

04-032

### **POTENTIAL OF ESTIMATING THE WATER FOOTPRINT AND CARBON FOOTPRINT IN URBAN GREEN AREAS TO MINIMIZE THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT**

Marin Peira, José (1); Parra , Lorena (2); Mostaza-Colado, David (3); Gandia Toledano, Maria Luisa (3); Mauri Ablanque, Pedro Vicente (3)

(1) AREA VERDE, (2) Universitat Politècnica de València, (3) IMIDRA

Green areas require a large amount of resources, such as water, and maintenance. The emission of greenhouse gases, as well as the high consumption of water, represent a significant environmental impact on these areas. However, there are no studies that estimate the carbon footprint and water footprint of these spaces. The development of a methodology and a protocol for the estimation of both factors is highly necessary. These protocols will make it possible to compare different maintenance and irrigation options and their effect on the water footprint and carbon footprint of green areas. Therefore, in our project, we intend to create a methodology for obtaining, analyzing and improving the water footprint and carbon footprint adapted to green areas. Thus, we are going to (i) Identify the parameters that allow the control of both footprints, (ii) Identify the tasks and irrigation methods that contribute the most to both footprints, (iii) Make a classifiable relationship of patterns of both footprints on different characterizations of green areas, and (iv) develop assessment tools that facilitate a classification based on established patterns.

Keywords: Water management; urban nature; climate change; sensors; turfgrass

### **POTENCIAL DE LA ESTIMACIÓN DE HUELLA HÍDRICA Y HUELLA DE CARBONO EN ZONAS VERDES URBANAS PARA MINIMIZAR SU IMPACTO AMBIENTAL**

Las zonas verdes quieren una gran cantidad de recursos, como el agua, y mantenimiento. La emisión de gases de efecto invernadero, así como el elevado consumo de agua suponen un importante impacto ambiental de dichas zonas. Sin embargo, no hay estudios en los que se realicen estimaciones de la huella de carbono y huella hídrica de estos espacios. La puesta a punto de una metodología y un protocolo para la estimación de ambos factores es altamente necesario. Estos protocolos permitirán comparar distintas opciones de mantenimiento y riego y su efecto en la huella hídrica y huella de carbono de las zonas verdes. Por lo tanto, en nuestro proyecto pretendemos crear de una metodología para la obtención, análisis y mejora de la huella hídrica y huella de carbono adaptada a las zonas verdes. Para ello vamos a: (i) Identificar los parámetros que permitan el control de ambas huellas, (ii) Identificar de las labores y métodos de riego que más contribuyen en ambas huellas, (iii) Confeccionar una relación clasificable de patrones de ambas huellas sobre distintas caracterizaciones de áreas verdes y (iv) Desarrollar herramientas de valoración que permitan facilitar el realizar una clasificación sobre patrones establecidos.

Palabras clave: Gestión hídrica; naturación urbana; Cambio climático; sensores; césped

Correspondencia: Pedro Vicente Mauri Ablanque; pedro.mauri@madrid.org

Agradecimientos: Esta investigación ha sido parcialmente financiada por "Proyecto de investigación de financiación propia del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA) para 2022 y 2023", FOOT PRINT.



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Luchar contra el cambio climático es una preocupación global, y por ello la mayoría de los países encaminan sus políticas a favor de la protección y prevención, reduciendo emisiones. Sin embargo, y a pesar de la dimensión que ha adquirido en las últimas décadas, este impacto ambiental no es la única amenaza de nuestro planeta. De hecho, para determinadas zonas geográficas o actividades existen otras afecciones que son tan relevantes o incluso más, que el Cambio Climático debido a las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero). Es el caso del agua. Los recursos hídricos potenciales de los que dispone el hombre para cubrir sus necesidades son un valor más escaso día a día. El cambio climático tiene una influencia directa en los recursos hídricos. Los impactos se manifiestan en una disminución de la cantidad, así como en alteraciones de la calidad y distribución de los mismos (Iglesias et al., 2005).

