



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica



Grado en Ingeniería Agroalimentaria y de Sistemas Biológicos

*Análisis de jardín mediante criterios
ambientales y propuesta de adaptación al
cambio climático*

Autor: D Lázaro Rosillo Muñoz

Dirección: Dña Encarnación Conesa Gallego

Codirección: Dña Gemma Vázquez Arenas

Cartagena, diciembre de 2020

INDICE

I.	RESUMEN.....	1
II.	ABSTRACT	2
III.	INTRODUCCIÓN	3
1.	Impactos cambio climático.....	3
2.	Causas del Cambio climático	3
2.1.	La emisión de gases de efecto invernadero	4
2.2.	La antropización del suelo	4
2.3.	La destrucción de los ecosistemas terrestres y acuáticos, pérdida de biodiversidad.....	4
3.	Vegetación para adaptación al cambio climático.....	4
3.1.	Sumideros de Carbono	5
3.2.	Mitigación de Impactos Urbanos.....	5
3.2.1.	Amortiguación del clima.....	5
3.2.2.	Filtrado de contaminantes	5
3.2.3.	Prevención de inundaciones.....	5
IV.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	6
V.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
1.	Estudio paisajístico	7
1.1.	Jardín de la estación experimental.....	7
2.	Estudio del jardín	8
2.1.	levantamiento	8
2.2.	Inventario de especies.....	8
3.	Análisis de riego.....	9
3.1.	Muestreo y seguimiento.....	9
3.2.	Estimación de necesidades Hídricas del jardín.....	9
4.	Estimación de la captura de CO ₂	11
4.1.	Procedimiento	11
4.2.	Obtención de datos	12
5.	Estudio de adaptación de las especies al Cambio Climático	12
5.1.	Mitigación de causas del Cambio Climático	13
5.1.1.	Captación de CO ₂	13

5.2.	Adaptación a los impactos derivados del Cambio Climático.....	13
5.2.1.	Necesidades hídricas	13
5.2.2.	Resistencia a la sequía	13
5.2.3.	Resistencia al viento	13
5.2.4.	Resistencia a la contaminación	14
5.2.5.	Reducción del caudal.....	14
5.2.6.	Reducción Isla de calor	14
5.2.7.	Alergenicidad.....	14
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
1.	Distribución del jardín	15
2.	Inventario y características de especies	17
2.1.	Inventario de especies vegetales presentes en el jardín.....	19
2.1.1.	Árboles.....	19
2.1.2.	Palmeras	21
2.1.3.	Coníferas.....	21
2.1.4.	Arbustos.....	22
2.1.5.	Herbáceas	24
2.1.6.	Cactus y Suculentas	27
2.1.7.	Trepadoras.....	28
2.1.8.	Tapizantes.....	28
3.	Necesidades hídricas	29
3.1.	Seguimiento del riego.....	29
3.2.	Estimación de las necesidades hídricas del jardín.....	30
3.3.	Análisis del riego.....	34
4.	Captación de CO2	34
5.	Análisis de especies mejor y peor adaptadas al cambio climático en base a resultados y características conocidas.....	37
6.	Aprovechamiento como modelo de jardín adaptado al Cambio Climático	39
6.1.	Selección de especies complementarias	39
6.2.	Propuesta de asociación paisajística	40
VII.	CONCLUSIONES	42
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	43
IX.	ANEXO	45

Índice de Tablas

Tabla 1. Valores de los factores especie, densidad y microclima.....	10
Tabla 2. Necesidades hídricas.....	13
Tabla 3. Reducción de Isla de calor en función de la sombra proyectada	14
Tabla 4. Distribución de la vegetación.....	15
Tabla 5. Leyenda.....	17
Tabla 6. Mediciones del contador.	29
Tabla 7. Riego mensual.....	29
Tabla 8. Cálculo de las necesidades hídricas anuales para los ejemplares de porte alto.	30
Tabla 9. Cálculo de las necesidades hídricas anuales para los ejemplares de porte bajo.....	31
Tabla 10. Necesidades hídricas mensuales.....	32
Tabla 11. Datos sobre el incremento del crecimiento de las especies.....	35
Tabla 12. Absorciones estimadas en toneladas de CO ₂ por especie para las edades de 20,25,30,35 y 40 años.	35
Tabla 13. Criterios medioambientales de las especies de porte alto que componen el jardín.	37
Tabla 14. Criterios medioambientales de las especies de porte bajo que componen el jardín.....	38
Tabla 15. Criterios medioambientales de las especies de porte alto alternativas.....	40
Tabla 16. Criterios medioambientales de las especies de porte bajo alternativas.	40
Tabla 17. Listado de árboles (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Terminio Municipal de Cartagena).....	45
Tabla 18. Listado de arbustos (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Terminio Municipal de Cartagena).....	49

Índice de Gráficos.

Gráfico 1: Escenarios AdapteCCa. RCP8.5. Media de temperatura máxima anual para Cartagena	7
Gráfico 2: Escenarios AdapteCCa. RCP8.5. Precipitación anual para Cartagena.....	7
Gráfico 3: Evolución de las precipitaciones de la zona de estudio desde junio 2019 hasta mayo 2020.	29
Gráfico 4: Evolución del riego del jardín desde junio 2019 hasta mayo 2020.	29
Gráfico 5: Evolución de la estimación de necesidades hídricas del jardín desde junio 2019 hasta mayo 2020.	32
Gráfico 6: Porcentaje de riego anual destinado a cada grupo de plantas.	33
Gráfico 7: Porcentaje de riego anual destinado a cada zona.	33
Gráfico 8: Porcentaje de riego anual destinado al conjunto de parterres y plantas situadas en la zona común.....	33
Gráfico 9: Comparación entre la evolución del riego y necesidades hídricas estimadas desde junio 2019 hasta mayo 2020.	34
Gráfico 10: Absorciones estimadas en toneladas de CO ₂ por especie para las edades de 20, 30 y 40 años..	36

I. RESUMEN

El Cambio Climático es uno de los problemas más apremiantes en la actualidad, su principal efecto es el aumento de temperaturas del que derivan otros impactos como es el caso de la sequía, la alteración de las especies o la mayor frecuencia de episodios climáticos extremos. La vegetación posee la capacidad de suavizar algunos de estos impactos e incluso compensar algunas de las causas que lo favorecen como es su capacidad como sumidero de CO₂.

En los espacios urbanos una buena planificación de las zonas verdes es capaz de favorecer en gran medida como estos se ven afectados por el Cambio Climático. Por ello lo que se ha pretendido con este trabajo es analizar el Jardín de la Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro valorando su nivel de adaptación, para comprobar si es posible utilizarlo como modelo de jardín sostenible a seguir.

Tras analizar la composición y distribución del jardín y la respuesta de las especies que lo integran a los impactos de la sequía, el viento, la contaminación y el aumento de temperaturas entre otros; se ha determinado que puede resultar de utilidad como referente para nuevos diseños de espacios verdes. Como complemento de este análisis se ha estudiado el aporte de riego anual concluyendo que este ha sido correcto y sirviendo como indicación del gasto necesario para un jardín de condiciones similares.

Otro punto importante en el que se ha profundizado ha sido su capacidad para compensar la huella de carbono obteniendo cuál sería su retención total de CO₂ tras 40 años, pudiendo utilizar este valor como referencia para nuevos proyectos de espacios ajardinados similares.

Por último, se han seleccionado una serie de especies que podrían complementar a las ya presentes en el jardín modelo y se han elaborado ejemplos de asociaciones paisajísticas para todas ellas.

II. ABSTRACT

Climate Change is one of the most important problems today, its main effect is the increase in temperatures from which other impacts derive, such as drought, the alteration of species or the greater frequency of extreme weather events. Vegetation has the ability to soften some of these impacts and even compensate for some of the causes that favor it, such as its capacity as a sink for CO₂.

In urban spaces, a good planning of green areas is able to greatly favor how they are affected by Climate Change. For this reason, what has been intended with this work is to analyze the Garden of the Tomás Ferro Agrifood Experimental Station, assessing its level of adaptation, to see if it is possible to use it as a sustainable garden model to follow.

After analyzing the composition and distribution of the garden and the response of the species that make it up to the impacts of drought, wind, pollution and increased temperatures, among others; It has been determined that it can be useful as a reference for new designs of green spaces. As a complement to this analysis, the annual irrigation contribution has been studied, concluding that it has been correct and serving as an indication of the necessary expense for a garden with similar conditions.

Another important point that has been deepened has been its ability to offset the carbon footprint by obtaining what would be its total CO₂ retention after 40 years, being able to use this value as a reference for new projects of similar garden spaces.

Finally, a number of species have been selected that could complement those already present in the model garden and examples of associations have been developed for all of them.

III. INTRODUCCIÓN

1. Impactos cambio climático

El cambio climático ha supuesto para los ecosistemas diversos efectos a tener en cuenta, el aumento de las temperaturas es el principal efecto y del que derivan el resto; la elevación del nivel del mar debido al deshielo, que puede provocar la inundación de muchas zonas costeras; la sequía, que conlleva un proceso de desertización y pérdida de suelo fértil afectando a gran parte de los ecosistemas; las lluvias torrenciales provocan inundaciones y aumentan la erosión del terreno; la alteración y extinción de especies, debido a que las especies autóctonas no están adaptadas a las nuevas condiciones del clima a lo que se le puede sumar la aparición de especies invasoras que si estén mejor adaptadas a éstas; los incendios forestales apoyados por el incremento de las temperaturas y la sequía han ido en aumento en los últimos años. (Verdaguer et al., 2015)

Como expone Fernández, (2007), el ecosistema urbano en concreto es uno de los más sensibles a los efectos ya descritos que supone el cambio climático. Las zonas urbanizadas tienen una gran incidencia sobre el ambiente, la atmósfera y el clima en torno a ellas; esto se debe a que el asfalto, los edificios y la red viaria entre otras causas, modifican el balance de radiación entre el suelo y el aire circulante, reduce la evaporación, aumenta la escorrentía superficial y disminuye la velocidad del viento a la vez que aumenta la turbulencia. Todo lo anteriormente citado lleva a la existencia de un clima urbano característico, cuyo rasgo más destacable es la formación de la “isla de calor”, que se define como el aumento térmico urbano con respecto a las áreas no urbanas. Todas estas características conllevan a que los impactos del cambio climático sean más severos en este tipo de ecosistemas:

- ❖ El aumento de las temperaturas acrecienta el efecto “isla de calor”, además de incrementar la evaporación de aguas y las necesidades de riego verde urbano que, a su vez, podría llevar a mayores periodos de inversión térmica, fenómeno que afecta a la correcta ventilación de la atmósfera pudiendo aumentar la contaminación de ésta.
- ❖ La elevación del nivel del mar puede llegar a provocar inundaciones en áreas urbanas costeras y la pérdida de playas en zonas turísticas.
- ❖ La sequía aumenta los riesgos de erosión del terreno.
- ❖ Las lluvias torrenciales pueden derivar en inundaciones de avenidas e incluso pueden llegar a sobrecargar las infraestructuras de alcantarillado, asimismo, si coincide un largo periodo de sequía seguido de una lluvia torrencial aumenta el riesgo de desprendimiento de taludes de carreteras urbanas además de poder producirse cambios en la escorrentía y disponibilidad del agua.

2. Causas del Cambio climático

Existen diversos motivos capaces de fomentar el incremento del cambio climático, la responsabilidad de una gran parte de éstos recae en el ecosistema urbano, que a su vez es uno de los más susceptibles a los impactos en los que deriva. A continuación, se exponen algunas de las causas más destacadas.

2.1. La emisión de gases de efecto invernadero

Existe una regulación directa para ciertos gases de efecto invernadero, como son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonados (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs) y los hexafluoruros de azufre (SF₆). De todos ellos, es el CO₂ el que más contribuye al cambio climático, dado que se emite en una cantidad notablemente superior al resto. (Meseguer et al., 2018)

La principal fuente de emisión de CO₂ es la combustión de combustibles fósiles, ésta se realiza principalmente para la obtención de energía, ya sea eléctrica o mecánica o térmica. El CH₄ procede principalmente de la ganadería y las instalaciones de tratamientos de residuos y aguas residuales. La principal fuente de N₂O es la agricultura, debido al uso de fertilizantes sintéticos. Los HFCs y PFCs se utilizan en los equipos de refrigeración, propelentes, espumas y equipos de extinción de incendios. (Junta de Andalucía, 2020)

2.2. La antropización del suelo

La evolución en la antropización hace referencia a los cambios hacia superficie no natural debido a la acción humana sobre el medio. En España en las últimas décadas se han producido procesos muy rápidos de ocupación del suelo sin prácticamente ninguna planificación, que han supuesto la desaparición de zonas vitales para la sostenibilidad. Esta ocupación ha consistido en un crecimiento urbano basado en la movilidad motorizada y el desarrollo del terreno agrario intensivo al servicio de las necesidades del modelo urbano. (Stocker et al., 2013)

2.3. La destrucción de los ecosistemas terrestres y acuáticos, pérdida de biodiversidad

Este punto se encuentra muy ligado al de antropización del suelo provocada por el desarrollo urbano, que sumada al modelo industrial y agrario intensivo deriva en la destrucción de muchos de los ecosistemas y en consecuencia se observa una pérdida de biodiversidad. No se debe olvidar que parte de la responsabilidad de esta pérdida de ecosistemas y biodiversidad recae en el consumo insostenible de recursos naturales que ha caracterizado a la sociedad humana de las últimas décadas. (Canals et al., 2008)

3. Vegetación para adaptación al cambio climático

Ante esta problemática previamente descrita, es necesario plantear diferentes metodologías de actuación para la mitigación de las diversas causas e impactos. Una buena utilización de la vegetación representa una alternativa viable para abordar dicho problema, dado que ésta es capaz de actuar como sumidero de CO₂ para reducir la cantidad de gases de efecto invernadero y podría incluso ayudar a suavizar algunos de los impactos que puede suponer para los diferentes ecosistemas el cambio climático. (<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93436/03JMot03de12.pdf>)

3.1. Sumideros de Carbono

Se denomina sumidero de carbono a todo aquel sistema o proceso por el cual se extrae CO₂ de la atmósfera y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros mediante el proceso de fotosíntesis, por medio de ésta los vegetales absorben CO₂, compensando las pérdidas de este gas sufridas por la respiración y las emitidas en otros procesos como la descomposición de la materia orgánica.

El CO₂ es el gas de efecto invernadero que más influye en el cambio climático, por tanto, una gestión de los sistemas verdes urbanos como sumideros naturales de CO₂ contribuye a convertir las áreas urbanizadas en más sostenibles contra el cambio climático. Esto es respaldado por el protocolo de Kioto, el cual permite a los países utilizar la absorción de carbono atmosférico por sumideros para compensar parte de sus emisiones. (Ministerio para la Transición Ecológica, 2020)

3.2. Mitigación de Impactos Urbanos

3.2.1. Amortiguación del clima

La presencia de vegetación influye directamente en la temperatura del aire, controlando la radiación solar y la humedad ambiental. La sombra proyectada por el follaje sobre las diferentes superficies urbanas reduce la temperatura que éstas llegan a alcanzar, siendo esta propiedad una de las más valoradas por la población, a su vez es necesario considerar cómo la vegetación por medio del fenómeno de la evapotranspiración actúa sobre la humedad del ambiente, reduciendo su temperatura en el proceso. El efecto ejercido por un árbol aislado sobre el clima es poco significativo, por tanto, si se quiere una actuación de la vegetación sobre la temperatura urbana remarcable, es necesaria una mayor presencia de ésta, formando su propio microclima aislado como por ejemplo en grandes parques en áreas densamente urbanizadas. (Guerrero et al., 2016)

3.2.2. Filtrado de contaminantes

La vegetación sufre daño a causa de la contaminación atmosférica, sin embargo, pueden atenuar la presencia de contaminantes, ya sea absorbiendo cierta cantidad de gases tóxicos disueltos en la atmósfera o por la intercepción de partículas contaminantes sobre las hojas. Esta función no es cuantificable, pero obviamente es proporcional a la cantidad de vegetación. (Selga et al., 2012)

3.2.3. Prevención de inundaciones

Las superficies impermeables características de las zonas urbanizadas como el asfalto, hormigón, etc., reduce y en ocasiones impide la infiltración de agua de lluvia hacia el subsuelo. La incorporación en las ciudades de mayor superficie ajardinada, con cubiertas vegetales, atribuyen a las ciudades mayor permeabilidad, reduciendo así el recorrido de las aguas pluviales por éstas, minimizando la erosión que producen, evitando la sobrecarga de la red de drenaje y al mismo tiempo recargando los mantos acuíferos. (Guerrero et al., 2016)

Teniendo en consideración todo lo anteriormente planteado es necesario una mayor implementación de la vegetación en el desarrollo urbanístico, sin embargo, esto a su vez plantea una contradicción dado que uno de los impactos más importantes que representa el cambio climático es la sequía, por lo que surge el dilema de cómo aumentar la vegetación urbana con una disponibilidad de menor de agua. En este sentido entran en valor las especies vegetales capaces de mitigar las diferentes causas e impactos ya citados, es decir, aquellas mejor adaptadas a la sequía, para así poder optimizar el agua de riego lo máximo posible.

IV. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo forma parte de un proyecto perteneciente a la línea de investigación de Cambio Climático, incluida en la Cátedra de Medio Ambiente entre el Ayuntamiento de Cartagena y la Universidad Politécnica de Cartagena, para el estudio de especies vegetales capaces de mitigar el cambio climático y que sean aptas para el clima de Cartagena.

El objetivo de este trabajo es hacer un estudio del Jardín de la Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro, valorando el nivel de adaptación al cambio climático de las especies vegetales que lo forman, para comprobar si es posible utilizarlo como modelo de jardín sostenible a seguir.

Para llevar a cabo esta propuesta, es necesario comenzar por identificar las diferentes especies y sus características, además de cómo responde cada una a las diferentes causas e impactos acentuados por el cambio climático. Una vez realizado este paso se identificarán aquellas especies mejor adaptadas o que aportan más beneficios y en su caso, proponer otras especies alternativas a las que no lo estén.

