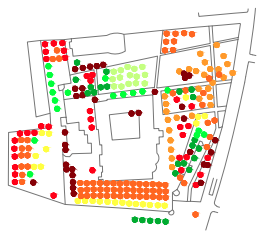


Fig. 42 Vegetación del Parque de Can Vernet según su impacto alérgico (versión con árboles hembra y versión con árboles macho).
(Fuente: producción propia según datos de ORGEN, T.L.: Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping. Ten speed press. Berkeley, California. 2000).

Jardines del Monasterio

Esp. monoicas

Esp. dioicas ♀



Esp. Monoicas

Esp. Dioicas ♂

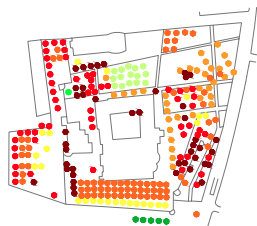


Fig. 43 Vegetación de los jardines del Monasterio según su impacto alérgico (versión con árboles hembra y versión con árboles macho). Fuente: producción propia según datos de ORGEN, T.L.: Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping. Ten speed press. Berkeley, California. 2000.

Parque de Ramon Barnils

Esp. monoicas

Esp. dioicas ♀



Esp. monoicas

Esp. dioicas ♂



Fig. 44 Vegetación del Parque de Ramon Barnils según su impacto alérgico (versión con árboles hembra y versión con árboles macho). (Fuente: producción propia según datos de ORGEN, T.L.: Allergy-Free: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping. Ten speed press. Berkeley, California. 2000).

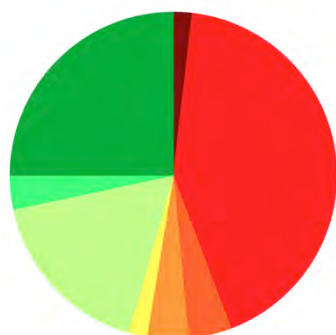
Especies Monoicas/Dioicas ♀



Parque Ramon Barnils



Jardines del Monasterio



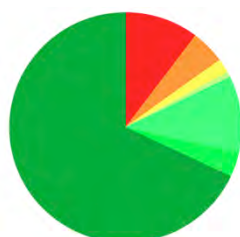
Parque Central



Parque Can Gaxet



Parque de Can Mates



Parque de Can Vernet

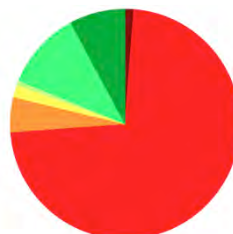
Especies Monoicas/Dioicas ♂



Parque Ramon Barnils



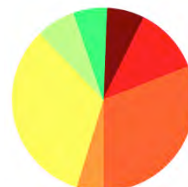
Parque Central



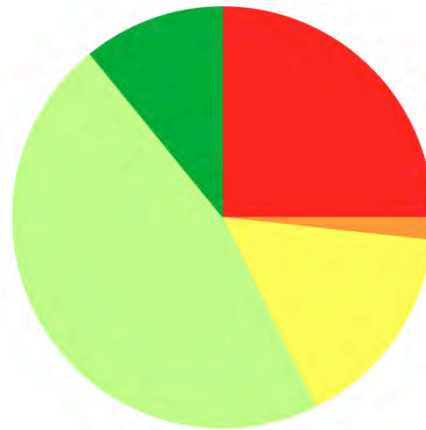
Parque de Can Vernet



Jardines del Monasterio



Parque Can Gaxet



Parque de Can Mates

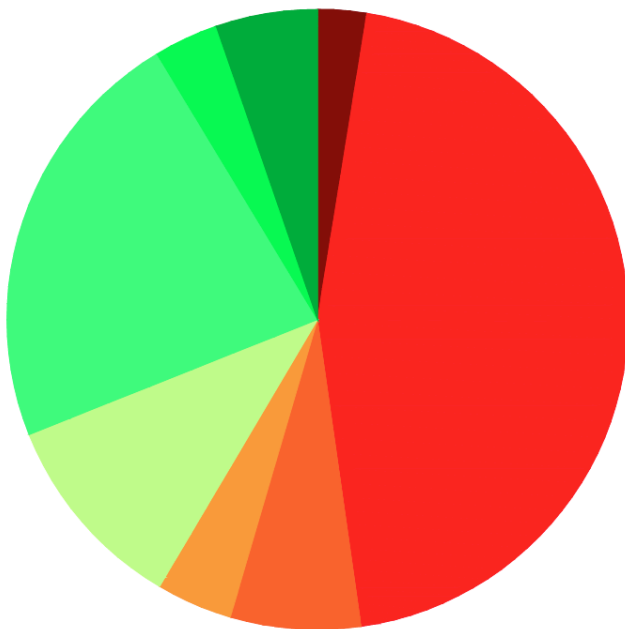
¹⁵¹ Se presentan los resultados de los dos escenarios para los diferentes parques. La escala es descendente según baja su impacto alérgico

Especies Monoicas/Dioicas ♀



Total de árboles del estudio

Especies Monoicas/Dioicas ♂



Total de árboles del estudio

De las dos hipótesis planteadas se extrae una conclusión de inmediato: en el uso de especies dioicas se debe seleccionar el ejemplar hembra (Tabla 14).

Para comprender la importancia de esta afirmación, son de especial interés los parques de Can Vernet y Central, diseñados por el mismo grupo de arquitectos. En estos parques hay un uso importante del género *Populus*, consistente en especies dioicas cuyos árboles hembra no causan alergias, mientras que sus árboles macho emiten grandes cantidades de polen alergénico, como se puede comprobar en el Graf. 17.

Desafortunadamente, en la mayoría de casos en los que se usan especies dioicas la realidad se corresponde a la hipótesis más desfavorable. El uso de ejemplares macho, como los *Populus nigra* 'italica' o los *Populus alba* 'pyramidalis', está mucho más extendido, ya que a menudo los ejemplares hembra producen frutos que pueden llegar a ser molestos, ensuciando el suelo y produciendo olores desagradables tras su caída.

En todos los casos, tanto en especies dioicas como monoicas se debe optar por árboles con bajo impacto alergénico.

Otro aspecto a tener en cuenta es el nivel de biodiversidad. El Parque de Can Mates tiene un comportamiento bastante satisfactorio en ambos escenarios planteados, presentando una gran variedad de especies. Una alta biodiversidad evita el predominio de pólenes específicos y reduce el riesgo de alergias. Por tanto, aunque no se opte por árboles con bajo potencial alergénico, es preferible combinar diferentes especies a la supremacía de unas pocas.

En este caso concreto, se debería replantear el uso de la especie *Platanus hispánica*, la más abundante en el ámbito estudio y que presenta un elevado potencial alergénico. Las especies *Quercus ilex* y *Quercus suber* tampoco deberían usarse con tanta abundancia.

Ante los resultados generales, se puede determinar que el diseño de estos espacios y la selección de árboles no se ha hecho teniendo en cuenta su potencial alergénico. Además, la polinosis tiene también un impacto localizado importante, pudiendo provocar graves problemas de salud a la gente que vive o trabaja cerca de las fuentes emisoras. Por tanto, el efecto de un parque no quedará contrarestando por otro.

Graf. 18 Cuantificación porcentual de grupos de árboles según su impacto alergénico por parques y en conjunto. Fuente: producción propia

6. Conclusiones

- Los árboles urbanos ofrecen beneficios y costes ambientales. Un conocimiento de estos puede convertirlos en una herramienta para combatir las patologías de la ciudad. Los aspectos estudiados, reducción del CO₂ atmosférico, contribución a la calidad del aire e impacto alergénico son importantes para un desarrollo urbano sostenible y el bienestar de los ciudadanos.
- Los aspectos medioambientales, a pesar de poder ser tratados de forma diferenciada, a menudo muestran relaciones de interdependencia. El calentamiento global contribuye al aumento de temperaturas, que a su vez, provoca una alteración de las etapas de polinización de la vegetación y un aumento de las concentraciones de contaminantes. Estos fenómenos combinados, pueden acentuar los daños a la salud de las personas.
- El software “i-tree” ,utilizado para la valoración de las especies, está especialmente diseñado para Estados Unidos, resultando ser poco acurado para otras regiones del mundo. No obstante, la comparación de resultados entre diferentes zonas climáticas y geográficas, ha permitido fijar el margen de error del caso de estudio en un 10%. Teniendo en cuenta el enfoque cualitativo del análisis, los resultados se han considerado aceptables.
- En el caso de estudio sobre el municipio de Sant Cugat, el conjunto de los árboles considerados ofrecen una buena respuesta a la reducción de CO₂, pero no ofrecen grandes beneficios en cuanto a la calidad del aire. La respuesta al impacto alérgico es bastante desfavorable.