El planteamiento de estos objetivos se desarrolla en los siguientes apartados:

- Estudio paisajístico
- Estudio de especies
- Captación de CO₂
- Necesidades hídricas
- Propuesta de asociación paisajística a cambio climático

V. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Estudio paisajístico

Al localizar los efectos del Cambio Climático en el municipio de Cartagena, se puede observar que entre los impactos que más alteran el territorio destacan el aumento de las temperaturas (gráfico 1), que en la Región Mediterránea supera la media global y la disminución de las precipitaciones anuales (gráfico 2), más acentuada en periodo estival. La suma de estos dos impactos ha potenciado el incremento de los extremos relacionados con olas de calor, precipitaciones o la desertificación del terreno. (Victoria et al., 2015)

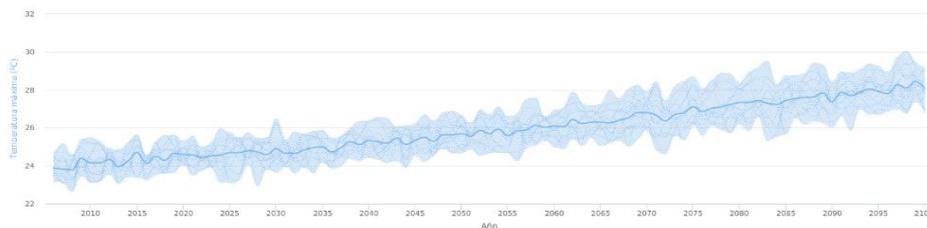


Gráfico 1: Escenarios AdapteCCa. RCP8.5. Media de temperatura máxima anual para Cartagena.
Fuente: <https://escenarios.adaptecca.es/>

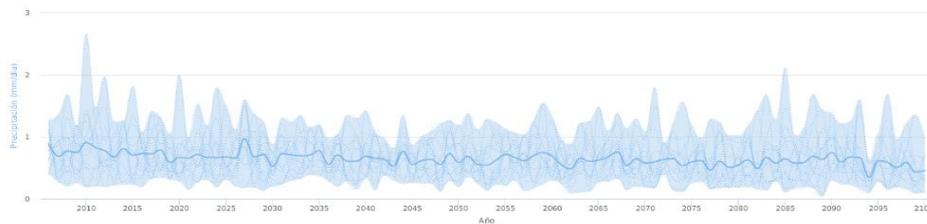


Gráfico 2: Escenarios AdapteCCa. RCP8.5. Precipitación anual para Cartagena.
Fuente: <https://escenarios.adaptecca.es/>

1.1. Jardín de la estación experimental

Con objeto de focalizar más las medidas de adaptación, se ha dividido el territorio municipal en tres áreas: urbana, costera y rural; para posteriormente considerar los riesgos más apremiantes de cada una de ellas en base a sus características.

Dentro del área rural, entendida como aquellos núcleos de asentamientos de población tradicional ligada a la producción agraria, se encuentra ubicado el jardín objeto de estudio, situado a 11 Km de la ciudad de Cartagena, en la denominada Finca “Casas Grandes”, frente al Polígono Industrial de La Palma, y que forma parte de la Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro (ESEA). En esta zona uno de los problemas más serios que se presenta es el aumento de las sequías y la pérdida de suelo fértil, por tanto, las necesidades hídricas es uno de los criterios más notables a la hora de valorar las diferentes especies del jardín y será estudiado más adelante. (Conesa et al., 2020)

La Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro consta de alrededor de 10 hectáreas, en cuya entrada se ubica el jardín a estudiar (figura 1).



Figura 1: (1) Estación Experimental Tomás Ferro y (2) Localización del jardín. Fuente: earth.google.com

2. Estudio del jardín

2.1. levantamiento

Para comenzar el estudio del jardín, se ha considerado necesaria la elaboración de un plano que sirva de apoyo visual para conocer la distribución y composición de éste, además de la localización de las diferentes especies que lo integran.

En el proceso de levantamiento se realizaron mediciones in situ para poder obtener el perímetro tanto del jardín como de los parterres. En lo referente a las especies, se calculó la ubicación y el diámetro de aquellas aisladas, mientras que de las que se encontraban formando macizos se localizó la superficie total que ocupaban. Además de los datos obtenidos, se buscó información cartográfica complementaria.

2.2. Inventario de especies

Cada individuo fue identificado considerando las características de hojas, flores, frutos y aspectos generales como el tamaño o la forma. El reconocimiento se ha realizado a través de la información aportada por diversas fuentes sobre especies vegetales y sus características más destacables (Conesa et al., 2017; López, 2019; Martínez et al., 2008; Sánchez de Lorenzo, 2019; Tigeras, 2019; Castroviejo, S. (coord. gen.). 1986-2012.)

Para realizar el inventario se ordenaron los parterres de la “A” a la “F” (Figura 2), para poder analizar cada parterre por separado y facilitar el reconocimiento, conteo y localización de especies. Se le asignó un número a cada una de ellas, coincidiendo en todos ejemplares de la misma especie, además de elaborar un registro fotográfico, con el que posteriormente poder realizar la identificación.

La búsqueda de datos acerca de cada especie se ha realizado teniendo en cuenta dos aspectos, las necesidades medioambientales y los criterios paisajísticos de interés para la adaptación al clima y la infraestructura urbana del municipio de Cartagena.

3. Análisis de riego

3.1. Muestreo y seguimiento

Para poder apreciar las necesidades hídricas del jardín y su evolución en las diferentes épocas del año, se ha tomado registro del riego recibido por el jardín completo mensualmente durante un año (iniciando en junio de 2019 hasta mayo de 2020).

El Sistema de información Agrario de Murcia (SIAM) se compone de una red de estaciones agrometeorológicas distribuidas por el territorio regional. Una de estas estaciones pertenece a la UPCT y se encuentra en la Estación Experimental Tomás Ferro, aportando datos climáticos de interés como apoyo para el análisis del riego del jardín, en concreto los datos referentes a la evapotranspiración y la precipitación. (<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:1:8805793519482662::NO>)

3.2. Estimación de necesidades Hídricas del jardín

Siguiendo a Contreras (2006), el procedimiento utilizado es similar al empleado para los cultivos, varía en que se sustituye el coeficiente de cultivo (K_C) por el coeficiente de jardín (K_L). Ambos métodos se diferencian en que mientras que el coeficiente de cultivo se basa en el estado fenológico de la planta, el coeficiente de jardín lo hace en la localización de esta.

$$ET_C = ET_0 \cdot K_C \rightarrow ET_L = ET_0 \cdot K_L$$

Las características particulares de los jardines en las que se fundamenta el cálculo de sus necesidades hídricas son: la diversidad de especies vegetales, la diversidad en la densidad de vegetación y la diversidad de microclimas. En consecuencia, el coeficiente de jardín se determina como:

$$K_L = k_s \cdot k_d \cdot k_{mc}$$

Siendo:

- **k_s = factor especie**

Expresado como un porcentaje de la ET_0 . Las especies varían en cuanto a sus tasas de pérdida de agua por transpiración, por ende, el factor especie estará vinculado a si los requerimientos hídricos de una planta son altos medios o bajos.

- **k_d = factor densidad**

La densidad de la vegetación depende de la masa foliar y varía dependiendo de la edad de las plantas y lo espaciadas que se encuentren entre sí. Se da en forma de porcentaje multiplicativo del factor especie, siendo 1 el valor medio, dándose valores superiores para densidades altas e inferiores para densidades bajas.

- **k_{mc} = factor microclima**

Una condición microclimática media es aquella en la que el entorno no influye en el clima del jardín, en la condición alta aumentará las condiciones evaporativas del lugar (expuesto al viento o rodeado de superficies reflectivas o que absorben el calor) y en la condición baja disminuirá las condiciones evaporativas (protegido del viento o sombreado por las edificaciones). Se da en forma de porcentaje multiplicativo del factor especie, siendo 1 el valor medio, dándose valores superiores para densidades altas e inferiores para densidades bajas.

Siguiendo a Clark (1995), se han tomado los siguientes datos como referencia (Tabla 1) para en función de las características de cada planta, determinar los valores de los factores especie, densidad y microclima.

Tabla 1. Valores de los factores especie, densidad y microclima.

Tipo de vegetación	factor especie (k_s)			factor densidad (k_d)			factor microclima (k_{mc})		
	alto	medio	bajo	alto	medio	bajo	alto	medio	bajo
Arboles	0,9	0,5	0,2	1,3	1	0,5	1,4	1	0,5
Arbustos	0,7	0,5	0,2	1,1	1	0,5	1,3	1	0,5
Tapizantes	0,7	0,5	0,2	1,1	1	0,5	1,2	1	0,5
Plantación mixta	0,9	0,5	0,2	1,1	1,1	0,6	1,4	1	0,5
Césped	0,8	0,7	0,6	1	1	0,6	1,2	1	0,8

3.2.1. Procedimiento

Esta metodología permite estimar el riego del jardín en el supuesto de que a todas las plantas que lo componen se les aporte exclusivamente sus necesidades hídricas. No es un dato que sea posible llevar a la realidad, porque cada especie presenta unas necesidades diferentes y se encuentran distribuidas uniformemente, lo que hace inviable un aporte de agua distinto para cada una. Sin embargo, esto no quita que resulte interesante conocer estos valores para poder compararlos con los datos reales del riego.

Se ha comenzado por obtener las necesidades por m^2 de cada especie vegetal. Para ello es necesario el valor de la evapotranspiración anual (ET_0) aportado por la estación SIAM presente en la finca, además de tener que calcular el coeficiente de jardín correspondiente a cada especie partiendo de los valores asignados según la tabla 1.

$$K_L = k_s \cdot k_d \cdot k_{mc}$$

$$ET_L (l/m^2 \text{ año}) = ET_0 \cdot K_L \rightarrow ET_L (l/m^2 \text{ año}) = ET_0 \cdot k_s \cdot k_d \cdot k_{mc}$$

Para poder conocer los requerimientos de cada ejemplar se debe disponer del área que ocupa y así multiplicarla por el valor de la $ET_L (l/m^2 \text{ año})$. Se ha considerado que el área ocupada por cada planta es circular y para poder calcularlas se han registrado los valores de sus diámetros.

$$ET_L (l/m^2 \text{ año}) \cdot \text{diámetro} = ET_L (l/\text{ejemplar año})$$

Por último, se ha multiplicado la $ET_L (l/\text{ejemplar año})$ por el número de ejemplares de cada especie para obtener el valor de las necesidades de cada especie en su conjunto (ET_L en $l/n^\circ \text{ ejemplares año}$). Una vez obtenidos estos valores se pueden determinar las necesidades completas del jardín, o las de cada tipo de planta e incluso estimar el porcentaje de riego que se dedicaría a cada parterre con respecto al resto del jardín.

4. Estimación de la captura de CO₂

4.1. Procedimiento

La metodología de cálculo utilizada se basa en la desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica (2015), en el ámbito de registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Al no disponer de datos reales ha sido necesario estimar como se producirá el crecimiento de las especies.

Se ha tenido en cuenta exclusivamente la biomasa viva sin considerar la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

$$\Delta C = \Delta C_{BV} = \Delta C_{CRECIMIENTO} + \Delta C_{PERDIDA}$$

Donde:

- $\Delta C_{CRECIMIENTO}$: aumento de las reservas de carbono a consecuencia del crecimiento (tC).
- $\Delta C_{PERDIDA}$: disminución de las reservas de carbono de la biomasa viva a consecuencia de pérdidas como recolección o poda (tC).

Al no disponer de datos acerca de las pérdidas de biomasa anuales de los árboles del jardín, el cálculo se ha basado en el incremento de crecimiento, resultando la siguiente fórmula:

$$\Delta C_{Pie} = \Delta C_{BV} = \Delta C_{CRECIMIENTO} = \sum[Vn_{CC} \cdot FC \cdot FEB \cdot D \cdot (1 + R)]$$

Donde:

- n : nº de años (edad del árbol).
- Vn_{CC} : volumen maderable con corteza en función de la especie y el año n (m^3).
- FC : fracción de carbono en la materia seca ($tC/t m. s.$).
- FEB : factor de expansión de biomasa para convertir el incremento neto anual en incremento de biomasa arbórea (sin dimensiones).
- D : densidad de madera ($t m. s./m^3$).
- R : relación raíz-vástago (sin dimensiones).

Por último, es necesario el cambio de toneladas de carbono a toneladas de CO₂ en función de su peso molecular:

$$\Delta CO_2 = \Delta C \times \frac{44}{12}$$

4.2. Obtención de datos

Para poder aplicar la fórmula es necesario conocer información detallada de las especies a estudiar. Hay especies con mucha información disponible, mientras que de otras es muy escasa teniendo que comparar con similares, además de tener que recurrir a diversas fuentes para obtenerla. Todo esto lleva a que el resultado obtenido no sea un valor real sino una estimación.

Para aquellas especies sin datos disponibles acerca de su factor de expansión de biomasa, la densidad de su madera, su fracción de carbono en la materia seca o su relación raíz-vástago; se ha tomado el valor de referencia de las directrices de la IPCC (2006).

El producto del Factor de Expansión de Biomasa por Densidad ($FEB \times D$)

Siguiendo la información aportada por el Inventario Nacional de GEI de España 1990-2015 (2017). Se trata del valor directo de la combinación de estos dos factores que deriva de información recolectada por el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF).

Fracción de carbono de la materia seca (FC)

Se han utilizado los valores disponibles en el Inventario Nacional de GEI de España 1990-2015 (2017).

Factor de expansión de las raíces (R)

Los valores de la relación parte aérea - parte radical han sido tomados de Ruíz-Peinado (2013).

Volumen maderable con corteza (Vn_{CC})

Este dato pretende cuantificar el volumen que se espera que tenga una especie tras un periodo de tiempo determinado. No existe un valor exacto para este parámetro, puesto que para su desarrollo además de la especie también influyen las condiciones de su entorno.

Se han buscado datos que relacionen desarrollo en volumen con el tiempo. En caso de no disponer de ellos al menos se ha intentado encontrar una relación tiempo-diámetro con la que poder estimar el volumen. El primer inventario forestal nacional (1979) y el tercer inventario forestal nacional (2007), presentan información útil de varias de las especies a estudiar, a aquellas de las que no se dispone de datos se les han atribuido valores de especies similares.

5. Estudio de adaptación de las especies al Cambio Climático

Para determinar el grado en que las especies de este jardín colaboran en la lucha contra el Cambio Climático, se han considerado los aspectos de éstas que más pueden aportar al problema en cuestión. A la hora de combatir el Cambio Climático se pueden diferenciar dos líneas de actuación, mitigar las causas y adaptarse a los impactos, en base a estas líneas se han estudiado las características de interés de la vegetación que compone el jardín para la zona en la que se encuentra.

5.1. Mitigación de causas del Cambio Climático

5.1.1. Captación de CO₂

Como se ha explicado anteriormente la capacidad de sumidero de las plantas para secuestrar carbono atmosférico y almacenarlo como material leñoso, es el principal interés que presentan a la hora actuar sobre una de las causas del Cambio Climático. Dada su importancia ha sido calculado siguiendo la metodología desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica (2015), anteriormente descrita y se en función de los resultados se ha definido el grado en que las especies responden a este criterio.

5.2. Adaptación a los impactos derivados del Cambio Climático

5.2.1. Necesidades hídricas

Las necesidades hídricas de una especie vegetal para desarrollarse con normalidad son uno de los puntos más importantes a valorar, puesto que con la amenaza del incremento de la sequía de nada servirá que una especie presente diversos aspectos favorables si estas necesidades son excesivas, de modo que este criterio se ha considerado prioritario frente al resto de criterios. Para poder agrupar las plantas en función de sus necesidades, se ha tenido en cuenta la pérdida de agua por transpiración, seleccionándolas en función del factor especie explicado con anterioridad (Tabla 2). (Contreras, 2006)

Tabla 2. Necesidades hídricas

Necesidades hídricas en función del factor especie (k_s)		
altas	medias	bajas
> 0,5	0,5	< 0,5

5.2.2. Resistencia a la sequía

Otro de los criterios seleccionados es la capacidad que tiene una especie para adaptarse a la sequía, es decir, el contenido de humedad del suelo con el que es capaz de desarrollarse. En base a la capacidad de campo, que es la cantidad de agua que es capaz de retener un suelo tras ser llevado a saturación y dejar drenar hasta que se establezca el potencial hídrico del suelo. Siguiendo a Navés (1995), se considerará:

Resistencia a la sequía baja, aquellas especies que para desarrollarse correctamente requieren suelos que contengan una cantidad de agua cercana a su capacidad de campo.

Resistencia a la sequía alta, aquellas especies que son capaces de desarrollarse correctamente en suelos con una cantidad de agua muy inferior a su capacidad de campo.

5.2.3. Resistencia al viento

El viento es un factor muy a tener en cuenta, éste puede verse afectado por los cambios en la circulación atmosférica derivados del Cambio Climático. Además, una distribución estratégica del arbolado urbano puede hacer la función de cortavientos, reduciendo la necesidad de calefacción, reduciendo así las emisiones. Sin embargo, éste también puede influir en la vegetación a implantar, provocando problemas de sequedad al aumentar la transpiración del árbol y problemas de resistencia mecánica como rotura o modificación de la forma. En general resisten mejor el viento, las especies con raíces profundas y bien ancladas, con estructura de ramaje principal y secundario poco extendido y con follaje denso y persistente, en base a estos aspectos se puede diferenciar el grado de resistencia de las especies. (Navés, 1995)

5.2.4. Resistencia a la contaminación

La vegetación urbana es influenciada por los contaminantes que la ciudad genera, principalmente los gases emitidos por los vehículos de transporte, pudiendo verse afectadas tanto el desarrollo de sus funciones vitales como su valor ornamental, debe valorarse que no existe la misma presión de estos contaminantes en todos los ambientes urbanos, difiere mucho la resistencia necesaria para un arbolado viario de la requerida por las especies de una zona ajardinada, por tanto es necesario conocer que especies destacan por presentar cierto grado de resistencia a la contaminación. (Navés, 1995)

5.2.5. Reducción del caudal

Teniendo en cuenta los cada vez más comunes episodios de lluvias torrenciales, toma valor la capacidad de la vegetación para ralentizar la escorrentía de aguas pluviales e interceptar parte de éstas. La aptitud para retener el caudal se ha basado en la estructura de cada planta y la densidad de su ramaje. (USDA Forest Service,2020)

5.2.6. Reducción Isla de calor

Se ha comentado con anterioridad como el incremento de las temperaturas es uno de los impactos más apreciables del Cambio Climático, favoreciendo en el entorno urbano el surgimiento del efecto “Isla de Calor”. Las plantas influyen en la temperatura de su entorno de diversas formas, destacando la capacidad de proyectar sombra en la que se ha basado este criterio exclusivo para árboles (Tabla 3). (USDA Forest Service,2020)

Tabla 3. Reducción de Isla de calor en función de la sombra proyectada

Diámetro de copa	Densidad de ramaje	Sombra proyectada
< 4 m	Ligero	Pequeña
4 - 6 m	Medio	Media
> 6 m	Denso	Grande

5.2.7. Alergenicidad

La alergenidad de las especies no es un aspecto que se encuentre intrínsecamente vinculado al cambio climático, pero lo que si se ha visto afectado por los cambios ambientales ha sido el inicio y la duración del periodo de polinización, aumentando el índice anual de polen, por ello es necesario conocer las especies que producen alergenicos a la hora de decidir su uso y ubicación en jardinería. (Gutiérrez et al., 2012)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Distribución del jardín

El Jardín de la Estación Experimental Tomás Ferro consta de 768 m² de superficie distribuidos de forma irregular, de los cuales 181 m² se encuentran ocupados por los 7 parterres que lo componen (Figura 3), nombrados de la “A” a la “F” (Figura 2). Lo integran 34 ejemplares entre árboles y palmeras repartidas uniformemente, además de alrededor de 150 ejemplares entre arbustos y herbáceas repartidas entre los parterres tanto aislados como formando macizos arbustivos (Tablas 4 y 5). El suelo se encuentra cubierto por pavimentos permeables, capaces de retener la humedad y de impedir el desarrollo de malas hiervas, grava para la zona común y corteza de pino para el interior de los parterres, sirviendo esta última además como fuente de nutrientes para el suelo al descomponerse. (Sánchez de Lorenzo, 2019).