- Los aspectos del CO₂, vinculado al calentamiento global, y de la calidad del aire son de gran importancia global. No obstante, la consideración del impacto alérgico de los espacios verdes debe ser prioritario en su diseño, ya que en este caso la vegetación es el generador del problema.
- Las aportaciones de los árboles de los parques relacionadas con el cambio climático y la calidad de aire se pueden analizar a nivel general. No obstante, el potencial alérgico de cada pieza se debe analizar por separado, ya que su efecto como foco emisor tiene efectos localizados importantes sobre la salud de las personas del entorno inmediato.
- Ante el desconocimiento de las características medioambientales de los árboles, es recomendable apostar por la biodiversidad, para así evitar el predominio de un solo efecto, especialmente en el caso del impacto alérgico. En el caso de los parques de Sant Cugat el uso masivo de algunas especies, como el *Platanus hispanica* y el *Populus nigra*, tiene resultados negativos.
- Los parques con mejor respuesta a los tres parámetros de estudio, son los que muestran un mayor grado de biodiversidad. Si otorgamos el mismo grado de importancia a los tres aspectos, la mejor valoración sería para el Parque de Can Ganxet, seguido del Parque del Turó Can Mates. Posteriormente, tendríamos el parque central, los jardines del Monasterio y finalmente el Parque de Can Vernet, con el menor el grado de biodiversidad.
- Las especies más eficientes a nivel global son el Fresno de hoja estrecha (*Fraxinus angustifolia*), el Arce plateado ♂ (*Acer saccharinum*) y el Cedro de Himalaia (*Cedrus deodara*) ♀. Los más desfavorables son el sauce llorón macho (*Salix babylonica*) y los alamos macho (*Populus*).
- Los árboles más abundantes del municipio son el plátano híbrido (*Platanus hispánica*), el pino blanco (*Pinus halepensis*), el álamo negro y el pino piñonero. Tanto el plátano como el álamo tienen una valoración global baja, mientras que los pinos se encuentran en la media. Por tanto, la elección de árboles está lejos de ser la óptima.
- Los árboles más adecuados para combatir el calentamiento global son los capaces de almacenar más biomasa. Esto implica un gran tamaño en su madurez, una madera densa, una gran masa foliar y una vida larga. Una rápida velocidad de crecimiento facilita que se realice su servicio completo antes de su muerte.
- La aportación de los árboles a la calidad del aire es máxima para las partículas en suspensión PM₁₀ y el ozono (O₃). Por esta razón, serán de gran importancia las características de la copa (densa y uniforme) y de las hojas (complejas, rugosas, peludas, pegajosas, pequeñas y abundantes); así como la selección de especies que no emitan grandes cantidades de COV. La resistencia de las especies a la contaminación urbana es un aspecto fundamental (ANEXO 2).

- Los árboles más idoneos para reducir la polinosis en el medio urbano son aquellas que emiten pocas cantidades de polen, a poder ser de bajo potencial alergénico. Para esto, se deben evitar, sobretudo, los ejemplares machos de las especies dioicas. También es recomendable optar por especies de floración grande y vistosa, ya que, generalmente, su polén es transportado por insectos u otros animales, mientras que los de flores pequeñas y discretas generan grandes cantidades de polen, cuyo vehículo principal es el aire.
- En el caso de estudio sólo se han incluido especies bien adaptadas a la zona, ya sean autóctonas, naturalizadas o foráneas. El uso excesivo de especies exóticas mal adaptadas puede repercutir en la salud de los mismos árboles y del conjunto; reduciendo los beneficios medioambientales ofrecidos por los espacios verdes.

7. Perspectivas

Este estudio forma parte de una larga lista de trabajos que reflexionan y analizan la presencia de la vegetación en el medio urbano, y los beneficios y costes que ésta representa. No obstante, hay diferentes aspectos que no han podido ser discutidos o han sido tratados de forma superficial, y por su interés merecen un posterior análisis. Por esta razón se plantean a continuación nuevas perspectivas relacionadas con el estudio de la vegetación urbana, así como sugerencias para poder mejorar el presente trabajo.

- El desarrollo de un software de selección parámetrica del árbolado urbano centrado en el clima mediterráneo europeo, para así conseguir una mayor fiabilidad de los resultados. Una herramienta accesible a profesionales y administraciones encargadas del desarrollo y gestión de la naturaleza urbana.
- La incorporación al estudio de otras tipologías vegetales, como arbustos, trepadoras, céspedes, etc. A pesar de que el árbol tiene un papel especialmente importante en los parques y jardines, la contribución del resto de la vegetación a los aspectos analizados no es en absoluto despreciable. Como ejemplo, las praderas y céspedes, mayoritariamente constituidos por gramíneas están entre los máximos causantes de polinosis (*Graf. 17* pág. 71); y por su gran extensión de bien seguro también tiene impactos importantes sobre la reducción del CO₂ atmosférico y la calidad del aire. No obstante, esto requeriría una amplia investigación sobre las características y capacidades del resto de tipologías vegetales, como se ha hecho con los árboles.
- El análisis de las aportaciones de la vegetación de los parques a los parámetros de confort. Los parques son espacios donde se desarrollan multitud de actividades, donde la gente se divierte, se

relaciona y se relaja a la vez que disfrutan del aire libre. Por tanto, es de especial interés la relación entre la vegetación y el confort del usuario, así como su interacción con las diferentes actividades que se desarrollan en estos espacios.

- El análisis del impacto ambiental de los sistemas vegetales urbanos como materiales de construcción, contrapuesto a sus beneficios medioambientales. Así, como la comparación con sistemas inertes (ANEXO 3)

ANEXO 1: Parques y árboles de estudio

Para la evaluación de los parques se ha tenido que hacer previamente un plano de distribución del arbolado para cada uno de ellos.

Los planos presentes en este anexo son de elaboración propia, gracias a la información obtenida en las diferentes visitas a los parques y jardines estudiados. La información sobre las especies fue suministrada en forma de listado por el servicio de parques y jardines del ayuntamiento de Sant Cugat del Vallès, ya que no disponían de planos de jardinería. El libro de “Árboles de Terrassa”¹ de Jordi Chueca, ha sido una gran ayuda para la delimitación e identificación de las especies a considerar.

A continuación se muestra la leyenda de especies analizadas.

 <i>Acer campestre</i> (59)	 <i>Cupressus sempervirens</i> (62)	 <i>Morus alba</i> (12)	 <i>Quercus ilex</i> (197)
 <i>Acer saccharinum</i> (115)	 <i>Eleagnus angustifolia</i> (14)	 <i>Olea europea</i> (4)	 <i>Quercus robur</i> (73)
 <i>Aesculus hippocastanum</i> (31)	 <i>Fraxinus angustifolia</i> (209)	 <i>Pinus halepensis</i> (484)	 <i>Quercus rubra</i> (86)
 <i>Ailanthus altissima</i> (124)	 <i>Ginkgo biloba</i> (5)	 <i>Pinus pinea</i> (341)	 <i>Quercus suber</i> (82)
 <i>Albizia julibrissin</i> (10)	 <i>Gleditsia triacanthos</i> (54)	 <i>Platanus hispánica</i> (603)	 <i>Robinia pseudoacacia</i> (113)
 <i>Broussonetia papyrifera</i> (8)	 <i>Koelreuteria paniculata</i> (6)	 <i>Populus alba</i> (158)	 <i>Salix babylonica</i> (4)
 <i>Catalpa bignonioides</i> (13)	 <i>Lagerstroemia indica</i> (28)	 <i>Populus canadensis</i> (46)	 <i>Sterculia platanifolia</i> (7)
 <i>Cedrus atlántica glauca</i> (1)	 <i>Laurus nobilis</i> (36)	 <i>Populus nigra</i> (455)	 <i>Tilia platyphyllos</i> (4)
 <i>Cedrus deodara</i> (11)	 <i>Ligustrum japonicum</i> (9)	 <i>Prunus avium</i> (94)	 <i>Tilia tomentosa</i> (98)
 <i>Celtis australis</i> (245)	 <i>Liquidambar styraciflua</i> (44)	 <i>Prunus cerasifera</i> (47)	 <i>Tipuana tipu</i> (38)
 <i>Cercis siliquastrum</i> (156)	 <i>Magnolia grandiflora</i> (26)	 <i>Prunus serrulata</i> (6)	 <i>Ulmus pumila</i> (140)
 <i>Cupressocyparis leylandii</i> (18)	 <i>Melia azedarach</i> (19)	 <i>Pyrus calleryana</i> (59)	

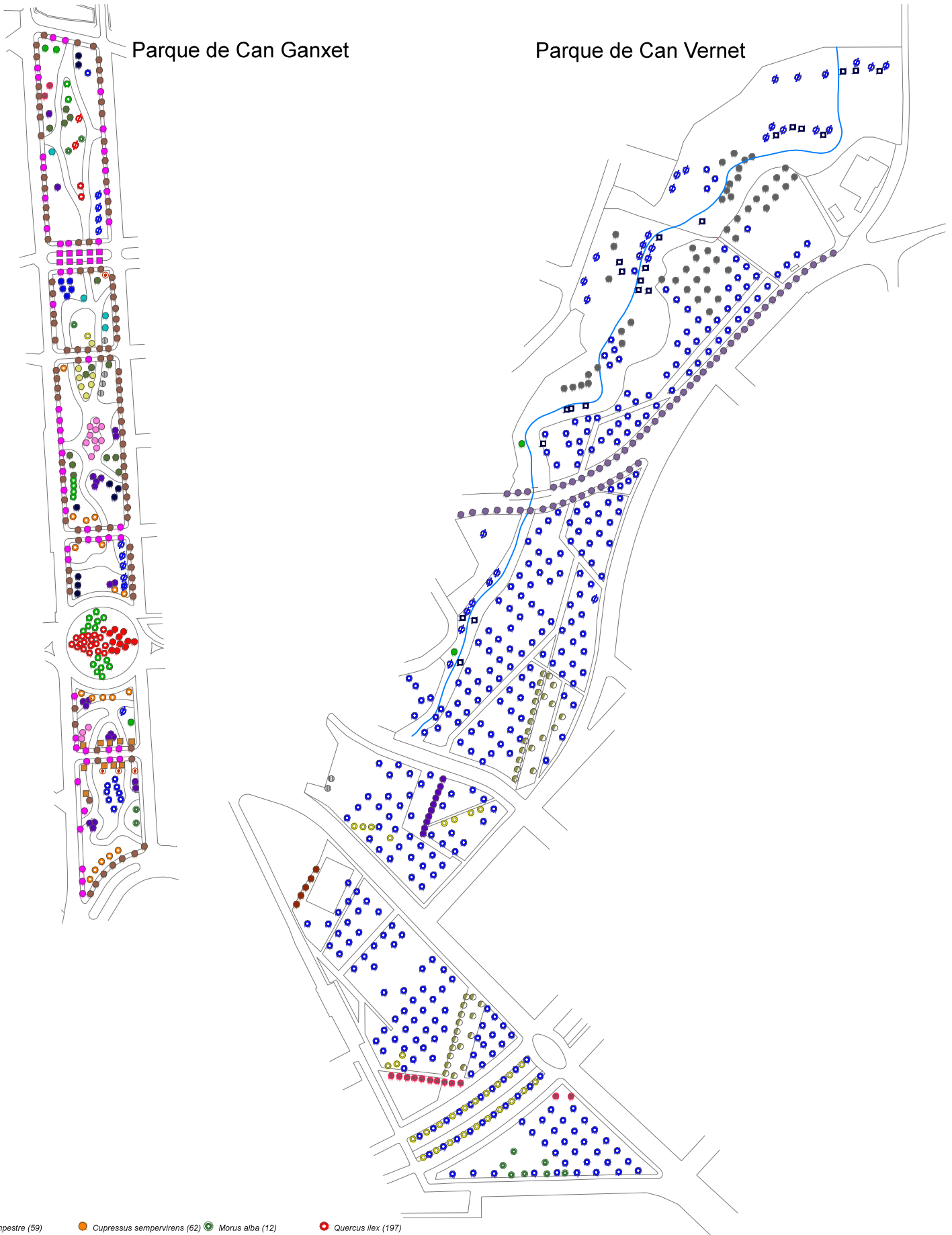
¹ CHUECA ABANCÓ, J.: *Els arbres de Terrassa: guia d'identificació*. Ajuntament de Terrassa. Terrassa. 1992

Parque de Can Ganxet

Parque de Can Vernet

- | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Acer campestre</i> (59) | <i>Cupressus sempervirens</i> (62) | <i>Morus alba</i> (12) | <i>Quercus ilex</i> (197) |
| <i>Acer saccharinum</i> (115) | <i>Eleagnus angustifolia</i> (14) | <i>Olea europea</i> (4) | <i>Quercus robur</i> (73) |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> (31) | <i>Fraxinus angustifolia</i> (209) | <i>Pinus halapensis</i> (484) | <i>Quercus rubra</i> (86) |
| <i>Ailanthus altissima</i> (124) | <i>Ginkgo biloba</i> (5) | <i>Pinus pinea</i> (341) | <i>Quercus suber</i> (82) |
| <i>Albizia julibrissin</i> (10) | <i>Gleditsia triacanthos</i> (54) | <i>Platanus hispánica</i> (603) | <i>Robinia pseudoacacia</i> (113) |
| <i>Broussonetia papyrifera</i> (8) | <i>Koelreuteria paniculata</i> (6) | <i>Populus alba</i> (158) | <i>Salix babylonica</i> (4) |
| <i>Catalpa bignonioides</i> (13) | <i>Lagerstroemia indica</i> (28) | <i>Populus canadensis</i> (46) | <i>Sterculia platanifolia</i> (7) |
| <i>Cedrus atlántica glauca</i> (1) | <i>Laurus nobilis</i> (36) | <i>Populus nigra</i> (455) | <i>Tilia platyphyllos</i> (4) |
| <i>Cedrus deodara</i> (11) | <i>Ligustrum japonicum</i> (9) | <i>Prunus avium</i> (94) | <i>Tilia tomentosa</i> (98) |
| <i>Celtis australis</i> (245) | <i>Liquidambar styraciflua</i> (44) | <i>Prunus cerasifera</i> (47) | <i>Tipuana tipu</i> (38) |
| <i>Cercis siliquastrum</i> (156) | <i>Magnolia grandiflora</i> (26) | <i>Prunus serrulata</i> (6) | <i>Ulmus pumila</i> (140) |
| <i>Cupressocyparis leylandii</i> (18) | <i>Melia azedarach</i> (19) | <i>Pyrus calleryana</i> (59) | |

0 m 50 m 100 m 200 m



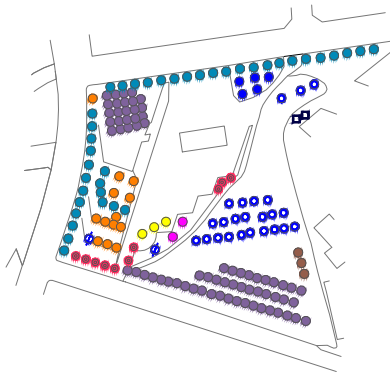
Parque del Turó de Can Mates

- | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Acer campestre</i> (59) | <i>Cupressus sempervirens</i> (62) | <i>Morus alba</i> (12) | <i>Quercus ilex</i> (197) |
| <i>Acer saccharinum</i> (115) | <i>Eleagnus angustifolia</i> (14) | <i>Olea europea</i> (4) | <i>Quercus robur</i> (73) |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> (31) | <i>Fraxinus angustifolia</i> (209) | <i>Pinus halapensis</i> (484) | <i>Quercus rubra</i> (86) |
| <i>Ailanthus altissima</i> (124) | <i>Ginkgo biloba</i> (5) | <i>Pinus pinea</i> (341) | <i>Quercus suber</i> (82) |
| <i>Albizia julibrissin</i> (10) | <i>Gleditsia triacanthos</i> (54) | <i>Platanus hispánica</i> (603) | <i>Robinia pseudoacacia</i> (113) |
| <i>Broussonetia papyrifera</i> (8) | <i>Koelreuteria paniculata</i> (6) | <i>Populus alba</i> (158) | <i>Salix babylonica</i> (4) |
| <i>Catalpa bignonioides</i> (13) | <i>Lagerstroemia indica</i> (28) | <i>Populus canadensis</i> (46) | <i>Sterculia platanifolia</i> (7) |
| <i>Cedrus atlántica glauca</i> (1) | <i>Laurus nobilis</i> (36) | <i>Populus nigra</i> (455) | <i>Tilia platyphyllos</i> (4) |
| <i>Cedrus deodara</i> (11) | <i>Ligustrum japonicum</i> (9) | <i>Prunus avium</i> (94) | <i>Tilia tomentosa</i> (98) |
| <i>Celtis australis</i> (245) | <i>Liquidambar styraciflua</i> (44) | <i>Prunus cerasifera</i> (47) | <i>Tipuana tipu</i> (38) |
| <i>Cercis siliquastrum</i> (156) | <i>Magnolia grandiflora</i> (26) | <i>Prunus serrulata</i> (6) | <i>Ulmus pumila</i> (140) |
| <i>Cupressocyparis leylandii</i> (18) | <i>Melia azedarach</i> (19) | <i>Pyrus calleryana</i> (59) | |