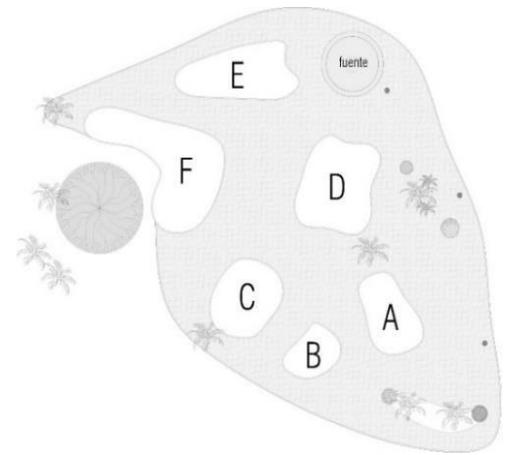


Figura 2: Plano para elaboración de inventario. Autor: Lara Alvarez Mascheroni

Tabla 4. Distribución de la vegetación

Zona común	Parterre A	Parterre B	Parterre C
1 <i>Brachychiton rupestris</i>	5 <i>Festuca glauca</i>	1 <i>Euphorbia candelabrum</i>	1 <i>Mentha aquatica</i>
1 <i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1 <i>Ficus elastica</i>	2 <i>Lavandula lanata</i>	3 <i>Phoenix dactylifera</i>
1 <i>Ceratonia siliqua</i>	15 <i>Gaura lindheimeri</i>	4 <i>Rosmarinus officinalis</i>	1 <i>Plectranthus coleoides</i>
1 <i>Olea europaea</i>	1 <i>Phoenix dactylifera</i>	<i>Rosmarinus officinalis prostratus</i>	7 <i>Rosmarinus officinalis</i>
9 <i>Phoenix dactylifera</i>		3 <i>Yucca spp</i>	4 <i>Santolina chamaecyparissus</i>
<i>Lotus berthelotii</i>			1 <i>Salvia officinalis</i>
			1 <i>Thymus serpyllum</i>
Parterre D	Parterre E	Parterre F	
2 <i>Canna indica</i>	1 <i>Cupressus sempervirens</i>	1 <i>Olea europaea</i>	1 <i>Cupressus sempervirens</i>
1 <i>Cordyline australis</i>	3 <i>Duranta repens</i>	1 <i>Osteospermum ecklonis</i>	8 <i>Festuca glauca</i>
1 <i>Cupressus sempervirens</i>	6 <i>Dianthus caryophyllus</i>	1 <i>Parthenocissus tricuspidata</i>	1 <i>Laurus nobilis</i>
1 <i>Cyclamen persicum</i>	3 <i>Festuca glauca</i>	1 <i>Phoenix dactylifera</i>	7 <i>Lantana sellowiana</i>
9 <i>Festuca glauca</i>	1 <i>Ficus microcarpa</i>	1 <i>Pinus pinea</i>	20 <i>Nerium oleander</i>
1 <i>Ficus microcarpa</i>	2 <i>Gaura lindheimeri</i>	- <i>Rosmarinus officinalis prostratus</i>	3 <i>Phoenix dactylifera</i>
1 <i>Hylocereus undatus</i>	1 <i>Hylocereus undatus</i>	2 <i>Santolina chamaecyparissus</i>	1 <i>Pinus halepensis</i>
1 <i>Lantana sellowiana</i>	1 <i>Lantana sellowiana</i>	2 <i>Strelitzia reginae</i>	3 <i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Lotus berthelotii</i>	<i>Lotus berthelotii</i>	3 <i>Tulbaghia violácea</i>	3 <i>Santolina chamaecyparissus</i>
1 <i>Osteospermum ecklonis</i>	3 <i>Nerium oleander</i>	4 <i>Yucca spp</i>	1 <i>Ziziphus jujuba</i>
<i>Rosmarinus officinalis prostratus</i>			
3 <i>Santolina chamaecyparissus</i>			
2 <i>Strelitzia reginae</i>			
1 <i>Tamarix gallica</i>			



Figura 3: Plano Jardín de la Estación Experimental Tomás Ferro. Autor: Lara Alvarez Mascheroni

Tabla 5. Leyenda

ARBUSTOS			ÁRBOLES		
Símbolo	Especie	Cantidad	Símbolo	Especie	Cantidad
	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	01		<i>Brachychiton rupestris</i>	01
	<i>Canna indica</i>	02		<i>Ceratonia siliqua</i>	01
	<i>Cordyline australis</i>	01		<i>Cupressus sempervirens</i>	03
	<i>Cyclamen persicum</i>	01		<i>Ficus elastica</i>	01
	<i>Dianthus caryophyllus</i>	06		<i>Ficus microcarpa</i>	02
	<i>Duranta repens</i>	03		<i>Laurus nobilis</i>	01
	<i>Euphorbia candelabrum</i>	01		<i>Olea europaea</i>	02
	<i>Festuca glauca</i>	25		<i>Phoenix dactylifera</i>	19
	<i>Gaura lindheimeri</i>	17		<i>Pinus halepensis</i>	01
	<i>Hylocereus undatus</i>	02		<i>Pinus pinea</i>	01
	<i>Lantana sellowiana</i>	09		<i>Tamarix gallica</i>	01
	<i>Lavandula lanata</i>	02		<i>Ziziphus jujuba</i>	01
	<i>Mentha aquatica</i>	2.0 m ²			
	<i>Nerium oleander</i>	23			
	<i>Osteospermum ecklonis</i>	02			
	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	01			
	<i>Plectranthus coleoides</i>	01			
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	14			
	<i>Salvia officinalis</i>	01			
	<i>Santolina chamaecyparissus</i>	20			
	<i>Solanum nigrum</i>	01			
	<i>Strelitzia reginae</i>	04			
	<i>Thymus serpyllum</i>	0.5 m ²			
	<i>Tulbaghia violácea</i>	03			
	<i>Yucca ssp</i>	07			

SUELO		
Símbolo	Especie/Material	Cantidad
	<i>Rosmarinus officinalis prostratu</i>	10.0 m ²
	<i>Lotus berthelotii</i>	17.0 m ²
	Corteza de pino	-
	Grava color	-

INFORMACIONES	
ÁREA TOTAL JARDIN	= 768.93 m ²
ÁREA TOTAL PARTERRES	= 181.49 m ²

2. Inventario y características de especies

Se ha elaborado una simbología para una representación gráfica de las necesidades y criterios medioambientales y paisajísticos de interés para la vegetación más adecuada al municipio de Cartagena en las áreas rurales (Figura 4). Los criterios medioambientales seleccionados son los siguientes:

necesidades hídricas de la especie, exposición al sol, resistencia a la sequía, resistencia a la salinidad, resistencia al viento, resistencia a la contaminación y la tolerancia a la cercanía al mar (Alcaraz et al., 2014; Conesa et al., 2019; Martínez et al., 2008; Peralta, 2019; Sánchez de Lorenzo, 2019; Selga, 2012; USDA Forest Service, 2020; Vivers Carex, 2019).

Y para los criterios paisajísticos se ha tenido en cuenta las propiedades vinculadas al diseño paisajístico, que determinan el uso, localización y composición de las especies vegetales en la jardinería y estos son la altura, el diámetro, la densidad de ramaje, la sombra proyectada, valor ornamental, floración, tipo de hoja, velocidad de crecimiento, longevidad e interés ornamental (Asturnatura, 2019; Charco et al., 2015; Conesa et al., 2017; Flora Vascular, 2019; Guerra, 2019; López, 2006; López, 2019; Tigeras, 2019)

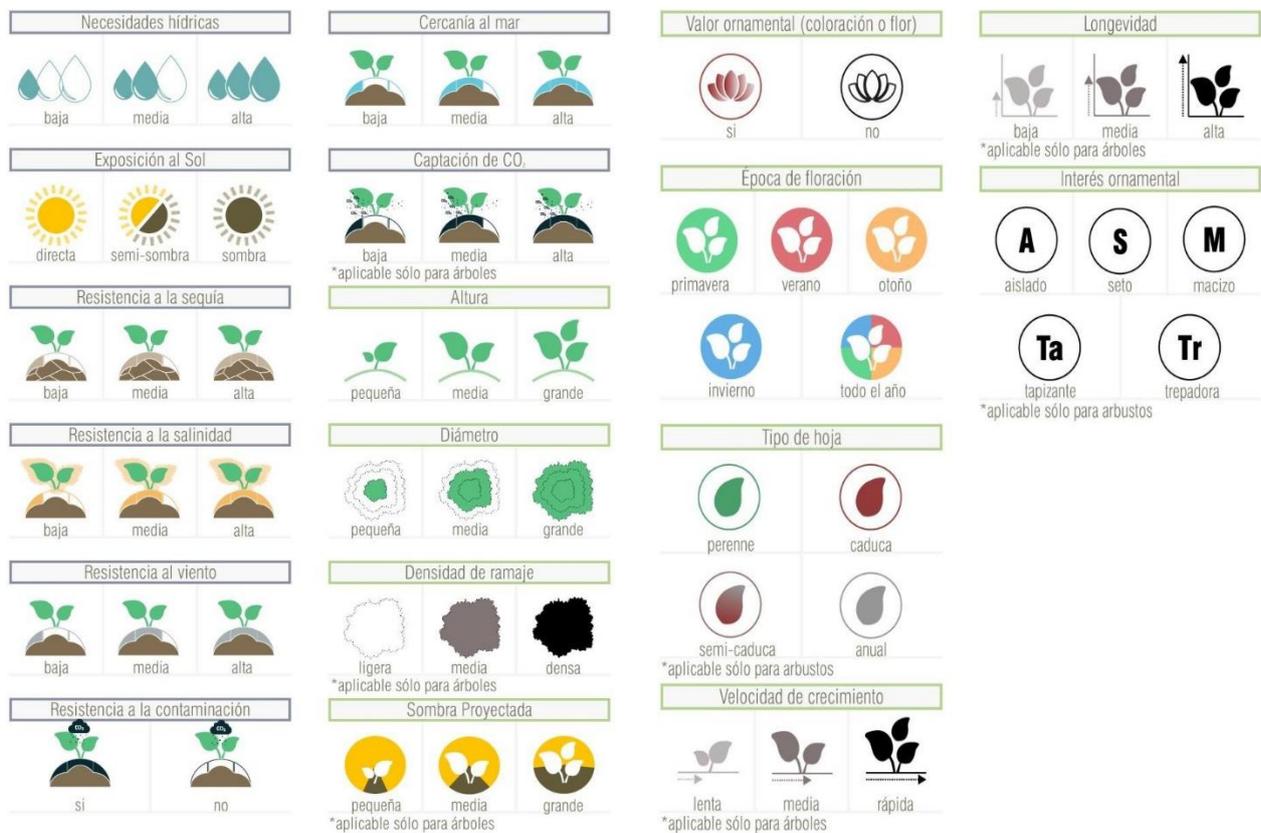


Figura 4: Simbología de Necesidades Medioambientales y Criterios Paisajísticos. Autor: Lara Alvarez Mascheroni

2.1. Inventario de especies vegetales presentes en el jardín



Figura 5: *Brachychiton rupestris*

2.1.1. Árboles

Brachychiton rupestris

Comúnmente conocido como Árbol botella (Figura 5), procede de Australia y su follaje es semicaduco. Resistente a la contaminación urbana y no presenta sensibilidad específica a ninguno de los impactos del Cambio Climático.



Figura 6: *Ceratonia siliqua*

Ceratonia siliqua

Comúnmente conocido como Algarrobo (Figura 6), distribuido por toda la región mediterránea. Como características a destacar proyecta una gran sombra durante todo el año dado que es perenne, además de ser resistente a la sequía, la contaminación y el viento.

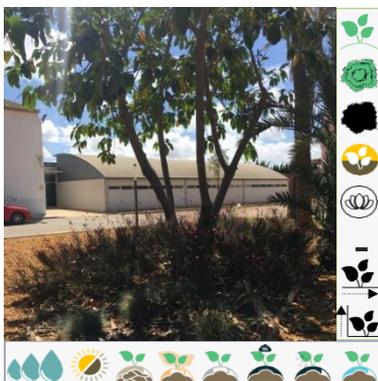


Figura 7: *Ficus elastica*

Ficus elastica

Comúnmente conocido como Árbol del caucho o Gomero (Figura 7), originario de Asia y de follaje perenne. Como características de interés proyecta una gran sombra y es resistente a la contaminación. Como aspecto negativo sus grandes necesidades hídricas y su sensibilidad al viento.



Figura 8: *Ficus microcarpa*

Ficus microcarpa

Comúnmente conocido como Laurel de Indias (Figura 8), procede de Asia, Australia y Oceanía; Su tipo de hoja es perenne. Su interés radica en la sombra que genera además de su resistencia a la contaminación urbana y la cercanía al mar.



Figura 9: *Laurus nobilis*

Laurus nobilis

Comúnmente conocido como Laurel (Figura 9), se distribuye por toda el área mediterránea y su follaje es perenne. Como características destacables su resistencia a la sequía, el viento y la contaminación urbana; asimismo al ser empleado como árbol puede proyectar una gran sombra.



Figura 10: *Olea europaea*

Olea europaea

Comúnmente conocido como Olivo (Figura 10), se distribuye por la región mediterránea y su follaje es perenne. Como rasgos a destacar sus bajas necesidades hídricas y su alta resistencia, en especial a la sequía, al viento, a la contaminación urbana y la proximidad al mar.



Figura 11: *Tamarix gallica*

Tamarix gallica

comúnmente conocido como Taray (Figura 11), distribuido por el oeste de la zona mediterránea. Se trata de un árbol caducifolio muy resistente, destacando su adaptación la sequía, a la salinidad del agua, al viento, a la contaminación urbana y a la cercanía al mar.



Figura 12: *Ziziphus jujuba*

Ziziphus jujuba

Comúnmente conocido como Jinjolero (Figura 12), originario de Asia. Produce frutos comestibles y es de hoja caduca. Como aspecto positivo su resistencia a la salinidad del agua, el viento y la contaminación urbana.



Figura 13: *Phoenix dactylifera*

2.1.2. Palmeras

Phoenix dactylifera

Comúnmente conocida como palmera datilera (Figura 13). Su origen es incierto, posiblemente del norte de África y se encuentra naturalizada en la vertiente mediterránea de la península. Produce frutos comestibles y se caracteriza por sus bajas necesidades hídricas y por presentar una gran resistencia a todos los impactos del Cambio Climático que se han tenido en consideración.



Figura 14: *Cupressus sempervirens*

2.1.3. Coníferas

Cupressus sempervirens

Conocido como ciprés común (Figura 14), se considera nativo del mediterráneo oriental. Son remarcables sus bajas necesidades hídricas y la sombra que proyecta, asimismo se trata de una especie rústica y resistente, en especial al viento y a la contaminación urbana.



Figura 15: *Pinus halepensis*

Pinus halepensis

Comúnmente conocido como pino carrasco (Figura 15), se distribuye por toda la región mediterránea. Como características de interés sus bajas necesidades y su resistencia a la contaminación urbana.



Figura 16: *Pinus pinea*

Pinus pinea

Comúnmente conocido como pino piñonero (Figura 16), es nativo de la región mediterránea. Proyecta una gran sombra y se caracteriza por su resistencia, en especial al viento, la contaminación urbana y la proximidad a la costa.



Figura 17: *Caesalpinia pulcherrima*

2.1.4. Arbustos

Caesalpinia pulcherrima

Comúnmente conocido como pequeño flamboyant (Figura 17), arbusto perennifolio originario de América tropical. No presenta sensibilidad a ninguno de los impactos del cambio climático, sin embargo, tampoco posee ninguna característica remarcable para la adaptación salvo su resistencia a la contaminación urbana.

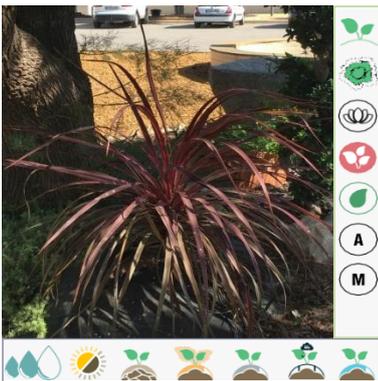


Figura 18: *Cordyline australis*

Cordyline australis

Comúnmente conocido como drácena o árbol repollo (Figura 18), especie perennifolia originaria de Nueva Zelanda. Su característica más remarcable es su resistencia a la sequía, no siendo especialmente vulnerable a ningún impacto salvo por su sensibilidad a la contaminación urbana.



Figura 19: *Duranta repens*

Duranta repens

Comúnmente conocida como flor celeste (Figura 19), arbusto perennifolio originario de Sudamérica. No destaca por su adaptación al Cambio Climático en ningún aspecto y es sensible al viento y la contaminación.

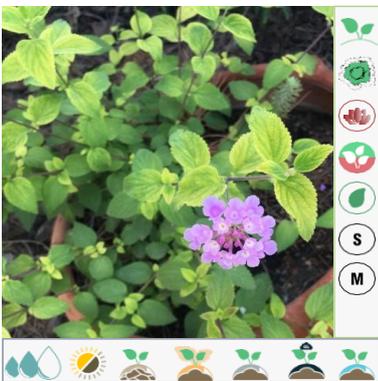


Figura 20: *Lantana sellowiana*

Lantana sellowiana

Comúnmente conocida como lantana rasteira (Figura 20), arbusto perennifolio originario de América tropical. Especie resistente a pesar de no destacar en ningún aspecto en concreto.



Figura 21: *Nerium oleander*

Nerium oleander

Comúnmente conocido como adelfa (Figura 21), arbusto perennifolio distribuido desde el mediterráneo hasta china. Especie muy rústica y resistente a los impactos del Cambio Climático en general.



Figura 22: *Rosmarinus officinalis*

Rosmarinus officinalis

Comúnmente conocido como romero (Figura 22), arbusto perennifolio distribuido por la región mediterránea. Especie muy rústica y resistente a los impactos del Cambio Climático en general.

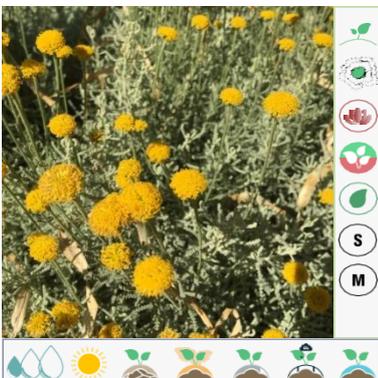


Figura 23: *Santolina chamaecyparissus*

Santolina chamaecyparissus

Comúnmente conocido como santolina (Figura 23), arbusto perenne distribuido por el sur de Europa. Se caracteriza por ser muy resistente a la sequía y la salinidad, sin embargo, presenta sensibilidad a la contaminación urbana.



Figura 24: *Yucca spp*

Yucca spp

Comúnmente conocida como yuca (Figura 24), originario de América. Se trata de plantas muy rústicas y resistentes a los impactos del cambio climático en general.