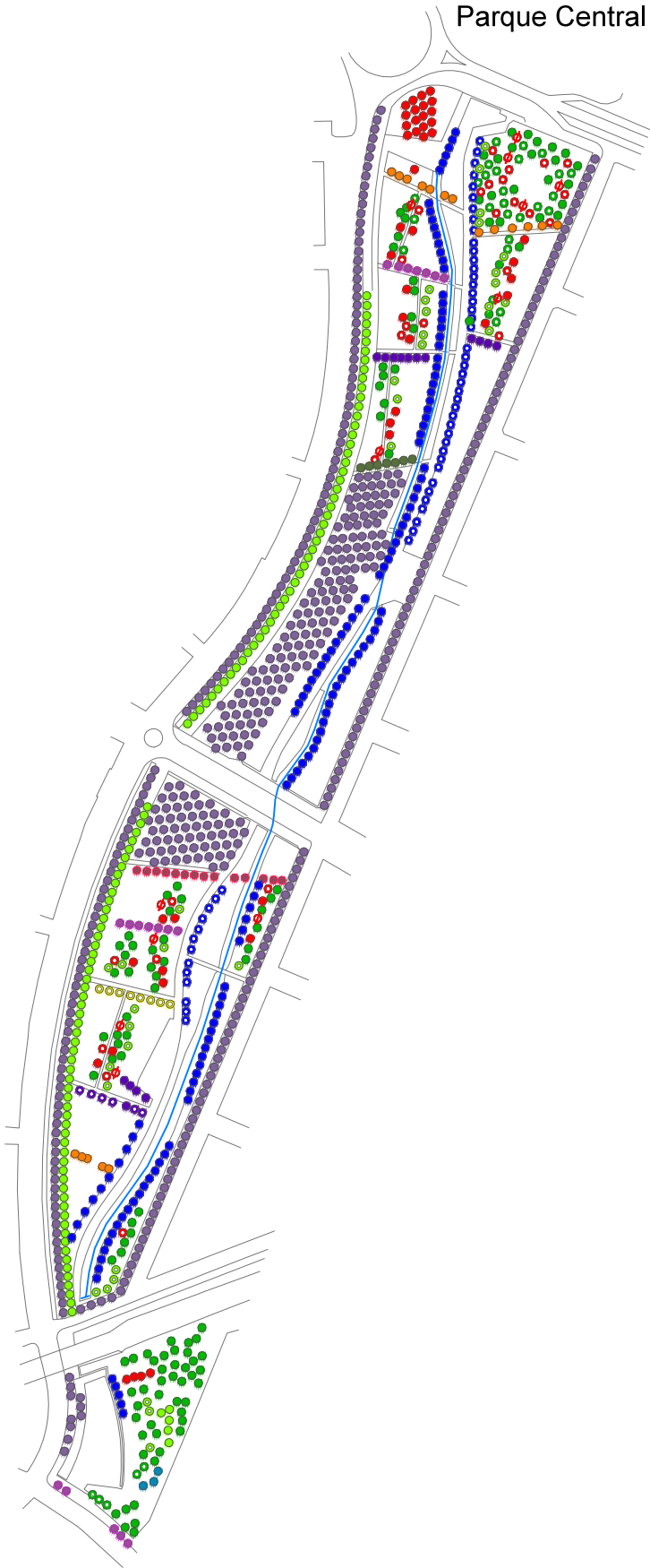
0 m 50 m 100 m 200 m



Parque de Ramon Barnils



Parque Central



Jardines del Monasterio



- | | | | |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| ● <i>Acer campestre</i> (59) | ● <i>Cupressus sempervirens</i> (62) | ● <i>Morus alba</i> (12) | ● <i>Quercus ilex</i> (197) |
| ● <i>Acer saccharinum</i> (115) | ● <i>Eleagnus angustifolia</i> (14) | ● <i>Olea europea</i> (4) | ● <i>Quercus robur</i> (73) |
| ● <i>Aesculus hippocastanum</i> (31) | ● <i>Fraxinus angustifolia</i> (209) | ● <i>Pinus halapensis</i> (484) | ● <i>Quercus rubra</i> (86) |
| ● <i>Ailanthus altissima</i> (124) | ● <i>Ginkgo biloba</i> (5) | ● <i>Pinus pinea</i> (341) | ● <i>Quercus suber</i> (82) |
| ● <i>Albizia julibrissin</i> (10) | ● <i>Gleditsia triacanthos</i> (54) | ● <i>Platanus hispánica</i> (603) | ● <i>Robinia pseudoacacia</i> (113) |
| ● <i>Broussonetia papyrifera</i> (8) | ● <i>Koelreuteria paniculata</i> (6) | ● <i>Populus alba</i> (158) | ● <i>Salix babylonica</i> (4) |
| ● <i>Catalpa bignonioides</i> (13) | ● <i>Lagerstroemia indica</i> (28) | ● <i>Populus canadensis</i> (46) | ● <i>Sterculia platanifolia</i> (7) |
| ● <i>Cedrus atlántica glauca</i> (1) | ● <i>Laurus nobilis</i> (36) | ● <i>Populus nigra</i> (455) | ● <i>Tilia platyphyllos</i> (4) |
| ● <i>Cedrus deodara</i> (11) | ● <i>Ligustrum japonicum</i> (9) | ● <i>Prunus avium</i> (94) | ● <i>Tilia tomentosa</i> (98) |
| ● <i>Celtis australis</i> (245) | ● <i>Liquidambar styraciflua</i> (44) | ● <i>Prunus cerasifera</i> (47) | ● <i>Tipuana tipu</i> (38) |
| ● <i>Cercis siliquastrum</i> (156) | ● <i>Magnolia grandiflora</i> (26) | ● <i>Prunus serrulata</i> (6) | ● <i>Ulmus pumila</i> (140) |
| ● <i>Cupressocyparis leylandii</i> (18) | ● <i>Melia azedarach</i> (19) | ● <i>Pyrus calleryana</i> (59) | |

0 m 50 m 100 m 200 m



ANEXO 2: Descripción de las especies según los aspectos de estudio

Se han elaborado fichas descriptivas de las diferentes especies consideradas en el estudio. Estas fichas fueron ,en origen, una herramienta de trabajo con material fotográfico para la identificación de las diferentes especies arbóreas presentes en los parques seleccionados. No obstante, en este anexo se ha aprovechado este esquema inicial para incorporar los resultados del estudio para cada especie vegetal. También se han incorporado otras informaciones de gran valor práctico para la selección de especies en los espacios verdes urbanos, como la longevidad, velocidad de crecimiento, persistencia de la hoja y vulnerabilidad a diferentes ataques e inclemencias. Estas informaciones adicionales se han obtenido del libro “El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado”¹. Ed. Omega. Barcelona, 1995.

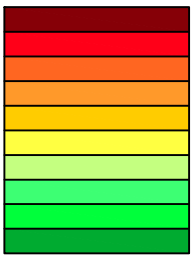
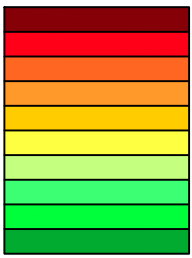
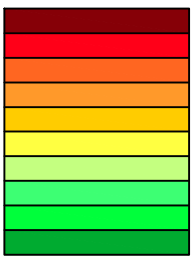
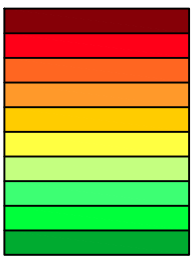
En ningún caso la información de estas fichas pretende ser suficiente para la selección del arbolado. La aportación de este trabajo se centra especialmente sobre los aspectos analizados, sin entrar en otros aspectos igual de importantes como son los paisajísticos, botánicos y las consideraciones respecto al confort.

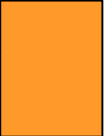
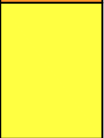
Algunas de las especies no disponen de toda la información, ya que no formaban parte de la base de datos del modelo UFORE, utilizado para la valoración de el secuestro y almacenamiento de CO₂ y la contribución a la calidad del aire. Las fichas incompletas son las de las siguientes especies: *Cedrus atlantica glauca*, *Eleagnus angustifolia*, *Olea europea* y *Tipuana tipu*.

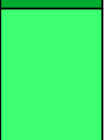
Estas fichas cuentan con los nombres comunes de las especies. En el resto del trabajo se ha optado por utilizar su nombre científico para así evitar confusiones.

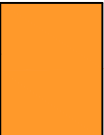
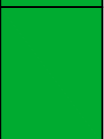
¹ NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995.

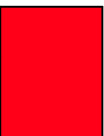
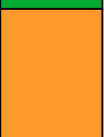
1	2	Nombre científico 5		Nombre común 6		12	
		Velocidad de Crecimiento 7					13
	4	3	Esperanza de Vida 8				
		Resistencia a la Contaminación 9					
		Necesidad de Agua 10				15	
		Plagas y Enfermedades 11					

1 Apariencia General	12 Alergias género MASCULINO 
2 Apariencia de Hojas / Frutos / Flores	
3 Persistencia de la Hoja  Caduca  Perenne	
4 Apariencia del Tronco	
5 Nombre Científico	
6 Nombre Común	
7 Velocidad de Crecimiento ☐ Lenta ☐ Media ☐ Rápida	13 Alergias género FEMENINO 
8 Esperanza de Vida ☐ Hasta 100 años ☐ Hasta 200 años ☐ Hasta 300 años ☐ Hasta 400 años ☐ Hasta 500 años ☐ 600 años o más	
9 Resistencia a la Contaminación IND ☐ Industriales URB ☐ Urbana	14 CO2 Secuestro y Almacenamiento 
10 Necesidad de Agua ☐ Sequedad Extrema ☐ Sequedad Media ☐ Sequedad Débil ☐ Humedad Débil ☐ Humedad Media ☐ Humedad Extrema	
11 Plagas y Enfermedades INS ☐ Insectos HON ☐ Hongos VIR ☐ Virus BAC ☐ Bacterias	15 CALIDAD AIRE Contribución 

		<i>Acer campestre</i>	Arce Campestre	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		
				

		<i>Acer saccharinum</i>	Arce Plateado	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		
				

		<i>Aesculus hippocastanum</i>	Castaño de Indias	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		
				

		<i>Ailanthus altissima</i>	Ailanto	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		
				

		<i>Albizia julibrissin</i> Acacia de Constantinopla Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐ Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Plagas y Enfermedades ☐ INS BAC ☐ ☐ HON VIR ☐	
---	---	--	---

		<i>Broussonetia papyrifera</i> Morera del Papel Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐ Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Plagas y Enfermedades ☐ INS BAC ☐ ☐ HON VIR ☐	
--	--	--	---

		<i>Catalpa bignonioides</i> Catalpa Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐ Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Plagas y Enfermedades ☐ INS BAC ☐ ☐ HON VIR ☐	
---	---	--	---

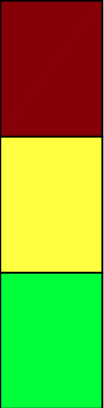
		<i>Cedrus atlantica glauca</i> Cedro del Atlas Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐ Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Plagas y Enfermedades ☐ INS BAC ☐ ☐ HON VIR ☐	
---	---	---	---

  	<i>Cedrus deodara</i>	Cedro de Himalaia	
	Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐		
	Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
	Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐		
	Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
Plagas y Enfermedades ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR			

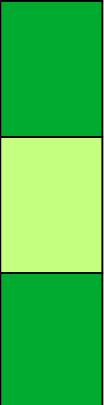
  	<i>Celtis australis</i>	Almez	
	Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐		
	Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
	Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐		
	Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
Plagas y Enfermedades ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR			

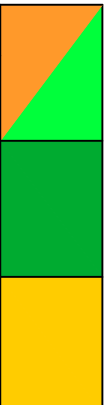
  	<i>Cercis siliquastrum</i>	Arbol del amor	
	Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐		
	Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
	Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐		
	Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
Plagas y Enfermedades ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR			