Figura 25: *Canna indica*

2.1.5. Herbáceas

Canna indica

Comúnmente conocida como caña de las indias (Figura 25), planta perennifolia originaria de América. No destaca especialmente en ningún aspecto de interés, mientras que presenta sensibilidad al viento y la contaminación urbana



Figura 26: *Cyclamen persicum*

Cyclamen persicum

Comúnmente conocido como ciclamen (Figura 26), planta perennifolia distribuida por Oriente Medio y Los Alpes de Europa. No resulta de mucho interés para la adaptación al Cambio Climático, al ser sensible a la mayoría de los impactos a tratar.



Figura 27: *Dianthus caryophyllus*

Dianthus caryophyllus

Comúnmente conocido como clavel (Figura 27), planta perennifolia originaria de la cuenca mediterránea. No resulta de mucho interés para la adaptación al Cambio Climático, al ser sensible a la mayoría de los impactos a tratar.

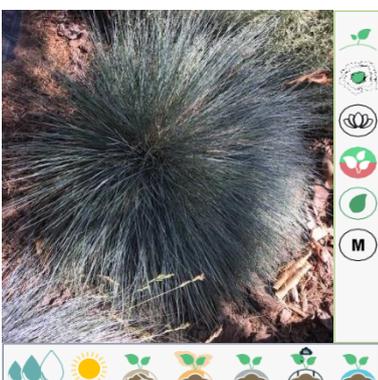


Figura 28: *Festuca glauca*

Festuca glauca

Comúnmente conocida como festuca azul (Figura 28), planta perennifolia originaria de Europa. Se caracteriza por su rusticidad, destacando su resistencia al viento y la proximidad al mar en contrapartida es sensible a la contaminación.



Figura 29: *Gaura lindheimeri*

Gaura lindheimeri

Comúnmente conocida como gaura (Figura 29), planta perennifolia originaria de América. Especie muy resistente, en especial a la sequía y a la salinidad, como aspecto negativo es sensible a la contaminación urbana.



Figura 30: *Lavandula lanata*

Lavandula lanata

Comúnmente conocida como alhucema (Figura 30), planta perennifolia distribuida por el sur de España. Como características remarcables sus bajas necesidades hídricas y resistencia a la sequía, en contrapartida es sensible a la contaminación urbana y a la cercanía a la costa.



Figura 31: *Mentha aquatica*

Mentha aquatica

Comúnmente conocida como menta de agua (Figura 31), planta perennifolia distribuida por Europa. Como características de interés presenta resistencia a la salinidad, a la contaminación urbana y a la proximidad al mar; mientras que como aspectos negativos sus altas necesidades hídricas y la baja tolerancia a la sequía.

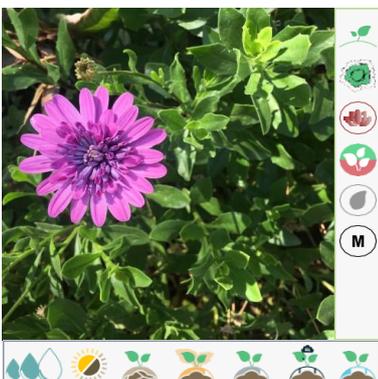


Figura 32: *Osteospermum ecklonis*

Osteospermum ecklonis

Comúnmente conocida como matababras (Figura 32), planta anual originaria de Sudáfrica. Como característica de interés su resistencia a la sequía, mientras que como aspectos negativos su sensibilidad a la contaminación urbana y la proximidad al mar.

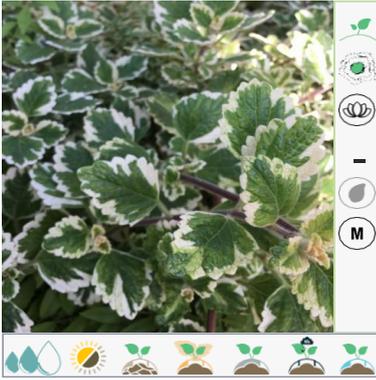


Figura 33: *Plectranthus coleoides*

Plectranthus coleoides

Comúnmente conocida como planta del incienso (Figura 33), especie anual distribuida por las zonas cálidas del hemisferio sur. No resulta de mucho interés para la adaptación al Cambio Climático, al ser sensible a la mayoría de los impactos a tratar.

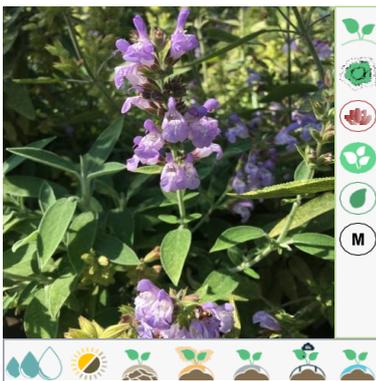


Figura 34: *Salvia officinalis*

Salvia officinalis

Comúnmente conocida como salvia (Figura 34), planta perennifolia distribuida por la región mediterránea. Especie rústica y resistente en especial a la sequía, sin embargo, presenta sensibilidad a la contaminación urbana.

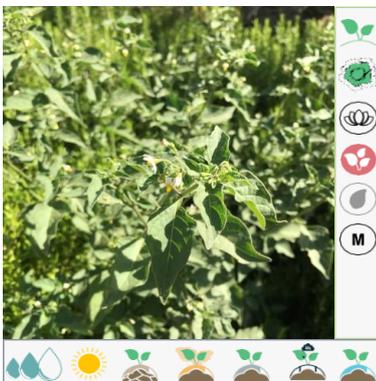


Figura 35: *Solanum nigrum*

Solanum nigrum

Comúnmente conocida como tomatillo del diablo (Figura 35), planta anual nativa de Eurasia y distribuida por todo el territorio. Resulta de interés por su resistencia a pesar de no destacar en ningún aspecto en concreto, salvo por su sensibilidad a la contaminación urbana.



Figura 36: *Strelitzia reginae*

Strelitzia reginae

Comúnmente conocida como ave del paraíso (Figura 36), planta perennifolia originaria de Sudáfrica. Especie resistente en especial a la salinidad, el viento y la proximidad a la costa; sin embargo, presenta sensibilidad a la contaminación urbana.



Figura 37: *Thymus serpyllum*

Thymus serpyllum

Comúnmente conocido como tomillo sanjuanero (Figura 37), planta perennifolia originaria de Europa. Especie muy resistente, especialmente adaptada a la sequía.

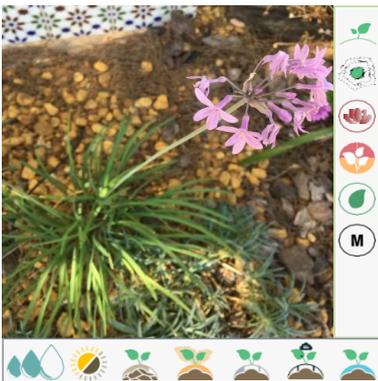


Figura 38: *Tulbaghia violácea*

Tulbaghia violácea

Comúnmente conocida como tulbagia (Figura 38), planta perennifolia originaria de Sudáfrica. Su interés radica en su resistencia a la salinidad y a proximidad al mar; como contrapartida resulta sensible al viento y a la contaminación urbana.

2.1.6. Cactus y Suculentas

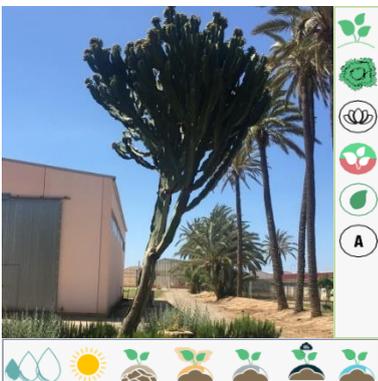


Figura 39: *Euphorbia candelabrum*

Euphorbia candelabrum

Comúnmente conocido como candelabro (Figura 39), planta originaria de Sudáfrica. Se trata de una planta muy rústica y resistente a los impactos del cambio climático en general.



Figura 40: *Hylocereus undatus*

Hylocereus undatus

Comúnmente conocido como cactus trepador (Figura 40), planta originaria de América. Se encuentra adaptada a la sequía, salvo por su sensibilidad a la contaminación urbana es una especie resistente a los impactos del Cambio Climático.

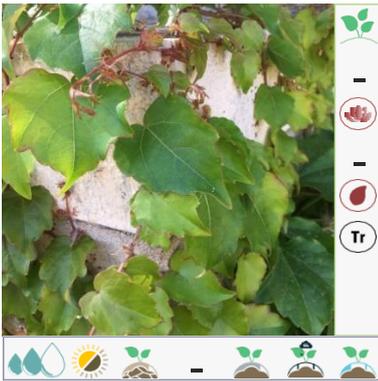


Figura 41: *Parthenocissus Tricuspidata*

2.1.7. Trepadoras

Parthenocissus Tricuspidata

Comúnmente conocida como parra virgen (Figura 41), especie caducifolia originaria de Asia. Presenta sensibilidad a la proximidad a la costa y la contaminación, no destacando positiva ni negativamente en ningún otro aspecto



Figura 42: *Lotus berthelotii*

2.1.8. Tapizantes

Lotus berthelotii

Comúnmente conocido como pico de paloma (Figura 42), planta perenne originaria de las islas Canarias. Especie muy resistente, en especial a la sequía y a la salinidad, como aspecto negativo es sensible a la contaminación urbana.

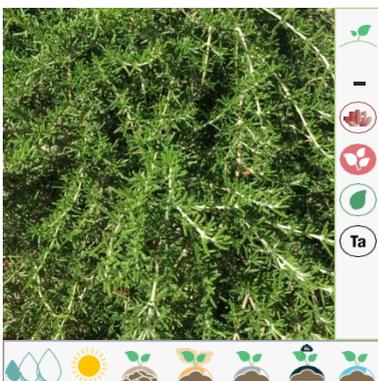


Figura 43: *Rosmarinus officinalis var postratus*

Rosmarinus officinalis var postratus

Comúnmente conocido como romero rastrero (Figura 43), arbusto perennifolio distribuido por la región mediterránea. Especie muy rústica y resistente a los impactos del Cambio Climático en general.

3. Necesidades hídricas

3.1. Seguimiento del riego

En este apartado se van a indicar los datos obtenidos a partir del contador de agua colocado en la tubería que suministra el riego al jardín completo, complementados con la información sobre las precipitaciones aportada por la estación SIAM presente en la finca.

Tabla 6. Mediciones del contador.

día	m ³
06/06/19	0
20/06/19	7
24/07/19	45
21/08/19	74
20/09/19	88
23/10/19	95
19/11/19	98
17/12/19	100
13/01/20	103
11/02/20	107
05/03/20	115
27/05/20	163

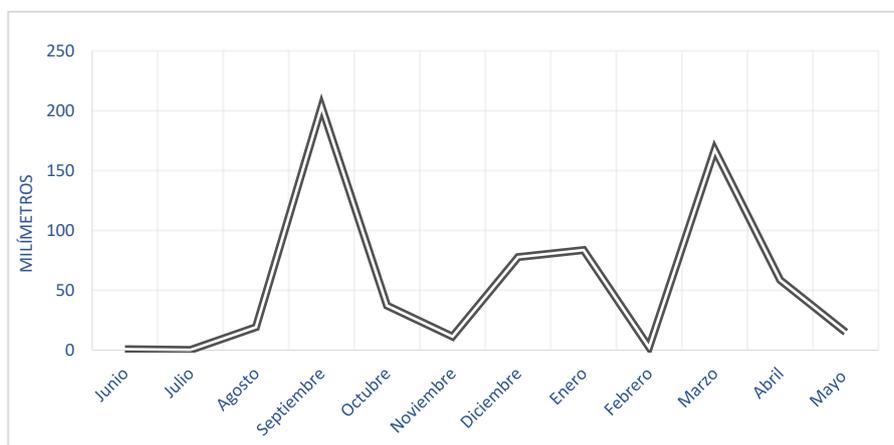


Gráfico 3: Evolución de las precipitaciones de la zona de estudio desde junio 2019 hasta mayo 2020.

En la tabla 6 figuran las mediciones del contador de agua en el periodo entre junio de 2019 y mayo de 2020. Obteniendo el valor medio diario de los intervalos entre las mediciones anteriores y multiplicándolo por los días que corresponden a cada mes se han calculado los litros mensuales (tabla 7), con estos se ha elaborado el gráfico 4 que representa la evolución mensual del riego. En el gráfico 3 figura la evolución de las precipitaciones (milímetros por metro cuadrado de superficie mensuales) en el mismo periodo para observar si estas han sido consideradas en el riego aportado.

Tabla 7. Riego mensual.

mes	litros	%
Junio	21043	12
Julio	34343	20
Agosto	26417	16
Septiembre	11455	7
Octubre	5768	3
Noviembre	3468	2
Diciembre	2770	2
Enero	4372	3
Febrero	7778	5
Marzo	16775	10
Abril	17349	10
Mayo	17928	11
TOTAL	169465	

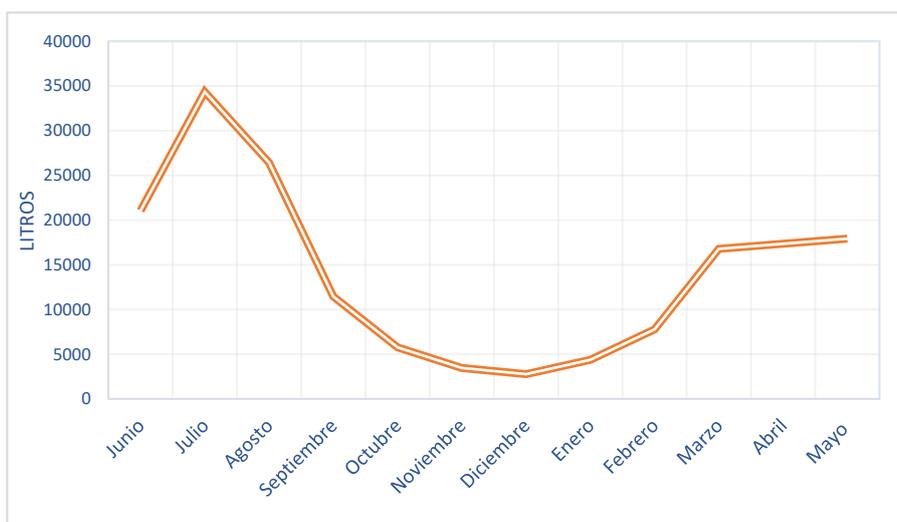


Gráfico 4: Evolución del riego del jardín desde junio 2019 hasta mayo 2020.

El recuento total de litros aportados al jardín en aproximadamente un año fue de 163000 l, que tras estimar los días restantes para completar el año asciende a 169465 l. Si se observa la evolución mensual del riego, presenta un máximo en julio con un consumo de 34343 l seguido de un descenso que se ve acentuado en septiembre coincidiendo con un pico en las precipitaciones. En los meses de noviembre, diciembre y enero se mantiene un riego mínimo reduciendo hasta valores de 2770 l en diciembre, coincidiendo con otro periodo de precipitaciones. Dada la imposibilidad de registrar datos entre marzo y mayo de 2020, en lugar de un aumento gradual entre febrero y mayo como realmente deber haber sucedido, en la gráfica se aprecia un aumento considerable en febrero que alcanza una meseta de marzo a mayo.

3.2. Estimación de las necesidades hídricas del jardín

En las tablas 8 y 9 se estiman las necesidades hídricas de las especies que componen el jardín, para ello es necesario conocer el valor de la evapotranspiración anual en la zona de estudio (ET_0) y el del coeficiente de jardín de cada planta (KL). La información sobre la evapotranspiración ha sido obtenida de la estación SIAM presente en la finca y se trata de un valor constante para todas las especies. El coeficiente de jardín se calcula multiplicando los factores especie, densidad y microclima que siguiendo la tabla 1 se le han asignado a cada especie en función de su consumo de agua, su follaje y su entorno. Con estos datos se obtienen las necesidades hídricas de las especies por m^2 (ET_L).

$$K_L = k_s \cdot k_d \cdot k_{mc} \qquad ET_L(l/m^2 \text{ año}) = ET_0 \cdot K_L$$

Las necesidades por ejemplar se calculan al multiplicar el dato anterior por el área que ocupa cada ejemplar, estimada al tomar el ancho de estas como el diámetro de un área circular. Por último, se han obtenido el valor del conjunto de ejemplares de cada especie.

$$ET_L (l/m^2 \text{ año}) \cdot \text{diámetro} = ET_L (l/\text{ejemplar año}) \rightarrow ET_L (l/\text{ejemplar año}) ET_L (l/n^\circ \text{ ejemplares año})$$

Tabla 8. Cálculo de las necesidades hídricas anuales para los ejemplares de porte alto.

Especie	área/pie	nº plantas	ET_0			KL			ETL	
			(mm anuales)	K_s	K_d	K_{mc}	l/m^2 año	$l/\text{ejemplar}$ año	l/n° ejemplares año	
Arboles								TOTAL	50021,93	
<i>Brachychiton rupestris</i>	3,1	1	1209,75	0,5	0,5	1	302,44	950,14	950,14	
<i>Ceratonia siliqua</i>	28,3	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	17102,48	17102,48	
<i>Ficus elastica</i>	12,6	1	1209,75	0,9	1	1	1088,78	13681,98	13681,98	
<i>Ficus microcarpa</i>	3,1	2	1209,75	0,5	1	1	604,88	1875,11	3750,23	
<i>Laurus nobilis</i>	7,1	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	4275,62	4275,62	
<i>Olea europaea</i>	3,1	2	1209,75	0,2	0,5	1	120,98	380,06	760,11	
<i>Tamarix gallica</i>	12,6	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	7601,10	7601,10	
<i>Ziziphus jujuba</i>	3,1	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	1900,28	1900,28	
Palmeras								TOTAL	45131,54	
<i>Phoenix dactylifera</i>	19,6	19	1209,75	0,2	0,5	1	120,98	2375,34	45131,54	
Coníferas								TOTAL	24038,48	
<i>Cupressus sempervirens</i>	12,6	3	1209,75	0,2	1	1	241,95	3040,44	9121,32	
<i>Pinus halepensis</i>	12,6	1	1209,75	0,2	1	1	241,95	3040,44	3040,44	
<i>Pinus pinea</i>	19,6	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	11876,72	11876,72	
								TOTAL	119191,95	

Tabla 9. Cálculo de las necesidades hídricas anuales para los ejemplares de porte bajo.

Especie	área/pie	nº plantas	ET ₀ (mm anuales)	KL			ETL		
				Ks	Kd	Kmc	l/m ² año	l/ejemplar año	l/nº ejemplares año
Arbustos							TOTAL	12202,43	
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1,8	1	1209,75	0,5	0,5	1	302,44	534,45	534,45
<i>Cordyline australis</i>	0,8	1	1209,75	0,5	0,5	1	302,44	237,53	237,53
<i>Duranta repens</i>	0,8	3	1209,75	0,5	1	1	604,88	475,07	1425,21
<i>Lantana sellowiana</i>	0,2	9	1209,75	0,5	1,1	1	665,36	130,64	1175,80
<i>Nerium oleander</i>	0,8	23	1209,75	0,2	1,1	1	266,15	209,03	4807,70
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0,3	14	1209,75	0,2	1,1	1	266,15	75,25	1053,51
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	0,3	20	1209,75	0,2	1,1	1	266,15	75,25	1505,02
<i>Yucca spp</i>	0,8	7	1209,75	0,2	1,1	1	266,15	209,03	1463,21
Herbáceas							TOTAL	10325,48	
<i>Canna indica</i>	0,8	2	1209,75	0,5	1	1	604,88	475,07	950,14
<i>Cyclamen persicum</i>	0,1	1	1209,75	0,5	0,5	1	302,44	21,38	21,38
<i>Dianthus caryophyllus</i>	0,1	6	1209,75	0,5	0,5	1	302,44	21,38	128,27
<i>Festuca glauca</i>	0,2	25	1209,75	0,5	1,1	1	665,36	130,64	3266,10
<i>Gaura lindheimeri</i>	0,2	17	1209,75	0,2	1,1	1	266,15	52,26	888,38
<i>Lavandula lanata</i>	0,8	2	1209,75	0,2	1,1	1	266,15	209,03	418,06
<i>Mentha aquatica</i>	2	-	1209,75	0,7	1	1	846,83	-	1693,65
<i>Osteospermum ecklonis</i>	0,2	2	1209,75	0,5	1	1	604,88	118,77	237,53
<i>Plectranthus coleoides</i>	0,1	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	42,76	42,76
<i>Salvia officinalis</i>	0,8	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	475,07	475,07
<i>Solanum nigrum</i>	0,2	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	118,77	118,77
<i>Strelitzia reginae</i>	0,8	4	1209,75	0,5	1	1	604,88	475,07	1900,28
<i>Thymus serpyllum</i>	0,5	-	1209,75	0,2	1	1	241,95	-	120,98
<i>Tulbaghia violácea</i>	0,1	3	1209,75	0,5	0,5	1	302,44	21,38	64,13
Cactus y Suculentas							TOTAL	1829,01	
<i>Euphorbia candelabrum</i>	7,1	1	1209,75	0,2	1	1	241,95	1710,25	1710,25
<i>Hylocereus undatus</i>	0,2	2	1209,75	0,5	0,5	1	302,44	59,38	118,77
Trepadoras							TOTAL	118,77	
<i>Parthenocissus Tricuspidata</i>	0,2	1	1209,75	0,5	1	1	604,88	118,77	118,77
Tapizantes							TOTAL	7185,92	
<i>Lotus berthelotii</i>	17	-	1209,75	0,2	1,1	1	266,145	-	4524,465
<i>Rosmarinus officinalis var postratus</i>	10	-	1209,75	0,2	1,1	1	266,145	-	2661,45
							TOTAL	31661,61	

Repitiendo el cálculo anterior con los valores mensuales de evapotranspiración para el periodo de estudio se aprecia cómo evolucionan las necesidades hídricas del jardín (Tabla 10 y Gráfico 5).

Tabla 10. Necesidades hídricas mensuales.

mes	litros	%
Junio	21397	14
Julio	23093	15
Agosto	20376	14
Septiembre	12368	8
Octubre	9795	6
Noviembre	7473	5
Diciembre	4803	3
Enero	4185	3
Febrero	6380	4
Marzo	10586	7
Abril	11684	8
Mayo	18715	12
TOTAL	150854	

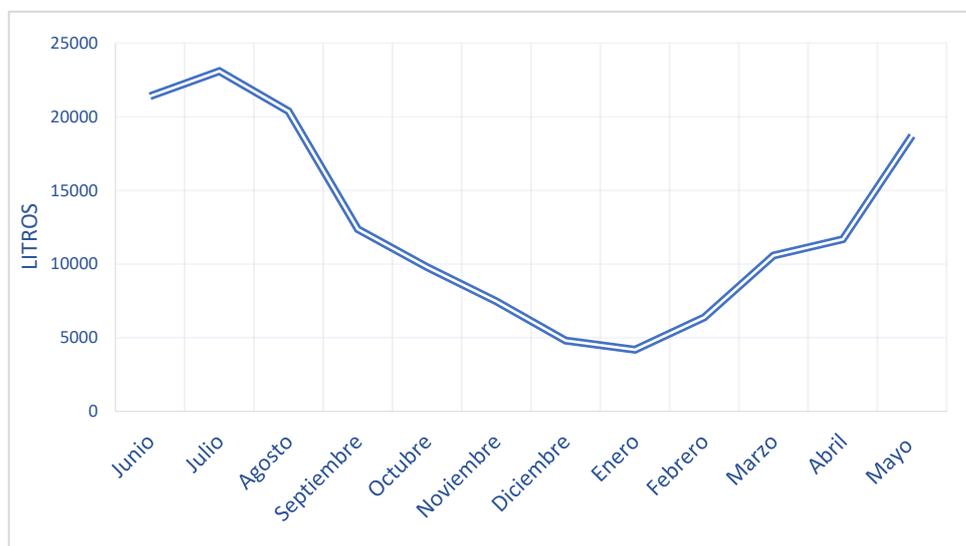


Gráfico 5: Evolución de la estimación de necesidades hídricas del jardín desde junio 2019 hasta mayo 2020.

El recuento del requerimiento hídrico estimado para el jardín completo en el periodo de estudio es de 150854 l. Si se observa la evolución mensual de las necesidades hídricas, presenta un máximo en julio con unas necesidades de 23093 l, seguido de un periodo de descenso hasta alcanzar el mínimo 4185 l en enero, para volver a aumentar gradualmente los requerimientos hasta volver a alcanzar valores máximos.

Al estudiar las necesidades hídricas de cada especie además de poder compararlas con el riego aportado, los valores obtenidos ofrecen la oportunidad de calcular el porcentaje de riego destinado a cada grupo de plantas (Gráfico 6) y el porcentaje que corresponde a cada zona del jardín (gráficos 7 y 8). La posibilidad de obtener valores en forma de porcentaje permite extrapolar estos cálculos a los datos de riego reales para hacerse una idea de cómo se distribuye el agua por el jardín, ya que solo ha sido posible tomar registro del riego general del jardín.

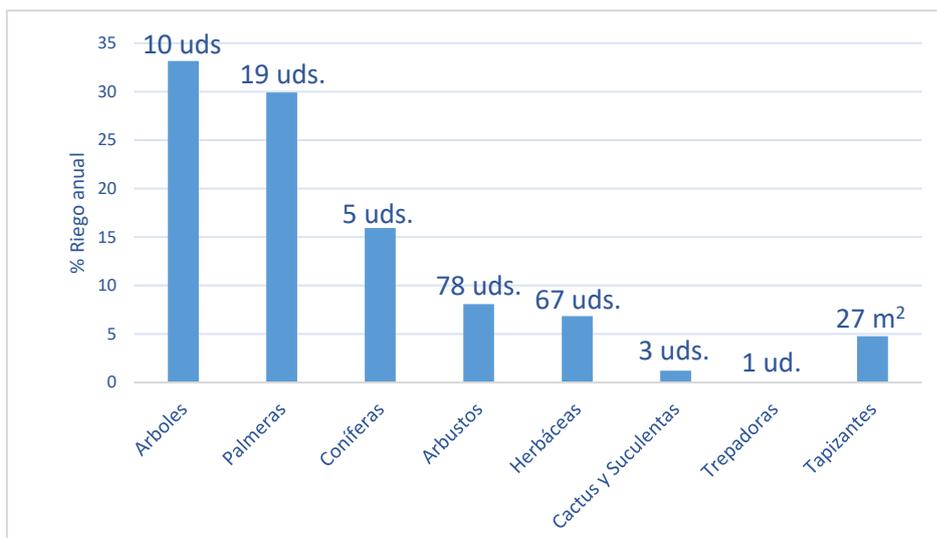


Gráfico 6: Porcentaje de riego anual destinado a cada grupo de plantas.

Al representar como se repartiría el riego en función de los diferentes grupos de plantas se aprecia como la mayor parte de este sería acaparado por las especies de porte alto a pesar de ser menores en número con respecto a las de porte bajo.

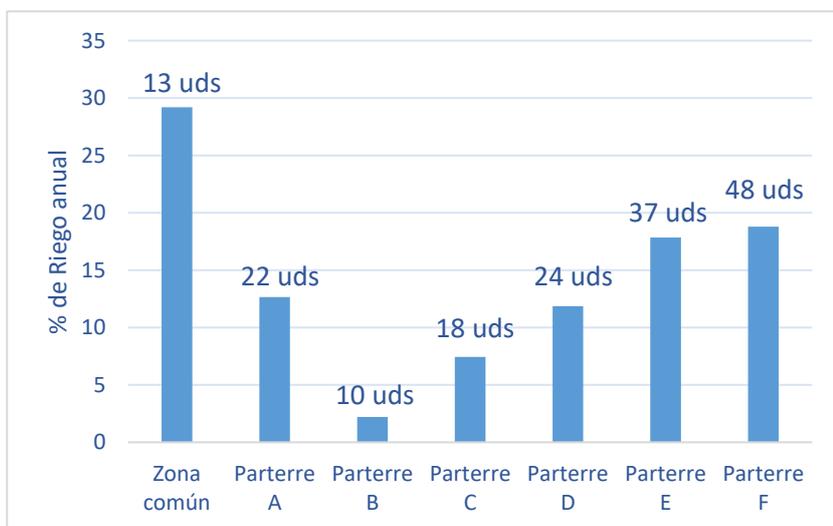


Gráfico 7: Porcentaje de riego anual destinado a cada zona.

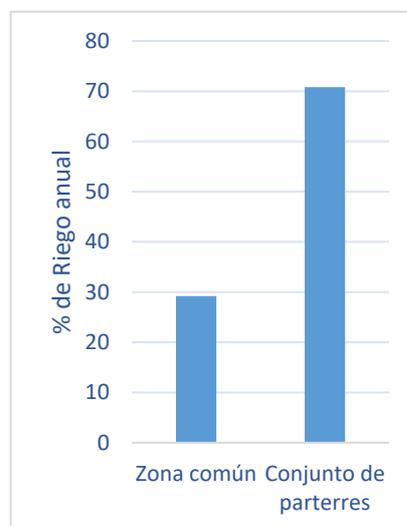


Gráfico 8: Porcentaje de riego anual destinado al conjunto de parterres y plantas situadas en la zona común.

Como se puede observar la diferencia de necesidades hídricas entre el conjunto de parterres (70%) y el de la zona común del jardín (30%) es bastante considerable pero no tanto como cabría esperar, a pesar de que estos comprenden la mayor parte de la vegetación del jardín. Esto se explica al comprobar que las especies de porte alto (que representan la mayor parte de las necesidades hídricas del jardín) se encuentran distribuidas uniformemente por toda su superficie, tanto en el interior de los parterres como en la zona común del jardín.

3.3. Análisis del riego

En este apartado se ha analizado si el riego aportado al jardín ha sido correcto y si puede mejorarse. Para ello se ha comparado la evolución a lo largo del periodo de estudio del riego aportado con el estimado como necesario (Gráfico 9).

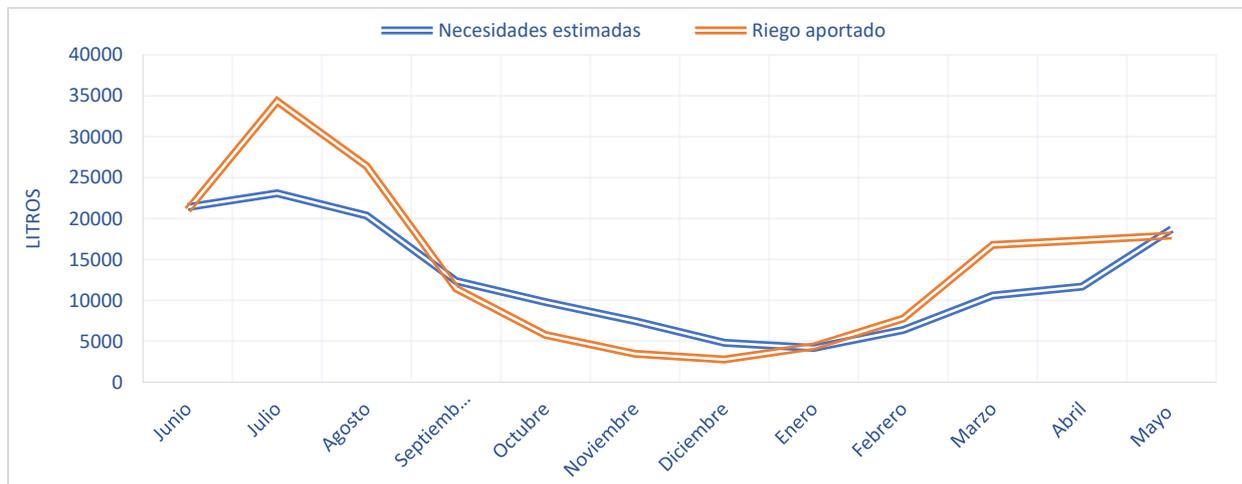


Gráfico 9: Comparación entre la evolución del riego y necesidades hídricas estimadas desde junio 2019 hasta mayo 2020.

Es necesario remarcar que el resultado de la estimación no es algo que se pueda llevar con exactitud a la realidad, se trata de un valor orientativo dado que la vegetación es muy heterogénea y no se encuentra repartida en función a sus necesidades hídricas. Al aportar un riego uniforme para todas, habrá ejemplares que se rieguen por encima de sus necesidades o los habrá que se queden por debajo de sus necesidades para que sus contiguas se sacien, por ello lo ideal sería que el aporte sea ligeramente superior a las necesidades calculadas.

Comparando el riego durante el periodo de estudio con las necesidades calculadas se observa que son similares, con una suma total de agua aportada de 169465 l para el riego y 150854 l para la estimación, comprobando que el aporte hídrico es correcto. En el gráfico 9 se observa que la evolución de ambas curvas se asemeja, sin embargo, en los meses de julio y agosto el riego aportado es muy superior pudiendo reducirse para una mejor optimización de los recursos y en el periodo de menor requerimiento sería recomendable aumentar el aporte hasta situarlo por encima de las necesidades, de esta forma el gasto disminuiría y cubriría mejor las necesidades.

4. Captación de CO₂

En la tabla 11 figuran todos los datos recopilados acerca del incremento de crecimiento de las diferentes especies necesarios para estimar su capacidad como sumideros de carbono. No todas las plantas presentan la misma velocidad de crecimiento y longevidad, lo que aumenta el interés en observar cómo evoluciona su capacidad con el paso de los años, para ello se ha obtenido el valor del CO₂ retenido para diferentes edades de cada especie (20, 25, 30, 35 y 40 años), como queda reflejado en la tabla 12 y representado en el gráfico 10 para una visualización más clara.

Tabla 11. Datos sobre el incremento del crecimiento de las especies.

Especie	FC (tC/t m. s.)	FEB x D (t m. s./m ³)	(1 + R)	Vn _{CC} (m ³)				
				20	25	30	35	40
Frondosas								
<i>Brachychiton rupestris</i>	0,480	1,700	1,230	0,011	0,030	0,057	0,095	0,109
<i>Ceratonia siliqua</i>	0,500	1,280	1,488	0,017	0,023	0,026	0,032	0,034
<i>Ficus elastica</i>	0,480	1,700	1,230	0,019	0,049	0,060	0,095	0,109
<i>Ficus microcarpa</i>	0,480	1,700	1,230	0,019	0,049	0,060	0,095	0,109
<i>Laurus nobilis</i>	0,500	1,700	1,284	0,010	0,027	0,052	0,087	0,100
<i>Olea europaea</i>	0,473	1,280	1,314	0,014	0,017	0,027	0,034	0,038
<i>Tamarix gallica</i>	0,480	1,700	1,349	0,007	0,017	0,020	0,035	0,040
<i>Ziziphus jujuba</i>	0,480	1,700	1,230	0,011	0,030	0,057	0,095	0,109
Palmeras								
<i>Phoenix dactylifera</i>	0,480	1,700	1,230	0,084	0,155	0,245	0,337	0,372
coníferas								
<i>Cupressus sempervirens</i>	0,510	0,550	1,279	0,023	0,038	0,046	0,091	0,114
<i>Pinus halepensis</i>	0,499	0,740	1,236	0,018	0,024	0,048	0,084	0,096
<i>Pinus pinea</i>	0,508	0,730	1,155	0,038	0,064	0,108	0,127	0,185

$$\Delta C_{Pie} = \Delta C_{BV} = \Delta C_{CRECIMIENTO} = \sum [Vn_{CC} \cdot FC \cdot FEBxD \cdot (1 + R)]$$

$$\Delta CO_2 = \Delta C \times \frac{44}{12}$$

Tabla 12. Absorciones estimadas en toneladas de CO₂ por especie para las edades de 20,25,30,35 y 40 años.