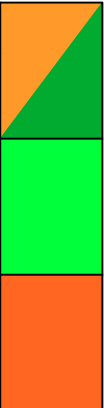
  	<i>Cupressocyparis leylandii</i>	Ciprés de Leyland	
	Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐		
	Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
	Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐		
	Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
Plagas y Enfermedades ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR			

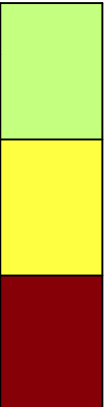
		<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades (*)		
		IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

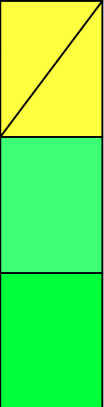
		<i>Eleagnus angustifolia</i>	Arbol del Paraíso	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

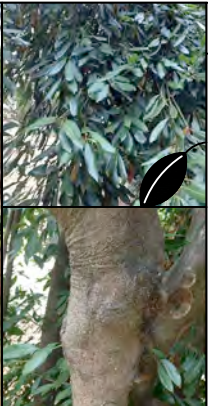
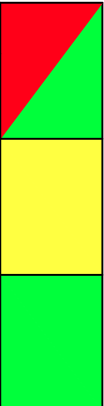
		<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fresno de hoja estrecha	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

		<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

		<i>Gleditsia triacanthos</i> Acacia de tres puntas		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

		<i>Koelreuteria paniculata</i> Jabonero de la China		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

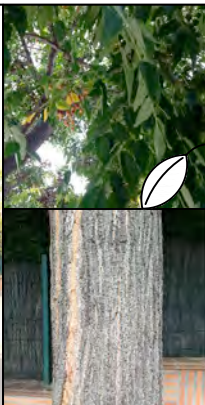
		<i>Lagerstroemia indica</i> Espumilla		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

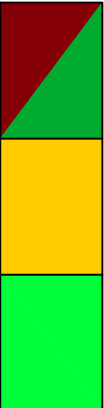
		<i>Laurus nobilis</i> Laurel		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

 	<i>Ligustrum japonicum</i>	Aligustre el Japón	
	Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐			

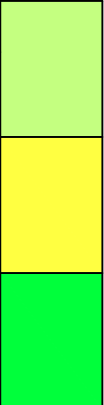
 	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidámbar	
	Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐			

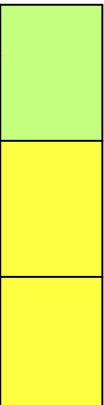
 	<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnolia común	
	Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐			

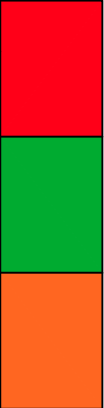
 	<i>Melia azedarach</i>	Cinamomo	
	Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐			

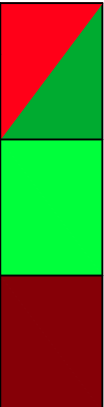
		Morus alba	Morera	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

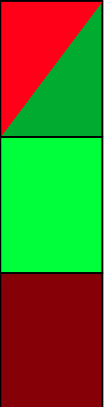
		Olea europea	Olivo	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

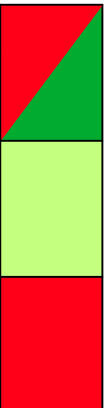
		Pinus halapensis	Pino de Aleppo	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades (*)		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

		Pinus pinea	Pino piñonero	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades (*)		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

		<i>Platanus hispánica</i> Platano hibrido común		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades (*) INS BAC HON VIR		

		<i>Populus alba</i> Álamo blanco		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

		<i>Populus canadensis</i> Álamo negro de Canadá		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

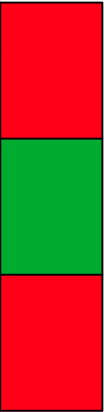
		<i>Populus nigra</i> Álamo negro		
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

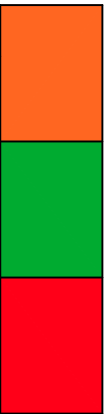
		<i>Prunus avium</i>	Cerezo silvestre	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

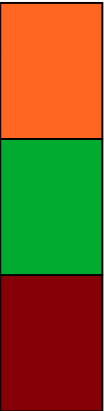
		<i>Prunus cerasifera</i>	Ciruelo mirobolano	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

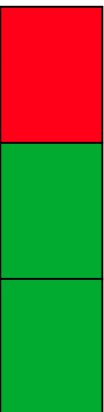
		<i>Prunus serrulata</i>	Cerezo de Japón	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

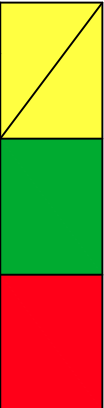
		<i>Pyrus calleryana</i>	Peral de Callery	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

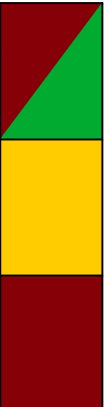
		<i>Quercus ilex</i>	Encina	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

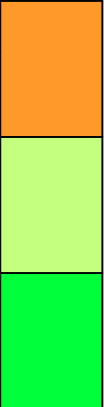
		<i>Quercus robur</i>	Roble	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

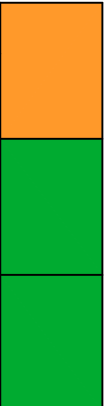
		<i>Quercus rubra</i>	Roble rojo americano	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades INS BAC HON VIR		

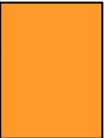
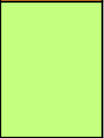
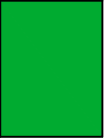
		<i>Quercus suber</i>	Alcornoque	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación IND SI NO URB Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades (*) INS BAC HON VIR		

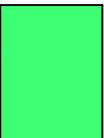
		<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinia	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

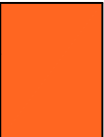
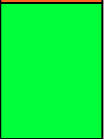
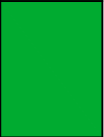
		<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

		<i>Sterculia platanifolia</i>	Parasol de la China	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

		<i>Tilia platyphyllos</i>	Tilo común	
		Velocidad de Crecimiento Esperanza de Vida Resistencia a la Contaminación Necesidad de Agua Plagas y Enfermedades		
		IND ☐ SI ☐ NO URB ☐ ☐ ☐ INS ☐ BAC ☐ HON ☐ VIR ☐		

 	<i>Tilia tomentosa</i>	Tilo plateado	  
	Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐ Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Plagas y Enfermedades ☐ INS ☐ BAC ☐ ☐ HON ☐ VIR ☐		

 	<i>Tipuana tipu</i>	Tipuana	  
	Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐ Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Plagas y Enfermedades ☐ INS ☐ BAC ☐ ☐ HON ☐ VIR ☐		

 	<i>Ulmus pumila</i>	Olmo de Siberia	  
	Velocidad de Crecimiento ☐ ☐ ☐ Esperanza de Vida ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Resistencia a la Contaminación IND ☐ SI ☐ NO ☐ URB ☐ ☐ ☐ Necesidad de Agua ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Plagas y Enfermedades ☐ INS ☐ BAC ☐ ☐ HON ☐ VIR ☐		

ANEXO 3: Impacto ambiental: Sistemas vegetales vs. Sistemas inertes

La vegetación en las ciudades ha pasado de ser una preexistencia a un nuevo material introducido, modificado y gestionado por el ser humano; un material que igual que el resto conforma la imagen y materialidad de nuestras ciudades. Es verdad que la vegetación es un elemento natural y sensible, pero hemos podido ver, a lo largo de este estudio, que influye en una gran cantidad de aspectos relacionados con la vida en el medio urbano¹. Si bien es verdad que los árboles de forma unitaria son los elementos vegetales con más influencia y presencia en la ciudad, no debemos olvidar que hay otros niveles de vegetación, que de forma extensiva, pueden igualar o superar su importancia.

Si consultamos la *Fig. 1* en la página 13, podemos observar los diferentes niveles de ajardinamiento, dónde se encuentran los diferentes tipos de árboles, arbustos y plantas tapizantes.

Todos los tipos de vegetación, en mayor o menor medida, intervienen en los aspectos medioambientales trabajados en el estudio. Estas aportaciones no las puede realizar, a día de hoy, ningún material inerte presente en nuestras ciudades. No obstante, la vegetación, como cualquier otro material de nuestras ciudades, requiere de una implantación, y probablemente de un mantenimiento aún más costoso. Esto representa la contraparte de sus aportaciones.

Este ejercicio, plantea un cambio de enfoque respecto al resto del trabajo y, por esta razón, se concibe como una posible línea de trabajo independiente para un futuro trabajo. Se pone la vegetación urbana al nivel del resto de materiales de construcción tradicionales, desde una perspectiva más arquitectónica y constructiva. El trabajo propone una comparación del impacto ambiental entre soluciones realizadas con elementos vegetales y otras con elementos inertes; para resolver situaciones de iguales o similares características.

¹ *Tabla 1* página 16

Para esto, se describen una serie de situaciones que se encuentran en espacios de la ciudad, para los que se precisa una solución arquitectónica y constructiva. Para cada una de estas soluciones se plantean dos alternativas: la vegetal y la inerte.

Espacio de sombra



Límite



Pavimento



Fig. A Situaciones propuestas con soluciones vegetales e inertes. (Fuente: producción propia)

Se pueden plantear una gran cantidad de situaciones como estas, en las que dos tipos diferentes de ejecuciones cumplen una misma función.