Especie	Absorciones acumuladas (t CO ₂ /pie)				
	20	25	30	35	40
Frondosas					
<i>Brachychiton rupestris</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
<i>Ceratonia siliqua</i>	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12
<i>Ficus elastica</i>	0,07	0,18	0,22	0,35	0,4
<i>Ficus microcarpa</i>	0,07	0,18	0,22	0,35	0,4
<i>Laurus nobilis</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
<i>Olea europaea</i>	0,04	0,05	0,08	0,1	0,11
<i>Tamarix gallica</i>	0,03	0,07	0,08	0,14	0,16
<i>Ziziphus jujuba</i>	0,04	0,11	0,21	0,35	0,4
Palmeras					
<i>Phoenix dactylifera</i>	0,31	0,57	0,9	1,24	1,37
Coníferas					
<i>Cupressus sempervirens</i>	0,03	0,05	0,06	0,12	0,15
<i>Pinus halepensis</i>	0,03	0,04	0,08	0,14	0,16
<i>Pinus pinea</i>	0,06	0,1	0,17	0,2	0,29

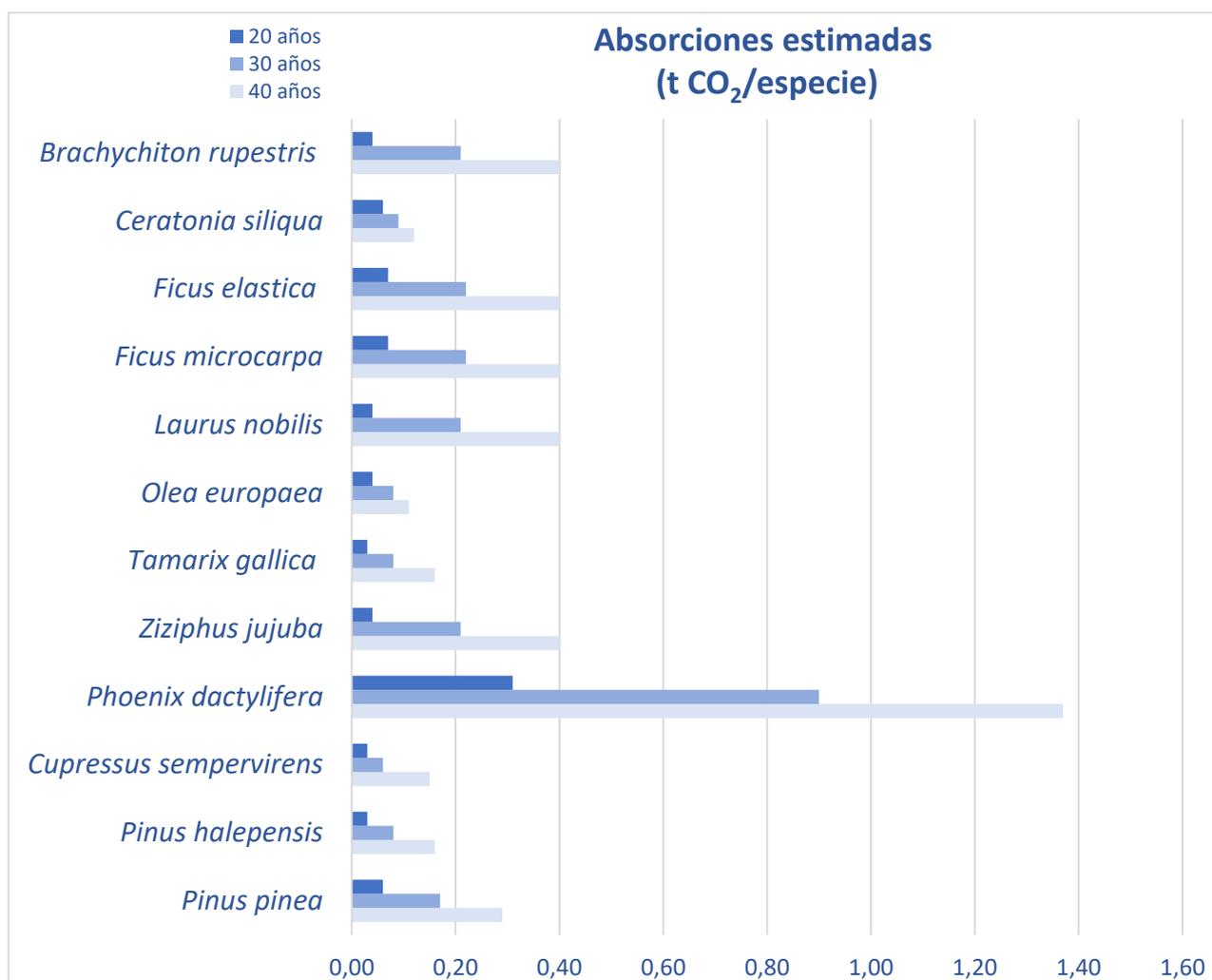


Gráfico 10: Absorciones estimadas en toneladas de CO₂ por especie para las edades de 20, 30 y 40 años

Como se puede observar la especie *Phoenix dactylifera* destaca considerablemente en la cantidad de CO₂ que retiene por encima de todas las demás durante todo el periodo de estudio, alcanzando las 0,3 toneladas a los 20 años. El resto de las especies a la edad de 20 años no se diferencian demasiado unas de otras, pero si se observa la evolución con el paso de los años, a la edad de 30 y sobre todo a la de 40 años, la captación de CO₂ de *Brachychiton rupestris*, *Ficus elastica*, *Ficus microcarpa*, *Laurus nobilis*, *Ziziphus jujuba* y *Pinus pinea* destaca con respecto a las demás, superando en todas ellas las 0,2 toneladas de CO₂ retenido a los 40 años.

Si se consideran exclusivamente los primeros cuarenta años las especies menos eficientes para compensar las emisiones de CO₂ serían *Ceratonia siliqua*, *Olea europaea*, *Tamarix gallica*, *Cupressus sempervirens* y *Pinus halepensis*; no alcanzando ninguna las 0,2 toneladas de CO₂ retenidas en este periodo. Sin embargo, a excepción de *Tamarix gallica* todas estas especies se caracterizan por ser las más longevas y con un desarrollo más lento, por lo que si se considerase toda su vida su rango como sumideros podría variar.

Como resultado de lo anteriormente descrito este criterio no será determinante a la hora de analizar el nivel de adaptación las especies, su interés radica en la posibilidad de valorar su compensación de la huella de carbono en proyectos similares al estudiado.

En el jardín de estudio se desconoce la edad de cada especie arbórea, los ejemplares han sido plantados en momentos diferentes y no es posible hablar de la captación de CO₂ actual del jardín. Para poder hablar de datos globales habría que ponerse en el hipotético caso de un jardín con los mismos ejemplares recién plantados, tras veinte años sus retenciones de CO₂ serían de 6,57 toneladas, aumentando considerablemente en los siguientes 10 años alcanzando las 19,15 toneladas a los treinta años, en los siguientes 10 años el aumento disminuye con respecto al periodo anterior llegando en cuarenta años desde su implantación a las 29,83 toneladas.

A la hora de cuantificar la retención de CO₂ de cara al análisis final, se ha considerado a la edad de 30 años que es cuando comienzan a diferenciarse más unas especies de otras, como captación baja aquella inferior a 0,15 toneladas y captación alta aquella superior a 0,25 toneladas.

5. Análisis de especies mejor y peor adaptadas al cambio climático en base a resultados y características conocidas

La zona de estudio se encuentra dentro del área rural, cuya problemática más apremiante es la sequía, por tanto, las necesidades hídricas y la resistencia a la sequía han sido los puntos más tenidos en cuenta. Aspectos como la resistencia al viento, resistencia a la contaminación, reducción de caudal y reducción de isla de calor resultan de interés en la zona de estudio, pero en ambientes ajardinados no resultan tan limitantes como en otros, por ello será necesaria la acumulación de varios de estos aspectos negativos para el descarte de una especie. La alergenicidad producida por una especie es un factor que es necesario conocer, pero tampoco se ha considerado como limitante para la selección.

Todo lo anteriormente mencionado sobre las características de las especies y su adaptación al Cambio Climático se puede apreciar con más claridad en las tablas 13 y 14.

Tabla 13. Criterios medioambientales de las especies de porte alto que componen el jardín.

Especie	Captación de CO ₂	N. Hídrica	R. Sequía	R. Viento	R. Contaminación	Red. Caudal	Red. Isla de Calor	Alergenicidad
Frondosas								
<i>Brachychiton rupestris</i>	media	media	media	media			media	
<i>Ceratonia siliqua</i>	baja	media	alta	media			alta	
<i>Ficus elastica</i>	media	alta	media	baja			alta	
<i>Ficus microcarpa</i>	media	media	media	baja			alta	
<i>Laurus nobilis</i>	media	media	alta	alta			media	
<i>Olea europaea</i>	baja	baja	alta	alta			media	
<i>Tamarix gallica</i>	baja	media	alta	alta			baja	
<i>Ziziphus jujuba</i>	media	media	media	alta			media	
Palmeras								
<i>Phoenix dactylifera</i>	alta	baja	alta	alta			baja	
Coníferas								
<i>Cupressus sempervirens</i>	baja	baja	media	alta			media	
<i>Pinus halepensis</i>	baja	baja	media	media			alta	
<i>Pinus pinea</i>	media	media	media	alta			alta	

Tabla 14. Criterios medioambientales de las especies de porte bajo que componen el jardín.

Especie	N. Hídrica	R. Sequía	R. Viento	R. Contaminación	Red. Caudal	Alergenicidad
Arbustos						
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	media	media	media			
<i>Cordyline australis</i>	media	alta	media			
<i>Duranta repens</i>	media	media	media			
<i>Lantana sellowiana</i>	media	media	media			
<i>Nerium oleander</i>	baja	alta	alta			
<i>Rosmarinus officinalis</i>	baja	alta	media			
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	baja	alta	media			
<i>Yucca spp</i>	baja	alta	media			
Herbáceas						
<i>Canna indica</i>	media	media	baja			
<i>Cyclamen persicum</i>	media	baja	baja			
<i>Dianthus caryophyllus</i>	media	baja	baja			
<i>Festuca glauca</i>	media	media	alta			
<i>Gaura lindheimeri</i>	baja	alta	media			
<i>Lavandula lanata</i>	baja	alta	media			
<i>Mentha aquatica</i>	alta	baja	media			
<i>Osteospermum ecklonis</i>	media	alta	media			
<i>Plectranthus coleoides</i>	media	baja	media			
<i>Salvia officinalis</i>	media	alta	media			
<i>Solanum nigrum</i>	media	media	media			
<i>Strelitzia reginae</i>	media	media	alta			
<i>Thymus serpyllum</i>	baja	alta	media			
<i>Tulbaghia violacea</i>	media	media	baja			
Cactus y Suculentas						
<i>Euphorbia candelabrum</i>	baja	alta	media			
<i>Hylocereus undatus</i>	media	alta	media			
Trepadoras						
<i>Parthenocissus Tricuspidata</i>	media	media	media			
Tapizantes						
<i>Lotus berthelotii</i>	baja	alta	media			
<i>Rosmarinus officinalis var postratus</i>	baja	alta	media			

En su mayoría, la vegetación que compone el jardín objeto de estudio está bien adaptada a los diferentes impactos que supone el cambio climático en las zonas rurales, por lo que se podría tener en cuenta para ser utilizado como modelo de jardín de adaptación. No obstante, los datos obtenidos nos indican que presenta algunas especies que no serían las más idóneas para este modelo. Las especies menos adaptadas a estos impactos, y que por tanto serían susceptibles cambio, serían

- ❖ ***Ficus elastica***: a pesar de presentar características de interés, sus altas necesidades hídricas y sensibilidad al viento la convierte en inapropiada para lo que se busca.
- ❖ ***Cyclamen persicum***: además de no destacar en ningún aspecto positivo es poco resistente a la sequía y al viento
- ❖ ***Dianthus caryophyllus***: presenta baja resistencia a la sequía y el viento, sin ninguna otra característica remarcable.
- ❖ ***Mentha aquatica***: presenta altos requerimientos hídricos y no resiste la sequía.
- ❖ ***Plectranthus coleoides***: no destaca en ningún aspecto positivo y es poco resistente a la sequía.

Además de las especies mencionadas también las hay que a pesar de no ser especialmente vulnerables a los impactos tampoco destacan por su resistencia a ninguno de los criterios seleccionados, pudiendo resultar interesante sustituirlas, como son *Duranta repens*, *Canna indica*, *Solanum nigrum*, *Tulbaghia violacea* y *Parthenocissus Tricuspidata*.

6. Aprovechamiento como modelo de jardín adaptado al Cambio Climático

A lo largo de este trabajo se ha buscado comprobar si el jardín a estudiar se encuentra realmente adaptado al Cambio Climático, han sido estudiada tanto su distribución como las características de los ejemplares vegetales que lo componen, concluyendo que puede utilizarse como referente de jardín adaptado.

La estimación de sus necesidades hídricas y su capacidad de sumidero de CO₂ resultan útiles para hacerse una idea de cómo serían estos valores para jardines con características similares. Por último se ha analizado que especies son las que presentan menos valores de interés en la adaptación para no considerarlas en la planificación de espacios verdes similares.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente comentado se puede llevar a cabo la exportación de este modelo de jardín para desarrollar nuevos proyectos.

6.1. Selección de especies complementarias

Como complemento a los datos aportados por este estudio, se han escogido una serie de especies vegetales con características útiles que bien podrían emplearse junto a las ya presentes en el jardín modelo (Tablas 15 y 16). Para llevar a cabo la selección se ha considerado el listado y la información de las tablas 17 y 18 presentes en el anexo, además de tener en cuenta sus características positivas, se ha priorizado que sean autóctonas o de origen mediterráneo.

Tabla 15. Criterios medioambientales de las especies de porte alto alternativas.

Especie	Distribución mediterránea	Captación de CO2	N. Hídrica	R. Sequía	R. Viento	R. Contaminación	Red. Caudal	Red. Isla de Calor	Alergenicidad
Frondosas									
<i>Arbutus unedo</i>	📍	media	media	alta	alta			media	
<i>Celtis australis</i>	📍	alta	media	alta	alta	🏭	☁️	alta	
<i>Cercis siliquastrum</i>		media	media	alta	media	🏭	☁️	media	
<i>Quercus ilex</i>	📍	alta	media	alta	alta	🏭	☁️	alta	
Palmeras									
<i>Chamaerops humilis</i>	📍		baja	media	alta	🏭	☁️	baja	
Coníferas									
<i>Tetraclinis articulata</i>	📍	baja	baja	media	alta	🏭	☁️	media	

Tabla 16. Criterios medioambientales de las especies de porte bajo alternativas.

Especie	Distribución mediterránea	N. Hídrica	R. Sequía	R. Viento	R. Contaminación	Red. Caudal	Alergenicidad
Arbustos							
<i>Anthyllis cytisoides</i>	📍	baja	alta	media	🏭		
<i>Pistacia lentiscus</i>	📍	baja	alta	media	🏭	☁️	
<i>Rhamnus alaternus</i>	📍	baja	alta	media	🏭	☁️	
<i>Viburnum tinus</i>	📍	baja	alta	media	🏭		
Herbáceas							
<i>Asteriscus maritimus</i>	📍	baja	alta	alta			
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	📍	baja	alta	media	🏭		
<i>Crithmum maritimum</i>	📍	baja	alta	alta	🏭		
<i>Helichrysum stoechas</i>	📍	baja	alta	media	🏭		
<i>Iberis sempervirens</i>	📍	baja	alta	media			
<i>Lygeum spartum</i>	📍	baja	alta	media			
<i>Stipa tenacissima</i>	📍	baja	alta	media			🌸
<i>Phlomis purpurea</i>	📍	baja	alta	media			
Cactus y Suculentas							
<i>Agave attenuata</i>		baja	alta	media	🏭		
<i>Cephalocereus senilis</i>		baja	alta	media	🏭		
<i>Lampranthus spectabilis</i>		baja	alta	alta	🏭		
<i>Sedum sediforme</i>	📍	baja	alta	alta			

6.2. Propuesta de asociación paisajística

Para ayudar a la hora de distribuir la vegetación en nuevos espacios verdes adaptados, se ha elaborado a modo de ejemplo una serie de propuestas de asociación paisajística de especies, considerando aspectos paisajísticos de estas y la similitud en sus necesidades ambientales.

AP1: Asociación de especies compuesta de árboles, coníferas y palmeras destinadas a la proporción de sombra y coloración.

1 *Cercis siliquastrum*

1 *Celtis australis*

2 *Ceratonia siliqua*

2 *Olea europaea*

3 *Pinus halepensis*

3 *Phoenix dactylifera*

4 *Tamarix gallica*

4 *Tetraclinis articulata*

AP2: Asociación de especies arbustivas para la formación de setos con bajos requerimientos hídricos.

1 *Nerium oleander*

2 *Pistacia lentiscus*

3 *Viburnum tinus*

AP3: asociación de especies de porte bajo destinadas a cubrir superficies de suelo formando macizos con bajos requerimientos hídricos.

Combinación cromática tonos
amarillos

1 *Anthyllis cytisoides*

2 *Asteriscus maritimus*

3 *Helichrysum stoechas*

4 *Santolina chamaecyparissus*

Combinación cromática tonos
azules

1 *Festuca glauca*

2 *Lavandula lanata*

3 *Phlomis purpurea*

4 *Rosmarinus officinalis*

Combinación para
xerojardines

1 *Agave attenuata*

2 *Cordyline australis*

3 *Crithmum maritimum*

4 *Stipa tenacissima*

VII. CONCLUSIONES

Tras la evaluación de la distribución y las características del jardín localizado en la estación Experimental Tomás Ferro, se ha determinado que se encuentra adecuado para afrontar la amenaza del Cambio Climático y puede servir como referente para el desarrollo de espacios verdes en ambientes similares e incluso en general. Los puntos en los que se ha basado este estudio han sido los siguientes:

- 1) En cuanto a su distribución, la superficie cubierta por vegetación se ha reducido casi exclusivamente a los parterres, en forma de macizos arbustivos de interés ornamental. Con una presencia mínima de tapizantes en comparación a la jardinería contemporánea siendo ocupados estos espacios por pavimentos capaces de retener la humedad del suelo, grava en el caso de la zona común y corteza de pino en el interior de los parterres. Las especies de porte alto se encuentran distribuidas uniformemente por toda la superficie aportando tanto zonas sombra como diversidad al jardín.
- 2) El análisis de riego iniciado en junio de 2019 y finalizado en mayo de 2020, ha sido comparado con el cálculo de las necesidades hídricas en base al coeficiente de jardín, obteniendo que el aporte hídrico en ese periodo ha sido correcto. Se puede considerar que un jardín de condiciones similares supondría un gasto de agua de alrededor 163000 litros anuales además de poder utilizar la metodología de cálculo para ajustar el aporte de riego por zonas optimizándolo aún más.
- 3) El estudio de la captación de CO₂ ha consistido en estimar las retenciones de las especies de porte alto en sus primeros cuarenta años por medio de la metodología desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica. Se puede considerar que un jardín con estas especies o similares tendría una capacidad como sumidero de CO₂ de alrededor de 6,57 toneladas a los veinte años desde su implantación, alcanzando valores cercanos a 29,83 toneladas tras cuarenta años.
- 4) Para el estudio del nivel de adaptación al Cambio Climático de las especies vegetales presentes en el jardín se han tenido en cuenta los criterios de captación de CO₂, necesidades hídricas, resistencia a la sequía, resistencia al viento, resistencia a la contaminación, reducción de caudal, reducción de isla de calor y alergenicidad. En su mayoría las especies del jardín están bien adecuadas a estos impactos, no obstante, se ha analizado que especies presentan menos valores de interés en la adaptación para no considerarlas en la planificación de espacios verdes similares, como es el caso de *Ficus elástica*, *Cyclamen persicum*, *Dianthus caryophyllus*, *Mentha aquatica* y *Plectranthus coleoides*.

Una vez determinado que este jardín puede resultar útil como modelo de adaptación, se han seleccionado una serie de especies complementarias teniendo en cuenta los mismos criterios además de elaborar ejemplos de asociaciones de especies para la distribución del arbolado y la formación de setos o macizos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F., Botias, M., García, R., Rios, S., Rivera, D. & Robledo, A. 2014. Flora básica de la Región de Murcia. 3ª ed. Murcia: soc coop enseñanza Severo Ochoa.
- Asturnatura, Flora. ornamentales [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <https://www.asturnatura.com/asturnaturaDB/Flora/Flora.php>
- Canals, R.M., Cucurull, D., Esteban, J.M., Font, T., Fuentes, S., García, M., González, C., Gonzalvo, I., Parpal, N., Rabella, R. & Vollespinós, F. 2008. Mitigación y adaptación local al cambio climático: Catálogo de propuestas [en línea]. Barcelona: Diputación de Barcelona. [Consulta: 3 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.diba.cat/documents/471041/491757/mediambient-pdf-cambioclimatico-pdf.pdf>
- Castroviejo, S. (coord. gen.). 1986-2012. Flora ibérica 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Charco, J., Alcaraz, F., Carrillo, F. & Rivera, D. 2015. Árboles y arbustos autóctonos de la Región de Murcia. 3ª ed. Ciudad Real: CIAMED. 444 p. ISBN 978-84-606-6936-4
- Costello, L., Mayheny, N. & Clark, J. 1995. Estimación de las necesidades hídricas de las plantas de jardín. Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros [en línea]. 108, 117-127 [consulta: 2 de noviembre 2020]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1995_108_117_127.pdf. ISSN: 1132-2950
- Conesa, E., Alvarez, L., Rosillo, L., Ochoa, J., Ros, J., Vicente, M.J. & Vázquez, G. 2020. Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena. 1ª ed. Cartagena: Crai UPCT ediciones. 92 p. ISBN 978-84-17853-20-4
- Conesa, E., López, A., Martínez, M., Franco, J.A., Martínez, J.J., Ochoa, J. & Vicente, M.J. 2017. Guía del Arbolado de la Ciudad de Cartagena. 1ª ed. Cartagena: Crai UPCT ediciones. 93 p. ISBN 978-84-16325-43-6
- Conesa, E., Parra, A., Zornoza, R., Faz, A. & Gómez, M.D. 2019. Guía de especies vegetales de la cuenca Mediterránea aptas para revegetación: Adecuación para zonas degradadas y contaminadas. Cartagena: Crai UPCT ediciones. 55 p. ISBN: 978-84-17853-02-0
- Contreras, F. 2006. Guía para la programación del riego en jardines de la Región de Murcia [en línea]. Murcia: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). [Consulta: 28 octubre 2020]. Disponible en: https://caamext.carm.es/web-imida/noticias/10_03-marzo.html
- Fernández, F. 2007. Impactos del cambio climático en las áreas urbanas y rurales [en línea]. Boletín de la institución libre de enseñanza. [Consulta: 3 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.divulgameteo.es/fotos/lecturas/Impactos-CC-urbanas-rurales.pdf>
- Flora Vascular de Andalucía Occidental [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <https://www.floravasculardelandalucia.com/index.php>
- Guerra, J., Egea, J.M., Sánchez, P., Cano, M.J., Gallego, M.T., Jiménez, J.A., Jiménez, J.F., Orgáz, J.D., Vera, J.B., Cánovas, J.L., Rios, D., Alonso, M. & López, D. Flora Protegida [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <http://www.floraprotegida.es/index.php>
- Guerrero, J.J., Cáceres, F., Giménez, F. & Moreira, J.M. 2016. Estrategias de adaptación al cambio climático: Basadas en escenarios locales del cambio climático en Andalucía. Córdoba: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Andalucía.
- Gutiérrez, A. & Picatoste, J.R. 2012. Evidencias del cambio climático y sus efectos en España [en línea]. Madrid: Oficina Española de Cambio Climático. [Consulta: 3 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.adaptecca.es/documento/evidencias-del-cambio-climatico-y-sus-efectos-en-espana>

- Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. 1979. Primer Inventario Forestal Nacional [en línea] [Consulta 9 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/primer_inventario_nacional_forestal.aspx
- Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. 2007. Tercer Inventario Forestal Nacional [en línea] [Consulta 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/default.aspx>
- Junta de Andalucía, Actuaciones ante el cambio climático [en línea] [Consulta: 5 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.6ffc7f4a4459b86a1daa5c105510e1ca/?vgnextoid=69ac693aa8465310VgnVCM1000001325e50aRCRD>
- López, G. 2006. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. 2ª ed. Madrid: Mundi-Prensa. 1731 p. ISBN 978-84-84762-72-0.
- López, J.A. (coord. gen.). Región de Murcia digital, Flora de la Región de Murcia [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,1050>
- Martínez, J.J., Franco, J.A. & Colomer, M.J. 2008. Especies silvestres mediterráneas con valor ornamental: selección, viverística y utilización en jardinería. 1ª ed. Murcia: Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Consejería de Agricultura y Agua. 224 p. ISBN 978-84-691-8182-9
- Meseguer, P. & Delgado, J.P. 2018. Unidad didáctica sobre el cambio climático [en línea]. Life adaptate. [Consulta: 5 septiembre 2020]. Disponible en: <http://lifeadaptate.eu/difusion/#workshops>
- Ministerio de Transición Ecológica. Cambio Climático, mecanismos de flexibilidad y sumideros [en línea] [Consulta: 12 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>
- Navés, F. 1995. El árbol en jardinería y paisajismo. 2ª ed. Barcelona: Omega. 760 p. ISBN 978-84-28210-42-3
- Paustian, K. & Ravindranath, N.H. 2006. Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: Capítulo 4 Tierras Forestales. EN: Gytarsky, M., Hiraishi, T., Irving, W., Krug, T. & Penman, J. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero [en línea]. Hayama: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- Peralta, J. Herbario de la Universidad Pública de Navarra [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <https://www.unavarra.es/herbario/index.htm>
- Plataforma sobre la Adaptación al Cambio Climático en España (AdapteCCa), Visor de Escenarios de Cambio Climático. [en línea] [Consulta: 10 octubre 2020]. Disponible en : https://escenarios.adaptecca.es/#&model=egm-multimodel&variable=tasmax&scenariopc85&temporalFilter=YEAR&layers=AREAS&period=MEDIUM_FUTURE&anomaly=RAW_VALUE
- Ruíz-Peinado, R. 2013. Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas forestales: Influencia de la silvicultura en los stocks de carbono [en línea]. Palencia: Instituto Universitario de Investigación y Gestión Forestal sostenible, [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/4437/TESES475-140226.pdf?sequence=1>
- Sánchez de Lorenzo, J.M. Árboles ornamentales [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <https://www.arbolesornamentales.es/>
- Selga, J., Terricabras, A. & Ibero, A. 2012. Guía para la selección de especies de verde urbano: arbolado viario. [en línea]. Barcelona: Diputación de Barcelona. [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: https://llibreria.diba.cat/cat/libro/guia-per-a-la-seleccio-d-especies-de-verd-urba-arbrat-viari_59509

Sistema de Información Agrario de Murcia (SIAM), Informes Agrometeorológicos. [en línea] [Consulta: 26 octubre 2020]. Disponible en: <http://siam.imida.es/apex/f?p=101:1:8805793519482662::NO::>

Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la atmósfera. 2017. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España: Serie 1990-2015 [en línea] [Consulta 8 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/inventario-old.aspx>

Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Nauels, A., Sia, Y., Allen, S., Boschung, J., Bex, V. & Midgley, P. 2013. Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [en línea]. Suiza: IPCC. [Consulta: 5 septiembre 2020]. Disponible en: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

Tigeras, P. (coord. gen.). Arbolapp, Guía de árboles silvestres de la Península Ibérica y las Islas Baleares. Navarra [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <http://www.arbolapp.es/>

Universidad Politécnica de Cataluña, portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC. Impacto de la vegetación en el microclima urbano. [en línea] [consulta: 12 septiembre 2020]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93436/03JMot03de12.pdf>

USDA Forest Service. i-tree Species, selector [en línea] [Consulta: 12 septiembre 2020]. Disponible en: <https://species.itreetools.org/selector/>

Verdaguer, C., Velázquez, I. & Sanz, A. 2015. Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano: Guía metodologica [en línea]. Madrid: Federación Española de Municipios y Provincias. [Consulta: 5 septiembre 2020]. Disponible en: http://oa.upm.es/35571/7/FEMP_Medidas_CCC_Planeamiento_urbano.pdf

Victoria, F. (coord. gen.). 2015. Cambio Climático en la Región de Murcia: Evaluación basada en indicadores [en línea]. Murcia: Observatorio Regional del Cambio climático. [Consulta: 5 septiembre 2020]. Disponible en: http://pehsu.org/wp/wp-content/uploads/cambio_climatico_region_murcia_2016_WEB-2.pdf

Vivers Carex. Jardines llenos de vida, Guía de Plantas [en línea] [Consulta: octubre 2019]. Disponible en: <http://www.carex.cat/es/vivers-carex/empresa.aspx>

IX. ANEXO

ANEXO I. Tabla 17. Listado de árboles (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES								CRITERIOS PAISAJÍSTICOS							
ÁRBOLES DE HOJA CADUCA																
<i>Acer granatense</i>	alta	dir/sem	media	baja	alta		media	baja	<6m	4-6m	media	media			media	alta
<i>Acer monspessulanum</i>	media	dir/semi	media	media	alta		media	media	6-15m	4-6m	media	media			lenta	media
<i>Acer pseudoplatanus</i>	alta	dir/semi	baja	media	alta		media	media	>15m	>6m	densa	grande			rápida	alta
<i>Aesculus x carnea</i>	alta	dir/semi	media	baja	media		media	baja	6-15m	4-6m	densa	grande			media	alta
<i>Aesculus hippocastanum</i>	media	directa	media	baja	media		media	media	>15m	>6m	densa	grande			rápida	alta
<i>Albizia julibrissin</i>	baja	directa	alta	media	baja		baja	media	<6m	4-6m	ligera	pequeña			rápida	corta
<i>Alnus cordata</i>	alta	dir/semi	media	media	alta		media	media	>15m	4-6m	media	media			rápida	media
<i>Bauhinia forficata</i>	baja	directa	alta	media	baja		media	media	<6m	2-4m	media	pequeña			media	media
<i>Bauhinia variegata</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		media	media	<6m	2-4m	media	pequeña			media	media

<i>Broussonetia papyrifera</i>	baja	directa	alta	media	alta		media	media	6-15m	4-6m	ligera	pequeña			rápida	baja
<i>Celtis australis</i>	media	directa	alta	media	alta		alta	media	>15m	>6m	densa	grande			media	alta
<i>Celtis sinensis</i>	media	dir/semi	alta	media	alta		alta	media	>15m	>6m	densa	grande			media	alta
<i>Cercis siliquastrum</i>	media	dir/semi	alta	media	media		media	baja	6-15m	2-4m	media	media			media	media
<i>Corylus colurna</i>	media	semi/som	media	baja	media		media	baja	6-15m	2-4m	media	pequeña			media	media
<i>Crataegus monogyna</i>	media	dir/som	alta	media	alta		media	media	<6m	2-4m	densa	media			media	alta
<i>Cydonia oblonga</i>	media	directa	media	baja	baja		baja	media	<6m	2-4m	media	pequeña			media	baja
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	baja	dir/semi	alta	alta	alta		media	alta	6-15m	2-4m	ligera	pequeña			rápida	media
<i>Erythrina caffra</i>	media	directa	alta	baja	baja		media	media	6-15m	>6m	media	grande			rápida	media
<i>Erythrina falcata</i>	media	dir/semi	alta	media	baja		media	media	6-15m	4-6m	media	media			rápida	alta
<i>Firmiana simplex</i>	media	dir/semi	media	media	baja		media	media	6-15m	4-6m	densa	grande			media	media
<i>Gleditsia triacanthos</i>	media	directa	alta	alta	media		media	media	>15m	>6m	media	grande			media	alta
<i>Juglans regia</i>	alta	dir/semi	media	media	baja		media	baja	>15m	>6m	densa	grande			media	alta
<i>Lagerstroemia indica</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		baja	media	<6m	2-4m	media	pequeña			rápida	media

Tabla 17 (II). Listado de árboles (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES								CRITERIOS PAISAJÍSTICOS							
<i>Melia azedarach</i>	media	dir/semi	alta	media	media		media	media	6-15m	4-6m	media	media			rápida	media
<i>Morus alba</i>	media	directa	media	alta	media		media	alta	6-15m	4-6m	densa	grande			rápida	media
<i>Morus kagayamae</i>	media	directa	alta	alta	media		media	alta	6-15m	4-6m	densa	grande			media	media
<i>Pistacia vera</i>	media	directa	alta	baja	baja		media	media	<6m	2-4m	densa	media			lenta	media
<i>Platanus hispanica</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		alta	media	>15m	>6m	densa	grande			rápida	alta
<i>Populus nigra 'Italica'</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		alta	media	>15m	2-4m	densa	media			media	media
<i>Prunus armeniaca</i>	media	directa	alta	baja	media		media	media	6-15m	2-4m	densa	media			rápida	media
<i>Prunus cerasifera 'Atropurpurea'</i>	media	dir/semi	media	baja	media		media	baja	6-15m	2-4m	ligera	pequeña			rápida	media
<i>Prunus dulcis</i>	baja	directa	alta	baja	baja		media	media	6-15m	2-4m	ligera	pequeña			rápida	media
<i>Punica granatum</i>	baja	directa	alta	alta	baja		media	alta	<6m	2-4m	densa	media			media	media
<i>Pyrus calleryana</i>	media	directa	media	media	media		media	baja	6-15m	4-6m	media	media			media	media
<i>Quercus humilis</i>	media	dir/semi	media	media	alta		media	media	>15m	>6m	media	grande			media	alta
<i>Sophora japonica</i>	media	dir/semi	media	baja	media		media	media	>15m	>6m	media	grande			media	alta
<i>Sophora japonica 'Columnaris'</i>	media	directa	media	baja	baja		media	media	6-15m	2-4m	media	pequeña			media	media
<i>Tamarix africana</i>	media	directa	alta	alta	alta		baja	alta	<6m	2-4m	ligera	pequeña			rápida	media
<i>Tamarix boveana</i>	baja	directa	alta	alta	alta		baja	alta	<6m	2-4m	ligera	pequeña			rápida	media
<i>Tamarix canariensis</i>	media	directa	alta	alta	alta		baja	alta	<6m	2-4m	ligera	pequeña			rápida	media
<i>Tamarix gallica</i>	media	directa	alta	alta	alta		baja	alta	<6m	2-4m	media	pequeña			rápida	media
<i>Tamarix ramosissima</i>	media	directa	alta	alta	alta		baja	alta	<6m	2-4m	media	pequeña			rápida	corta
<i>Ulmus glabra</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		-	baja	>15m	>6m	densa	grande			rápida	alta
<i>Ulmus minor</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		-	baja	>15m	>6m	densa	grande			media	alta
<i>Ziziphus jujuba</i>	media	dir/semi	media	alta	alta		baja	media	<6m	4-6m	media	media			lenta	media
ÁRBOLES DE HOJA PERENNE																
<i>Arbutus andrachne</i>	media	dir/semi	alta	media	alta		baja	alta	<6m	4-6m	densa	grande			lenta	alta

Tabla 17 (III). Listado de árboles (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES								CRITERIOS PAISAJÍSTICOS							
<i>Arbutus unedo</i>	media	dir/semi	alta	media	alta		media	media	<6m	2-4m	densa	media			lenta	alta
<i>Bauhinia purpurea</i>	media	directa	alta	baja	baja		alta	baja	<6m	4-6m	densa	grande			media	media
<i>Brachychiton acerifolius</i>	media	dir/semi	media	baja	media		media	media	6-15m	4-6m	media	media			rápida	alta
<i>Brachychiton discolor</i>	baja	directa	alta	media	media		media	media	6-15m	4-6m	media	media			rápida	media
<i>Brachychiton populneus</i>	media	dir/semi	media	baja	media		alta	media	6-15m	4-6m	media	media			media	alta
<i>Brachychiton rupestris</i>	media	dir/semi	media	media	media		media	media	6-15m	4-6m	media	media			media	media
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	alta	>15m	>6m	media	grande			rápida	media
<i>Casuarina equisetifolia</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	alta	>15m	4-6m	media	media			rápida	alta
<i>Ceratonia siliqua</i>	media	directa	alta	media	alta		alta	media	6-15m	>6m	densa	grande			lenta	alta
<i>Cinnamomum camphora</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		alta	baja	6-15m	>6m	densa	grande			media	media
<i>Citrus aurantium</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		baja	media	<6m	2-4m	densa	media			media	media
<i>Citrus limon</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		baja	media	<6m	2-4m	media	pequeña			media	media
<i>Citrus reticulata</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		media	media	<6m	2-4m	densa	media			media	media
<i>Citrus sinensis</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		media	media	<6m	2-4m	densa	media			media	media
<i>Erica arborea</i>	media	dir/semi	alta	media	media		-	alta	<6m	2-4m	media	pequeña			media	baja
<i>Eriobotrya japonica</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		media	media	<6m	4-6m	densa	grande			media	baja
<i>Ficus elastica</i>	alta	dir/semi	media	baja	baja		media	media	>15m	>6m	densa	grande		-	rápida	alta
<i>Ficus microcarpa</i>	media	dir/semi	media	media	baja		media	alta	>15m	>6m	densa	grande		-	rápida	media
<i>Grevillea robusta</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		alta	media	>15m	>6m	media	grande			rápida	alta
<i>Lagunaria patersonii</i>	media	directa	alta	alta	media		media	alta	6-15m	4-6m	media	media			rápida	media
<i>Laurus nobilis</i>	media	dir/som	alta	baja	alta		media	media	<6m	2-4m	densa	media			lenta	baja
<i>Leucaena leucocephala</i>	baja	directa	alta	alta	media		baja	alta	6-15m	4-6m	media	media			media	media
<i>Ligustrum lucidum</i>	media	dir/som	media	baja	alta		media	media	6-15m	2-4m	densa	media			rápida	baja
<i>Lithraea molleoides</i>	media	dir/semi	alta	baja	baja		baja	media	<6m	2-4m	ligera	pequeña			lenta	alta

Tabla 17 (IV). Listado de árboles (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES								CRITERIOS PAISAJÍSTICOS							
<i>Olea europaea</i>	baja	directa	alta	media	alta		baja	alta	6-15m	>6m	ligera	media			lenta	alta
<i>Parkinsonia aculeata</i>	baja	directa	alta	alta	alta		baja	alta	<6m	>6m	media	grande			media	media
<i>Persea americana</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		alta	media	6-15m	4-6m	densa	grande			lenta	media
<i>Persea indica</i>	media	dir/semi	baja	baja	baja		baja	media	<6m	4-6m	densa	grande			lenta	media
<i>Photinia serratifolia</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		-	media	<6m	4-6m	densa	grande			rápida	baja
<i>Phytolacca dioica</i>	baja	directa	alta	alta	baja		-	alta	6-15m	>6m	densa	grande			media	alta
<i>Quercus ilex</i>	media	dir/semi	alta	media	alta		alta	alta	6-15m	>6m	densa	grande			lenta	alta
<i>Quercus rotundifolia</i>	baja	dir/semi	alta	baja	alta		media	media	6-15m	>6m	media	grande			lenta	alta
<i>Quercus suber</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		alta	media	6-15m	>6m	media	grande			lenta	alta
<i>Quercus virginiana</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		media	media	6-15m	>6m	media	grande			lenta	alta
<i>Schinus lentiscifolius</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	media	6-15m	4-6m	ligera	pequeña			rápida	media
<i>Schinus molle</i>	baja	dir/semi	alta	baja	alta		media	media	6-15m	4-6m	media	media			rápida	media
<i>Schinus terebinthifolius</i>	baja	dir/semi	alta	media	baja		media	alta	6-15m	4-6m	ligera	pequeña			media	media
<i>Sophora secundiflora</i>	media	dir/semi	baja	baja	baja		baja	media	<6m	2-4m	media	pequeña			rápida	media
<i>Spathodea campanulata</i>	media	dir/semi	baja	baja	baja		alta	media	>15m	>6m	media	grande			rápida	alta
<i>Stenocarpus sinuatus</i>	media	dir/semi	media	media	media		media	media	6-15m	4-6m	media	media			media	media