Para cada una de estas situaciones se propone realizar una comparación de impacto ambiental entre las dos soluciones, teniendo en cuenta, en el caso de la vegetación, sus aportaciones medioambientales.

Para la valoración del impacto ambiental se plantea la valoración de los siguientes aspectos: energía embebida medida en Megajoules (MJ) o en kilo Watt hora (kWh) y emisiones de CO₂ (kg). Éstos dos indicadores son muy importantes, porque van asociados al calentamiento global y a la capa de ozono². A estos indicadores se añaden el consumo de agua y la durabilidad, ya que se considera que son interesantes para determinar la sostenibilidad del sistema.

Indicadores

- Energía embebida (MJ/kWh)
- Emisiones de CO₂ (kg)
- Consumo de agua (kg)
- Durabilidad / longevidad (años)

Para obtener el impacto ambiental producido por todos los sistemas, vegetales e inertes, se puede recurrir al banco BEDEC del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC)³. En este banco se encuentran los sistemas y procesos constructivos separados en diferentes partidas; entre las cuales las cuales están las de elementos de urbanización. Éstos, contendrán la gran mayoría de los elementos necesarios para el estudio. En el caso de los diferentes tipos de vegetación deberemos acceder a “F - Elementos unitarios de urbanización → FR – Jardinería”.

A continuación, se muestra un ejemplo en el cual se define el impacto ambiental de la producción e implantación de los módulos de la situación “espacio de sombra” ,tanto el elemento vegetal, como el sistema inerte.

² ARGÜELLO MÉNDEZ, T., CUCHÍ BURGOS, A.: *Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste de programa 10x10 con techo-chiapas del CYTED*. 2008.

³ Banco BEDEC <http://www.itec.es/noubedec.e/bedec.aspx>

FR61_01 - PLANTACIÓN DE ÁRBOL PLANIFOLIO (E)

 FR612356 u	Plantación de árbol planifolio con cepellón o contenedor, de 18 a 25 cm de perímetro de tronco a 1 m de altura (a partir del cuello de la raíz), excavación de hoyo de plantación de 100x100x80 cm con medios mecánicos, en una pendiente inferior al 25 %, relleno del hoyo con sustitución parcial del 60% de tierra de la excavación por arena lavada y compost (70%-30%), primer riego y carga de las tierras sobrantes a camión	75,81 € (J,MA)
---	---	-----------------------

Consumo	Peso	Coste energético		Emisión CO2
	Kg	MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos de materiales	779,20	76,56	21,27	4,08
agua	160,00	0,96	0,27	0,046
árido	504,00	75,60	21,00	4,03
materia vegetal	115,20	-	-	-
Componentes constitutivos de maquinaria	-	495,04	137,51	129,30
gasoil	-	495,04	137,51	129,30
Total	779,20	571,60	158,78	133,38

Tabla A Impacto ambiental de la plantación de un árbol planifolio. (Fuente: Banco BEDEC <http://www.itec.es/noubedec.e/bedec.aspx>)

FQT2_02 - PÉRGOLA MODULAR SIN LUZ, COLOCADA (E)

 FQT2B252 u	Módulo de alineación para pérgola modular, de 3,62x4,8 m de superficie y 3,86 m de altura, con umbráculo de listones de madera de pino tratada en autoclave, estructura de soporte acero galvanizado y pintado, montado y colocado sobre dados de hormigón	9.797,90 € (J,MA*)
---	---	---------------------------

Consumo	Peso	Coste energético		Emisión CO2
	Kg	MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos de materiales	3.586,63	1.566,72	435,20	267,36
agua	189,19	1,14	0,32	0,055
árido	3.106,38	465,96	129,43	24,85
cemento	291,06	1.099,62	305,45	242,45
Componentes constitutivos de maquinaria	-	1.447,76	402,16	378,15
gasoil	-	1.447,76	402,16	378,15
Total	3.586,63	3.014,48	837,35	645,51

Tabla B Impacto ambiental de la instalación de un módulo de pérgola. (Fuente: Banco BEDEC <http://www.itec.es/noubedec.e/bedec.aspx>)

En este caso se puede apreciar que el sistema inerte tiene un impacto ambiental entre 5 y 6 veces superior al del elemento vegetal, tanto en coste energético como en emisiones de CO₂. Para la obtención de la información del resto de situaciones y soluciones se puede seguir el mismo proceso.

La información obtenida es, sin embargo, en el caso de la solución vegetal insuficiente. No obstante, en el caso del árbol, tendremos que tener en cuenta el mantenimiento y riego, así como su capacidad de absorción de CO₂, que es de media 6 kgCO₂año por árbol⁴.

Elemento vegetal:

Energía embebida	CO ₂	Agua	Longevidad
Implantación	Implantación	Implantación	
Mantenimiento	Mantenimiento	riego	
	Secuestro y almacenamiento		

Tabla C Impacto ambiental de un árbol urbano. Fuente: producción propia

Módulo de pérgola:

Energía embebida	CO ₂	Agua	Durabilidad
Producción	Producción	Producción	
Implantación	Implantación	Implantación	

Tabla D Impacto ambiental de un módulo de pérgola. Fuente: producción propia

Para el cálculo del impacto debido al mantenimiento se deberán plantear hipótesis, ya que no se han encontrado valores estandarizados. No obstante, si que existen guías de mantenimiento de los diferentes tipos de vegetación en zonas verdes urbanas, los cuales nos pueden ayudar a elaborar diferentes escenarios.

Las diferentes especies vegetales precisan de trabajos de mantenimiento diferentes. No obstante, las grandes diferencias responden a otros aspectos. Por un lado, las diferentes tipologías, sean árboles, arbustos, plantas trepadoras, césped, etc., sufren de inclemencias y ataques diferentes, por lo que el grado y tipo de mantenimiento también varia. También es un aspecto importante la ubicación que ocupan dentro de la ciudad; un árbol vinculado al viario y próximo a edificaciones exigirá un mantenimiento mucho más riguroso que un árbol en un espacio abierto, por ejemplo en un parque. Finalmente, la meteorología y el clima también tienen un papel determinante en definir las rutinas de mantenimiento de los diferentes sistemas vegetales.

⁴ McPHERSON E.G., NOWAK, D.J., ROWNTREE, R.A.: Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. United States Department of Agriculture. General Technical Report NE-186. Pennsylvania. 1994.

A continuación se puede ver una tabla que muestra el tipo de trabajos que precisan las diferentes tipologías.

	Praderas	Árboles	Arbustos	Vivaces	Anuales
Riego	X	X	X	X	X
Siega	X				
Desbroce	X				
Cava y escarda		X	X	X	X
Aireado	X				
Recebo	X				
Perfilado	X			X	X
Limpieza	X	X	X	X	X
Abonado	X	X	X	X	X
Resiembra	X			X	X
Reposicion		X	X		
Pinzamiento			X	X	
Recorte			X	X	
Poda		X	X		
Trat. fitosanitario	X	X	X	X	X

Tabla E Labores de mantenimiento más habituales según el tipo de cultivo. (Fuente: FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007).

Como se puede observar, las praderas son las que precisan de más trabajos. Esto se radicaliza si lo que queremos son extensiones de césped que se mantengan verdes, segadas, y limpias de otras especies. Los árboles, como se ha comentado anteriormente, no acostumbran a precisar de un mantenimiento muy intensivo, aunque requieren de atención especial los que pueden interferir con el tráfico, peatonal o motorizado y las edificaciones. Los arbustos requieren más mantenimiento que los árboles, especialmente cuando se pretenden construir barreras u otro tipo de formaciones, en las cuales el mantenimiento de la geometría es importante. El resto de tipos de vegetación, a pesar de ser menos abundante, también recibirá un mantenimiento importante, ya que se usan especialmente por motivos ornamentales y, por tanto, deben mantener una buena imagen. A continuación, se hace una breve descripción de aspectos específicos relacionados con el mantenimiento de estas tipologías vegetales, dejando como punto final el césped y los prados, ya que son de especial interés en el aspecto de impacto ambiental.

Árboles

Los árboles presentes en espacios verdes requieren de un mantenimiento reducido. No obstante, se debe realizar un riego periódico durante los tres primeros años de plantación. Durante el primer año se deberá regar una vez a la semana de Octubre a Marzo y dos veces de Abril a Septiembre. En el segundo y tercer año ya sólo una vez a la semana de Abril a Septiembre. Finalmente, se considera que un árbol ya es autosuficiente a partir del cuarto año. En el caso de tratarse de árboles próximos a viales o a edificaciones la poda es prácticamente inevitable, ya que el desarrollo del árbol puede resultar invasivo. Otro aspecto a tener en cuenta es el de la limpieza, en especial en árboles de hoja caduca. Para estas labores se utiliza

normalmente maquinaria (sopladores, trituradoras, aspiradoras, sierras eléctricas, etc.), generando consumo energético y emisiones de CO₂. Por tanto, estos aspectos se deberán tener en cuenta en una valoración del impacto ambiental del árbol urbano.

Los arbustos

El mantenimiento de los arbustos, si estos están bien seleccionados y se opta por permitir su desarrollo natural, es bastante reducido⁵. No obstante, en muchas ocasiones, los arbustos se usan para crear barreras u otras formaciones, que requieren trabajos de poda y recorte para contener su crecimiento y mantener su geometría. A pesar de que estos cuidados no son estrictamente necesarios, por la facilidad que ofrece el manejo del formato arbusto, se acostumbran a realizar. De esta manera, se puede evitar el exceso de floración y ,por tanto, reducir el volumen de polen junto a su impacto alergénico. Un buen ejemplo de esto es el género *Cupressus*.

Plantas vivaces

El punto distintivo del mantenimiento de este tipo de vegetación es su renovación periódica. La frecuencia de ésta depende del tipo de especies, y puede ir de año en año, cada dos, cada cuatro, o hasta a veces no es necesaria. Otro trabajo importante ,para el cuidado de estas plantas, es la extracción de malas hierbas.⁶

Praderas y céspedes

El mantenimiento de esta tipología es especialmente costosa, tanto a nivel medioambiental, como económica, especialmente si se dispone de especies ornamentales homogéneas⁷. El modelo de césped, que ha servido y, en ocasiones, aún sirve como referente, tiene su origen en la Inglaterra del siglo XVIII. Un modelo de césped siempre verde y que tapiza la totalidad de la superficie que cubre. La voluntad de seguir este modelo ha implicado y, aún implica, grandes inversiones y costes, ya que solo es adecuado para un clima húmedo, suave y con abundantes precipitaciones como el británico⁸. Para mantener la imagen de este verde tapiz, a parte de requerirse un enorme consumo de agua (5-12 l/m²_día⁹), se requiere un mantenimiento semanal muy exigente y el uso obligado de fertilizantes y pesticidas¹⁰. Este tipo de mantenimiento, tiene efectos importantes para el medioambiente, ya que la gran mayoría de cuidados se realizan con maquinaria motorizada (segadoras, sopladores, etc.), con el correspondiente coste energético y sus emisiones de CO₂ asociadas.

⁵ FALCÓN, A.: Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

⁶ FALCÓN, A.: Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

⁷ BORMANN, F.H., BALMORI, D., GEBALLE, G.T.: Redesigning the American Lawn: A Search for Environmental Harmony. Yale University Press. 2nd Revised edition. 2001

⁸ BORMANN, F.H., BALMORI, D., GEBALLE, G.T.: Redesigning the American Lawn: A Search for Environmental Harmony. Yale University Press. 2nd Revised edition. 2001

⁹ FALCÓN, A.: Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007

¹⁰ BORMANN, F.H., BALMORI, D., GEBALLE, G.T.: Redesigning the American Lawn: A Search for Environmental Harmony. Yale University Press. 2nd Revised edition. 2001



Fig. B Segadora motorizada utilizada para el cuidado de las extensiones de césped y prado en Sant Cugat del Vallès (Fuente: producción propia)

Además, los fertilizantes y pesticidas pueden contribuir también al efecto invernadero, la contaminación de flujos de agua y la eliminación de microorganismos beneficiosos para el ecosistema.

A todo esto se le debe añadir el agravante de que el césped cubre grandes superficies, magnificando el impacto.

El libro “Redisigning the American Lawn: a Search for Environmental Harmony¹¹” ha servido como fuente principal para esta reflexión. El libro nos acerca a la realidad del césped americano, “the american lawn”, símbolo principal del verde suburbano, y parte de su cultura. Después de un recorrido histórico y de un análisis social, cultural, económico y medioambiental, cuestiona firmemente el césped industrial. Un producto de una ambición tecnológica, un césped eternamente verde, homogéneo y autista al clima, pero con una factura económica y medioambiental muy difícil de saldar. Finalmente, se plantean alternativas al césped industrial, alternativas que se acercan al prado natural, con una composición heterogénea a base de combinaciones de especies que permitan mantener la cobertura verde con un menor mantenimiento. Modelos que permitan el desarrollo de un ecosistema más naturalizado que aporte equilibrio y resistencia, dejando atrás la fragilidad del césped industrial. Ante todo, se plantea un cambio de perspectiva, la desconexión del césped industrial del modelo ideal de naturaleza domestica, la creación de un criterio para diseñar espacios vegetales adaptados a cada clima y región.

Ante la batalla perdida para conservar el ideal de césped inglés, se ha ido implantando el modelo de prado natural, o de céspedes de menor mantenimiento. Nuestros parques ya no pretenden mostrar la misma imagen durante todo el año. Esta antigua imagen deja paso a nuevos prados cambiantes, verdes en primavera, amarillentos en verano, y cuya densidad varía según la humedad del suelo, abandonando el ideal de manto homogéneo. Esto no debe ser motivo de desagrado, sino de comprensión y conocimiento del verde de cada lugar y tiempo, un verde dinámico que evoluciona y se adapta, no una simple fotografía

¹¹ BORMANN, F.H., BALMORI, D., GEBALLE, G.T.: Redisigning the American Lawn: A Search for Environmental Harmony. Yale University Press. 2nd Revised edition. 2001

imperturbable. Contra más verdes, recortados y homogéneos se vean nuestros céspedes, mayor será la factura que tendremos que pagar.



Fig. C Parque de Can Vernet en verano
(Fuente: producción propia)



Fig. D Parque de Can Vernet en otoño
(Fuente: google maps)

El planteamiento de este ejercicio y la reflexión sobre el mantenimiento de los sistemas vegetales urbanos, plantea una nueva vía de trabajo. Un nuevo enfoque en el que los diferentes tipos de vegetación se quitan sus antiguas etiquetas, para ser analizadas como cualquier otro material del medio urbano. Los resultados de esta investigación podrían arrojar nueva luz sobre el uso de los elementos vegetales en nuestras ciudades, así como las bases para un urbanismo y un paisajismo más sostenibles.

Bibliografía

- ARGÜELLO MÉNDEZ, T., CUCHÍ BURGOS, A.: *Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste de programa 10x10 con techo-chiapas del CYTED*. 2008.
- ARNOLD, H.F.: *Trees in urban design*. Ed. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, 1993.
- BATLLE, E.: *Veinte jardines*. Asflor Ediciones. 2011
- BECKETT, P., FREER-SMITH, P., TAYLOR, G.: *Effective tree species for local air quality management*. Journal of Arboriculture 26(1). 2000
- BLACKLEY C H. *Experimental Research on the causes and nature of Catarrhus Aestivus (hay-fever or hay-asthma)*. Tindall and Cox. London: Ballière. 1873
- BLANCO, C., CARRILLO, T., QUIRALTE, J., PASCUAL, C., MARTIN-ESTEBAN, M., & CASTILLO, R. *Occupational rhinoconjunctivitis and bronchial asthma due to Phoenix canariensis pollen allergy*. Allergy, 50(3), 277–280. 1995
- BORMANN, F.H., BALMORI, D., GEBALLE, G.T.: *Redesigning the American Lawn: A Search for Environmental Harmony*. Yale University Press. 2nd Revised edition. 2001
- SEITZ, J.A. y ESCOBEDO, F.: *Urban Trees and Allergies in North Florida*. FOR 206. School of Forest Resources and Conservation, Florida Cooperative Extension. 2009.
- BOSCH-CANO, F., et al.: *Human exposure to allergenic pollens: A comparison between urban and rural áreas*. University of Franche-Comte. Elsevier 2011
- BUSQUETS I FABREGAS, J.: *El medi natural de Sant Cugat del Vallès*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 9. Sant Cugat del Vallès. 1996
- CAPEL, H.: *La morfología de las ciudades Vol. 1: Sociedad, cultura y paisaje urbano*. Ed. del Serbal. Barcelona. 2002
- CANO ABAD, M.: *Contaminación atmosférica: toxicología respiratoria*. Departamento de Farmacología. Facultad de Medicina. Universidad Autonoma de Madrid.
- CARDELINO C.A. y CHAMEIDES W.L.: *Natural hydrocarbons, urbanization, and urban ozone*. J. Geophys. Res.95 (D9): 13,971-13,979. 1990
- CARIÑANOS P. y CASARES-PORCEL M.: *Urban Green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact*. Elsevier. 2011
- CHANES, R.: *Deodendron, árboles y arbustos de jardín en clima templado*. Ed. Blume. Barcelona. 1969
- CHAPARRO L., TERRADAS, J.: *Ecological Services of Urban Forest in Barcelona*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Ajuntament de Barcelona. Barcelona. 2009
- CHARPIN, D., CALLEJA, M., LAHOZ, C., PICHOT, C. y WAISEL, Y. *Allergy to Cypress pollen*. Allergy 60. 2005.
- CHUECA ABANCÓ, J.: *Els arbres de Terrassa: guía d'identificació*. Ajuntament de Terrassa. Terrassa. 1992
- FALCÓN, A.: *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 2007.