<i>Umbellularia californica</i>	media	dir/som	media	baja	alta		alta	media	6-15m	2-4m	densa	media			lenta	alta
PALMERAS																
<i>Brahea armata</i>	media	dir/semi	alta	media	alta		-	media	6-15m	>6m	media	grande		-	media	alta
<i>Butia capitata</i>	media	dir/semi	media	media	alta		-	alta	6-15m	>6m	ligera	media			media	alta
<i>Butia yatay</i>	media	directa	alta	media	alta		-	alta	>15m	>6m	ligera	media		-	media	alta
<i>Chamaerops humilis</i>	baja	directa	media	media	alta		-	alta	<6m	4-6m	media	pequeña			lenta	alta
<i>Jubaea chilensis</i>	media	dir/semi	media	baja	media		-	media	>15m	4-6m	media	media			media	alta
<i>Phoenix dactylifera</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	alta	>15m	4-6m	ligera	pequeña			lenta	alta

Tabla 17 (V). Listado de árboles (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES								CRITERIOS PAISAJÍSTICOS							
<i>Phoenix reclinata</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		media	media	6-15m	>6m	media	grande			media	alta
<i>Phoenix roebelenii</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		-	media	<6m	2-4m	media	pequeña			lenta	alta
<i>Rhapis excelsa</i>	media	semi	media	baja	baja		-	media	<6m	2-4m	media	pequeña		-	lenta	alta
<i>Sabal palmetto</i>	media	directa	media	media	alta		-	alta	6-15m	4-6m	media	media			lenta	alta
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	media	directa	media	alta	alta		-	alta	6-15m	4-6m	ligera	pequeña			lenta	alta
<i>Trachycarpus fortunei</i>	media	dir/semi	baja	baja	baja		-	media	6-15m	2-4m	media	pequeña			lenta	alta
<i>Washingtonia filifera</i>	baja	dir/semi	alta	alta	alta		media	alta	>15m	>6m	media	grande			media	alta
<i>Washingtonia robusta</i>	baja	dir/semi	alta	alta	alta		media	alta	>15m	>6m	media	grande			media	alta
CONÍFERAS																
<i>Abies pinsapo</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		media	media	>15m	>6m	densa	grande			lenta	alta
<i>Araucaria heterophylla</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		alta	alta	>15m	>6m	media	grande			media	alta
<i>Calocedrus decurrens</i>	media	dir/semi	media	baja	media		baja	media	>15m	2-4m	media	pequeña			media	alta
<i>Cedrus atlantica</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		alta	media	>15m	>6m	media	grande			media	alta
<i>Cupressus macrocarpa</i>	baja	dir/semi	media	media	alta		baja	media	>15m	>6m	densa	grande			rápida	alta
<i>Cupressus sempervirens</i>	baja	dir/semi	media	baja	alta		media	media	>15m	2-4m	densa	media			lenta	alta
<i>Juniperus communis</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		baja	media	6-15m	2-4m	densa	media			lenta	alta
<i>Juniperus oxycedrus</i>	baja	dir/semi	media	baja	alta		baja	alta	<6m	2-4m	densa	media			lenta	alta
<i>Juniperus phoenicea</i>	baja	dir/semi	media	baja	alta		baja	alta	<6m	4-6m	densa	grande			lenta	alta
<i>Juniperus sabina</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		baja	baja	<6m	2-4m	densa	media			lenta	alta
<i>Juniperus thurifera</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		baja	media	6-15m	2-4m	densa	media			lenta	alta
<i>Pinus halepensis</i>	baja	directa	media	baja	media		media	alta	>15m	>6m	media	grande			rápida	alta
<i>Pinus nigra</i>	media	dir/semi	baja	baja	alta		media	media	>15m	>6m	densa	grande			media	alta
<i>Pinus pinaster</i>	media	directa	media	baja	alta		media	alta	>15m	>6m	densa	grande			rápida	alta
<i>Pinus pinea</i>	media	directa	media	baja	alta		media	alta	>15m	>6m	densa	grande			media	alta

Tabla 17 (VI). Listado de árboles (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES								CRITERIOS PAISAJÍSTICOS							
<i>Pinus sylvestris</i>	alta	directa	media	baja	alta		media	baja	>15m	>6m	media	grande			rápida	alta
<i>Taxodium distichum</i>	media	directa	baja	baja	baja		media	baja	>15m	>6m	ligera	media			lenta	alta
<i>Taxus baccata</i>	media	dir/semi	media	baja	alta		baja	media	6-15m	4-6m	densa	grande			lenta	alta
<i>Tetraclinis articulata</i>	baja	directa	media	baja	alta		baja	media	6-15m	4-6m	media	media			lenta	alta

Simbología - Árboles

Especies autóctonas y mediterráneas									
Necesidades medioambientales					Criterios Paisajísticos				
	Necesidades hídricas	baja	media	alta		Altura	pequeña	media	grande
	Exposición al sol	directa	semi-sombra	sombra		Diámetro	pequeña	media	grande
	Resistencia a la sequía	baja	media	alta		Densidad de ramaje	ligera	media	densa
	Resistencia a la salinidad	baja	media	alta		Sombra proyectada	pequeña	media	grande
	Resistencia al viento	baja	media	alta		Valor ornamental (floración o color)	sí		no
	Resistencia a la contaminación	sí		no		Época de floración	primavera	verano otoño	invierno
	Captación de CO ₂	baja	media	alta		Velocidad de crecimiento	lenta	media	rápida
	Cercanía al mar	baja	media	alta		Longevidad	baja	media	alta

ANEXO II. Tabla 18. Listado de arbustos (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES						CRITERIOS PAISAJÍSTICOS												
															A	S	M	Ta	Tr
ARBUSTOS																			
<i>Amelanchier ovalis</i>	media	dir/semi	media	media	media		baja	> 1,5m	> 1,5m					caduca					
<i>Anthyllus cystisoides</i>	baja	directa	alta	media	media		baja	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Asparagus horridus</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Atriplex halimus</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	> 1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	media	directa	media	media	media		baja	> 1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Callistemon citrinus</i>	baja	dir/semi	alta	alta	media		media	> 1,5m	> 1,5m					perenne					
<i>Callistemon viminalis</i>	baja	dir/semi	alta	alta	media		media	> 1,5m	> 1,5m					perenne					
<i>Calluna vulgaris</i>	media	dir/semi	media	alta	alta		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Capparis spinosa</i>	baja	directa	alta	media	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Ceanothus arboreus</i>	baja	dir/semi	media	baja	alta		baja	> 1,5m	> 1,5m					perenne					
<i>Cistus albidus</i>	baja	directa	alta	media	media		alta	0,5-1,5m	<0,5m					perenne					
<i>Cistus monspeliensis</i>	baja	dir/semi	alta	-	media		-	> 1,5m	> 1,5m					perenne					
<i>Cistus salviifolius</i>	baja	dir/semi	alta	-	media		-	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Cistus x purpureus</i>	baja	dir/semi	alta	-	media		-	> 1,5m	> 1,5m					perenne					
<i>Colutea hispanica</i>	media	dir/semi	media	media	media		baja	> 1,5m	> 1,5m					caduca					
<i>Cordylone australis</i>	media	dir/semi	alta	media	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Coriaria myrtifolia</i>	media	dir/semi	media	media	media		baja	> 1,5m	0,5-1,5m					caduca					
<i>Coronilla valentina</i>	media	directa	media	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Cotoneaster horizontalis</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m					caduca					
<i>Daphne gnidium</i>	media	directa	media	media	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Digitalis obscura</i>	baja	directa	alta	media	baja		baja	0,5-1,5m	<0,5m					perenne					
<i>Ditrichia viscosa</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m					perenne					
<i>Duranta repens</i>	media	directa	media	media	media		media	> 1,5m	> 1,5m					perenne					

Tabla 18 (II). Listado de arbustos (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES							CRITERIOS PAISAJÍSTICOS											
															A	S	M	Ta	Tr
<i>Spartium junceum</i>	media	directa	media	baja	media		baja	> 1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Sutherlandia frutescens</i>	media	directa	alta	alta	media		alta	> 1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Thymus hyemalis</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Viburnum tinus</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		media	> 1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Yucca spp</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	> 1,5m	> 1,5m				perenne						
<i>Ziziphus lotus</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	> 1,5m	0,5-1,5m				caduca						
HERBÁCEAS																			
<i>Agapanthus praecox</i>	media	dir/semi	media	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Alyssum saxatile</i>	media	directa	alta	media	media		media	< 0,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Asphodelus albus</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	0,5-1,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Asteriscus maritimus</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Canna indica</i>	media	dir/semi	media	media	baja		baja	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Centaurea seridis</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Cerastium tomentosum</i>	media	directa	alta	alta	alta		alta	< 0,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	0,5-1,5m	< 0,5m				anual						
<i>Coris monspeliensis</i>	media	directa	media	media	media		media	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Crithmum maritimum</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Cyclamen persicum</i>	media	semi	baja	baja	baja		baja	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Dianthus caryophyllus</i>	media	directa	baja	media	baja		baja	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Dianthus plumarius</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		baja	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Dimorphoteca ecklonis</i>	media	directa	alta	alta	media		alta	< 0,5m	< 0,5m				anual						
<i>Diplotaxis harra</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m				anual						
<i>Festuca glauca</i>	media	directa	media	media	alta		alta	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Foeniculum vulgare</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	> 1,5m	> 1,5m				perenne						

Tabla 18 (III). Listado de arbustos (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES							CRITERIOS PAISAJÍSTICOS											
														A	S	M	Ta	Tr	
<i>Gaura lindheimeri</i>	baja	dir/semi	alta	alta	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Gladiolus illyricus</i>	media	directa	media	alta	baja		baja	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Gladiolus italicus</i>	media	directa	media	alta	baja		baja	0,5-1,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Globularia alypum</i>	baja	directa	media	media	media		media	0,5-1,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Helichrysum decumbens</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Helichrysum stoechas</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Hyparrhenia hirta</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m			-	perenne						
<i>Iberis sempervirens</i>	baja	directa	alta	media	media		media	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Iris lutescens</i>	baja	directa	alta	baja	media		baja	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Iris xiphium</i>	media	dir/semi	media	baja	media		baja	< 0,5m	< 0,5m				perenne						
<i>Juncus acutus</i>	alta	directa	media	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Lagurus ovatus</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	< 0,5m	< 0,5m				anual						
<i>Lavandula dentata</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Lavandula lanata</i>	baja	directa	alta	media	media		baja	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Leonotis leonurus</i>	media	directa	alta	media	media		baja	0,5-1,5m	0,5-1,5m				perenne						
<i>Limonium cossonianum</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	0,5-1,5m	< 0,5m				perenne						

<i>Lobularia maritima</i>	media	directa	baja	baja	media		baja	<0,5m	<0,5m			anual				
<i>Lotus creticus</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne				
<i>Lygeum spartum</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m		-	perenne				
<i>Mentha aquatica</i>	alta	dir/semi	baja	alta	media		alta	<0,5m	0,5-1,5m			perenne				
<i>Nepeta mussinii</i>	baja	dir/semi	alta	media	alta		media	<0,5m	0,5-1,5m			perenne				
<i>Osteospermum ecklonis</i>	media	directa	alta	media	media		baja	<0,5m	0,5-1,5m			anual				
<i>Pelargonium zonale</i>	media	dir/semi	media	baja	baja		baja	<0,5m	<0,5m			perenne				
<i>Phagnalon saxatile</i>	baja	directa	alta	media	media		baja	0,5-1,5m	<0,5m			perenne				

Tabla 18 (IV). Listado de arbustos (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES							CRITERIOS PAISAJÍSTICOS											
															A	S	M	Ta	Tr
<i>Phlomis lychnitis</i>	baja	directa	alta	media	media		media	<0,5m	<0,5m			perenne							
<i>Phlomis purpurea</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Phlox drummondii</i>	media	directa	media	media	media		alta	<0,5m	<0,5m			anual							
<i>Piptatherum miliaceum</i>	baja	directa	alta	media	media		baja	0,5-1,5m	0,5-1,5m		-	perenne							
<i>Plectranthus coleoides</i>	media	semi	baja	baja	media		baja	<0,5m	<0,5m		-	anual							
<i>Salvia officinalis</i>	media	dir/semi	alta	media	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Senecio cineraria</i>	media	dir/semi	alta	media	media		baja	0,5-1,5m	<0,5m			perenne							
<i>Solanum nigrum</i>	media	directa	media	media	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m			anual							
<i>Sonchus tenerimus</i>	baja	directa	alta	media	media		media	0,5-1,5m	<0,5m			perenne							
<i>Stipa tenacissima</i>	baja	directa	alta	baja	media		media	<0,5m	<0,5m			perenne							
<i>Strelitzia reginae</i>	media	directa	media	alta	alta		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Thymus serpyllum</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		media	<0,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Tulbaghia violacea</i>	media	dir/semi	media	alta	baja		alta	<0,5m	<0,5m			perenne							
<i>Zygophyllum fabago</i>	baja	directa	alta	alta	media		baja	<0,5m	<0,5m			perenne							
SUCULENTAS																			
<i>Agave attenuata</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		alta	0,5-1,5m	<0,5m			perenne							
<i>Agave desmettiana</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Agave palmeri</i>	baja	directa	alta	media	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Aloe maculata</i>	baja	semi	alta	alta	alta		alta	0,5-1,5m	<0,5m			perenne							
<i>Aloe marlothii</i>	baja	directa	alta	alta	media		media	>1,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Aloe variegata</i>	baja	semi	alta	alta	media		media	<0,5m	<0,5m			perenne							
<i>Aloe vera</i>	baja	dir/semi	alta	alta	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Aloe mitrifomis</i>	baja	dir/semi	alta	alta	media		media	<0,5m	<0,5m			perenne							
<i>Aloe x spinosissima</i>	baja	semi	alta	alta	media		alta	<0,5m	<0,5m			perenne							

Tabla 18 (V). Listado de arbustos (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES							CRITERIOS PAISAJÍSTICOS											
															A	S	M	Ta	Tr
<i>Aptenia cordifolia</i>	baja	dir/semi	alta	alta	alta		alta	<0,5m	-			perenne							
<i>Cotyledon orbiculata</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	<0,5m	<0,5m			perenne							
<i>Crassula multicava</i>	baja	dir/semi	alta	media	alta		media	<0,5m	<0,5m			perenne							
<i>Crassula portulaca</i>	baja	directa	alta	media	media		media	<0,5m	0,5-1,5m			perenne							
<i>Drosanthemum floribundum</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	<0,5m	-			perenne							
<i>Echeveria sp</i>	baja	semi	alta	media	alta		media	<0,5m	<0,5m			perenne							

<i>Euphorbia candelabrum</i>	baja	directa	alta	media	media		media	> 1,5m	> 1,5m			perenne					
<i>Gasteria sp</i>	baja	semi	alta	media	media		media	< 0,5m	< 0,5m			perenne					
<i>Lampranthus spectabilis</i>	baja	dir/semi	alta	alta	alta		alta	< 0,5m	-			perenne					
<i>Mesembryanthemum sp</i>	baja	directa	alta	alta	alta		alta	< 0,5m	-			perenne					
<i>Portulacaria afra</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	0,5-1,5m	0,5-1,5m			perenne					
<i>Sedum sediforme</i>	baja	dir/semi	alta	alta	alta		alta	< 0,5m	< 0,5m			perenne					
<i>Sempervivum tectorum</i>	baja	directa	alta	media	media		media	< 0,5m	< 0,5m			perenne					
CACTUS																	
<i>Cephalocereus senilis</i>	baja	directa	alta	media	media		media	> 1,5m	< 0,5m			perenne					
<i>Cereus sp</i>	baja	directa	alta	alta	media		alta	> 1,5m	0,5-1,5m			perenne					
<i>Chamaecereus silvestrii</i>	baja	dir/semi	alta	media	alta		media	< 0,5m	< 0,5m			perenne					
<i>Cleistocactus strasii</i>	baja	directa	alta	media	media		media	> 1,5m	0,5-1,5m			perenne					
<i>Echinocactus grusonii</i>	baja	dir/semi	alta	alta	media		alta	< 0,5m	0,5-1,5m			perenne					
<i>Echinocereus sp</i>	baja	directa	alta	media	alta		media	< 0,5m	< 0,5m			perenne					
<i>Espositoa lanata</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		media	> 1,5m	0,5-1,5m			perenne					
<i>Hylocereus undatus</i>	media	dir/semi	alta	media	media		media	> 1,5m	0,5-1,5m			perenne					
TREPADORAS																	
<i>Bougainvillea glabra</i>	baja	dir/semi	media	alta	media		alta	> 1,5	-			semi					

Tabla 18 (VI). Listado de arbustos (Guía de Vegetación y Diseño Paisajístico para Adaptación al Cambio Climático, Termino Municipal de Cartagena)

ESPECIE	NECESIDADES MEDIOAMBIENTALES							CRITERIOS PAISAJÍSTICOS										
														A	S	M	Ta	Tr
<i>Bougainvillea hybrida</i>	baja	dir/semi	media	alta	media		alta	> 1,5m	-			semi						
<i>Hardenbergia violacea</i>	media	dir/semi	media	alta	media		alta	> 1,5m	-			perenne						
<i>Jasminum grandiflorum</i>	media	dir/semi	media	alta	baja		media	> 1,5m	-			perenne						
<i>Jasminum nudiflorum</i>	media	dir/semi	media	media	baja		media	> 1,5m	-			caduca						
<i>Jasminum officinale</i>	media	directa	media	media	baja		media	> 1,5m	-			perenne						
<i>Lathyrus clymenum</i>	baja	directa	alta	media	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m			anual						
<i>Lathyrus odoratus</i>	media	dir/semi	media	media	media		media	0,5-1,5m	0,5-1,5m			anual						
<i>Lonicera x heckrottii</i>	media	dir/semi	media	media	media		media	> 1,5m	-			caduca						
<i>Lonicera implexa</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		media	> 1,5m	-			perenne						
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	baja	dir/semi	alta	-	media		baja	> 1,5m	-			caduca						
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	media	dir/semi	media	-	media		baja	> 1,5m	-			caduca						
<i>Plumbago auriculata</i>	media	directa	media	alta	media		alta	> 1,5m	-			perenne						
<i>Quisqualis indica</i>	baja	dir/semi	alta	media	media		baja	> 1,5m	-			perenne						
<i>Vitis coignetiae</i>	media	dir/semi	media	media	baja		baja	> 1,5m	-			caduca						
<i>Wisteria floribunda</i>	media	directa	media	media	baja		baja	> 1,5m	-			caduca						
<i>Wisteria sinensis</i>	media	dir/semi	media	media	baja		baja	> 1,5m	-			caduca						
TAPIZANTES Y CÉSPED																		
<i>Buchloe dactyloides</i>	baja	directa	alta	media	media		media	< 0,5m	-			perenne						
<i>Cynodon dactylon</i>	media	directa	alta	baja	baja		alta	< 0,5m	-			perenne						
<i>Dichondra repens</i>	media	dir/semi	baja	baja	baja		baja	< 0,5m	-			perenne						
<i>Erigeron karvinskianus</i>	media	dir/semi	media	media	media		media	< 0,5m	-			caduca						
<i>Gazania spp</i>	media	directa	media	media	baja		baja	< 0,5m	-			perenne						
<i>Lotus berthelotii</i>	baja	dir/semi	alta	alta	media		alta	< 0,5m	-			perenne						
<i>Paspalum vaginatum</i>	baja	dir/semi	alta	alta	alta		alta	< 0,5m	-			perenne						