- CONFORD, C. A., FOUNTAIN, D. W., and BURR, R. G.: *IgE-binding proteins from pine (Pinus radiata) pollen: evidence for cross-reactivity with ryegrass (Lolium perenne)*. International Archives of Allergy and Applied Immunology, 93, 41–46. 1990
- D'AMATO, G. et al.: *Allergenic pollen and pollen allergy in Europe*. Allergy. 2007.
- D'AMATO, G., LICCARDI, G., and D'AMATO, M.: *On the interrelationship between outdoor air pollution and respiratory allergy*. Aerobiologia, 16, 1–6. 2000.
- DÍAZ DE LA GUARDIA, C., SABARIEGO, S., ALBA, F., RUIZ, L., GARCIA-MOZO, H., TORO GIL, F., et al.: *Aeropalynological study of the genus Platanus L. in the Iberian Peninsula*. Polen, 10, 93–101. 1999.
- EMANUEL, M.: *Hay fever, a post industrial revolution epidemic: a history of its growth during the 19th century*. Oxford. 1988
- ERIKSSON, N.E.: *Allergy to pollen from different deciduous trees in Sweden*. Allergy, 33, 299–309. 1978
- FIGUEROA CLEMENTE, M.E., REDONDOGÓMEZ, S.: *Los Sumideros Naturales de CO₂*. Muñoz Moya editores extremeños. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2007
- GABARRA, E., BELMONTE, J., y CANELA, M.: *Aerobiological behaviour of Platanus L. pollen in Catalonia (North-East Spain)*. Aerobiologia, 18, 185–193. 2002
- HAMBURG, S.P. et al.: *Common Questions About Climate Change*. United Nation Environment Programme, World Meteorological Organization. Geneva, Switzerland. 1997
- JO, H.K., MCPHERSON, E.G.: *Carbon storage and flux in urban residential greenspace*. Journal of Environmental Management 45. 1995.
- KÜNZLI, N., PÉREZ, L.: *Els beneficis per a la salut pública de la reducció de la contaminació atmosfèrica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona*. Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental. Barcelona. 2007
- La Vola, SAL, Consultoria: *Diagnosi sociambiental de Sant Cugat del Vallès*. Manel·leu. 2006
- LITTLE, P.: *Deposition of 2.75, 5.0, and 8.5 µm particles to plant and soil surfaces*. Environ. Pollut. 12:293–305. 1977
- LOVETT, G.M.: *Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective*. Ecological Application. 1994. 4: 629–650.
- McPHERSON E.G., NOWAK, D.J., ROWNTREE, R.A.: *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. United States Department of Agriculture. General Technical Report NE-186. Pennsylvania. 1994.
- McPHERSON, E.G., ROWNTREE, R.A.: *Energy conservation potential of urban tree planting*. Journal of Arboriculture 19(6). 1993.
- McPHERSON E.G.: *Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Sacramento's Urban Forest*. Journal Of Arboriculture 24(4). 1998
- McPHERSON, E.G., SIMPSON, J.R., PEPER, P.J., XIAO, Q.: *Benefit-cost analysis of Modesto's municipal urban forest*. Journal of Arboriculture 25. 1999
- McPHERSON, E.G., SIMPSON, J.R.: *Carbon dioxide Reduction through Urban Forestry: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters*. General Technical Report PSW-GTR-171. Pacific Southwest Research Station, United States Department of Agriculture Forest Service, Albany, CA. 1999
- McMURRY, J.: *Química orgánica*. Thomson Editores. México. 2001.

- MILLWARD, A.A. y SABIR, S.: *Benefits of a forested urban park: What is the value of Allan Gardens to the city of Toronto, Canada*. Elsevier 2010.
- MIRÓ I GENOVART, N., de PABLO PONTE, A.: *Sant Cugat del Vallès: Una opció per a la mobilitat*. GAUSAC. publicació del Grup d'Estudis locals de Sant Cugat del Vallès. num. 8. Sant Cugat del Vallès. 1996
- MOLINÍ, F., SALGADO, M.: *los impactos ambientales de la ciudad de baja densidad en relación con los de la ciudad compacta*. Universidad de Barcelona ISSN: 1138-9796. Depósito Legal: B. 21.742-98 Vol. XVII, nº 958. Barcelona. 2012
- NAVÉS VIÑAS, F y col.: *El árbol en jardinería y paisajismo: guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ed. Omega. Barcelona, 1995.
- NAVÉS VIÑAS, F y col.: *Arquitectura del paisaje natural de la península ibérica, islas baleares y canarias*. Ed. Omega. Barcelona, 2005.
- NOWAK, D.J.: *Tree species selection, design, and management to improve air quality*. Construction Technology. 1995
- NOWAK D.J., CRANE D.E.: *The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Quantifying Urban Forest Structure and Functions*. USDA Forest Service, Northeastern Research Station. Boise. 1998
- NOWAK, D.J. y CRANE D.E.: *Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States*. Environ. Poll. 116(3). 2002
- NOWAK D.J., STEVENS J.C., SISINNI S.M., LULEY C.J.: *Effects of Urban Tree Management and Species Selection on Atmospheric Carbon Dioxide*. Journal of Arboriculture 28(3). 2002
- NOWAK, D.J., CRANE, D.E. y STEVENS, J.C.: Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. USDA Forest Service. Urban Forestry & Urban Greening 4. 2006. 115–123
- NOWAK D.J., CRANE D.E., STEVENS J.C., HOEHN III, R.E, WALTON, J.T.: *New York's urban forest*. Resource bulletin NRS-9. USDA Forest Service. 2007
- NOWAK, D.J.: Species Selector(Beta) Utility. *Tools for assessing and managing Community Forests*. USDA Forest Service. 2008 <http://www.itreetools.org/resources/manuals.php>
- NOWAK D.J., CRANE D.E., STEVENS J.C., HOEHN III, R.E, LEBLANC FISHER, C.: *Chicago's urban forest*. Resource bulletin NRS-37. USDA Forest Service. 2010.
- OCHOA DE LA TORRE, J.M.: *La vegetación como instrumento para el control microclimático*. Tesis Doctoral. Barcelona 1999.
- ORGEN, T.L.: *Allergy-Free Gardening: The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping*. Ten speed press. Berkeley, California. 2000
- POTOCNIK, J.: *To invest in clean air means to invest in our future*. Launch of EEA's "Air Quality in Europe". European Commission. Speech/12/635. Bruselas. 2012
- ROY, S., BYRNE, J., PICKERING, C.: *A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones*. Elsevier. 2012
- REI, F., XIE, S., and WEI, F.: *Pollen survey and clinical research in Yunnan, China*. Aerobiologia, 17, 165–169. 2001
- SAUNDERS, S.M., DADE, E. y NIEL, K.V.: *An Urban Forest Effects (UFORE) model study of the integrated effects of vegetation on local air pollution in the Western Suburbs of Perth, WA*. 19th International Congress on Modelling and Simulation. Perth, Australia. 2011

SHERILL, S., SHERILL, C. y ROMANOS, M.: *The nuts and bolts of turning waste trees into good Wood*. Pop Woodworking. 1997

TAHA, H.: *Modeling impacts of increased urban vegetation on ozone air quality in the South Coast Air Basin*. *Atmospheric Environment*. 1996. 30(20):3423-3430.

United Nations. World Commission on Environment and Development: *Our Common Future*. Oxford University Press. Nueva York. 1987

VALLERO D.A.: *Fundamentals of Air Pollution*. Civil and Environmental Engineering Department, Pratt School of Engineering. Elsevier. Forth Edition. Durham, North Carolina. 2008

VOGT, W.: *Road to survival*. William Sloane Associates. New York. 1948

XIN, J. et al.: *Allergenic pollen plants and their influential factors in urban areas*. *acta ecologica sinica*. 27(9), 3820-3827. 2007

Aeropalynological study of the genus Platanus L. in the Iberian Peninsula. *Polen*, 10, 93–101. 1999.

YANG, J., McBRIDE, J., ZHOU, J., SUN, Z.: *The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction*. Elsevier. 2004

YE S.T., ZHANG J.T., QIAO B.S., et al.: *Airborne and allergenic pollen grains in China*. Science Press. Beijing. 1998.

YUN, Y.Y., SI-HWAN, K., JUNG-WON, P., and CHEIN-SOO, H.: *IgE immune response to Ginkgo biloba pollen*. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 85, 298–302. 2000.

Páginas Web:

Australian Government. Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities: *Sulfur dioxide*. Air quality fact sheet. 2005
<http://www.environment.gov.au/atmosphere/airquality/publications/sulfurdioxide.html>

Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz: *European Green Capital Award 2012-2013*
<http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/docs/cities/2012-2013/European%20Green%20Capital%20Award%202012-13%20nuevo%20estandar.pdf>

Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL): *Contaminació atmosférica*.
<http://www.creal.cat/programes-recerca/contaminacioatmosferica.html>
European Environment Agency <http://www.eea.europa.eu/themes/air/intro>

Departamento de Territorio y Sostenibilidad. Generalitat de Catalunya: *Atmosfera*. 2013
http://www2.gencat.cat/portal/site/mediambient/menuitem.64be942b6641a1214e9cac3bb0c0e1a0/?vgnextoid=2a2cd5029e927210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnextchannel=2a2cd5029e927210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&newLang=es_ES

Generalitat Valenciana. Consellería de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge
<http://www.cma.gva.es/cidam/emedio/atmosfera/>

Gobierno de España. Ministerio de Sanidad, Servicios sociales e Igualdad.
<http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/enfLesiones/enfNoTransmisibles/alergias.htm>

Idescat: Índex de qualitat del aire, metodologia <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=236&m=m>

La Vanguardia.com: *Barcelona reducirá a la mitad sus plátanos*. 2012
<http://www.lavanguardia.com/vida/20120102/54243770983/arboles-plataneros-barcelona-medio-ambiente.html>

National Aeronautics and Space Administration (NASA): *The current and future consequences of global change*. <http://climate.nasa.gov/effects>

National Agroforestry Center: *Conservation Buffers: Air Quality Buffers*.
http://nac.unl.edu/buffers/guidelines/6_aesthetics/3.html

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. <http://www.osman.es/ficha/11836>

Organización Mundial de la Salud (OMS): *Calidad del aire y Salud*. Nota descriptiva N°313. 2011
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

Unidad de Ecología Global CREA-CEAB-CSIC. Universidad Autónoma de Barcelona.
www.crea.uab.es

United Nations. Framework Convention on Climate change. *Kyoto Protocol*.
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

United States Environmental Protection Agency (EPA): *Carbon Monoxide*
<http://www.epa.gov/airquality/carbonmonoxide/>