La causa principal del cambio climático es la concentración de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera como resultado de las actividades humanas. Al incrementar la capacidad de la atmósfera para retener el calor, este fenómeno, denominado “efecto invernadero”, da lugar al calentamiento global, con aumentos de temperaturas, disminución de precipitaciones o eventos climáticos extremos (Barranco et al., 2018). España según un informe del (WRI) *World Resources Institute*, es uno de los 33 países con una problemática más severa del mundo para el 2040 (Luo et al., 2015)

Las ciudades y las grandes urbes son uno de los principales problemas para el Cambio Climático. Son grandes consumidores de energías, grandes fuentes de emisiones de GEI y expoliadores de gran parte de los recursos hídricos del planeta. España es uno de los países europeos con un gran porcentaje de ciudades urbanizadas, las cuales van creciendo año a año convirtiéndose en grandes consumidores de los recursos del planeta. El incremento de las urbes, el cambio climático y el crecimiento de la población han influido considerablemente en la demanda de agua y en las emisiones de CO<sub>2</sub>

Atendiendo a los problemas indicados anteriormente, este proyecto pretende dar respuesta a la necesidad de metodologías específicas para estimaciones de huella hídrica (HH) y huella carbono (HC) en praderas urbanas. En base a los problemas anteriores se establece que:

- Es esencial calcular la HH y HC de estas superficies para trazar una estrategia y desarrollar unos modelos que nos permitan mejorar la sostenibilidad de estas zonas, minimizando así su impacto ambiental.
- Una aplicación de la HH y HC es clave para la planificación diferenciando zonas verdes ornamentales y deportivas, reduciendo el consumo de agua y las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Su análisis puede proporcionar un marco para optimizar las decisiones en materia de gestión en la conservación y creación de praderas en nuestras ciudades (Urbano et al. 2013).

España es uno de los países europeos que se encuentra en una situación diferente al del resto de países europeos. Se encuentra en la región mediterránea. Según la opinión de numerosos investigadores, el Mediterráneo será una de las áreas más afectadas por el cambio climático a escala mundial y puede ocasionar impactos profundos en los países ribereños del Sur de Europa, entre ellos el nuestro (González and Olcina, 2021)

Desde 1990, la lucha frente a los efectos adversos del cambio climático ha sido una de las prioridades más importantes de la política ambiental mundial y, en particular, de la UE. Tras un largo proceso de negociación, la respuesta internacional ante el reto del cambio climático se ha materializado en dos instrumentos jurídicos:

- La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático adoptada en 1992, que entró en vigor en 1994
- El Protocolo de Kioto, que desarrolla y dota de contenido concreto las prescripciones genéricas de la Convención.

En España, los compromisos medioambientales dictados por la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible han dado visibilidad e importancia a los principales medidores de sostenibilidad, la huella de carbono (HC) y la huella hídrica (HH).

La HC “cálculo de la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto” (Carbon Trust, 2008); es considerada una de las herramientas de cuantificación más importantes puesto que sintetiza de forma más o menos verídica las consecuencias de las actividades humanas en el entorno (Valderrama et al., 2011; Ministerio para la Transición Ecológica, 2014).

La HH es un indicador multidimensional del consumo y contaminación de agua dulce.. Su concepto fue introducido por primera vez en año 2002 por el Dr. Arjen Hoekstra y desde entonces es difundido por la organización Water Footprint Network (WFN).

De forma tradicional se han implementado el cálculo de ambas huellas en los procesos productivos y en las acciones ligadas con la industria. Sin embargo, no hay antecedentes de su aplicación a las áreas verde urbanas cada vez más comunes y extensas en nuestras ciudades. El término de *naturación urbana* fue acuñado por Rudolf (1992) el cual la definió como el tratamiento técnico de superficies horizontales, verticales o inclinadas, con vegetación especialmente adaptada (Neila, Bedoya, & Britto, 1999; Urbano & Briz, 2004), a las condiciones de dichas urbes de la manera más sostenible posible.

Por lo tanto, mediante este proyecto se quiere lograr una herramienta para mejorar la gestión sobre las áreas verdes, a través de la mejora del rendimiento y mantenimiento del riego y su papel como sumideros de CO<sub>2</sub>. Así mismo, el proyecto aporta conocimientos de nuevas tecnologías y el input de estas para dar solución a los problemas planteados. Las nuevas tecnologías para la monitorización de praderas urbanas y áreas verdes ha sido parcialmente desarrollada en diversas publicaciones (Marin et al. 2017; Marin et al. 2021; Parra et al. 2020).

## 2. Objetivos

Para lograr el objetivo general que da título al proyecto “*Modelo para una ágil determinación de HH y carbono sobre áreas verdes. Valoración de impacto para una mayor sostenibilidad sobre naturación urbana*”, se desglosan en 5 Objetivos Específicos (OE) que a su vez su consecución se medirá empleado los siguientes Indicadores de Cumplimiento (IC), ver Tabla 1

- OE 1: Identificar los parámetros baremables que permitan el control de la HH y HC en áreas verdes.
- OE 2: Identificar las labores y métodos de riego que más contribuyen a la HC y HH.
- OE 3: Confeccionar una relación clasificable de patrones de HH y HC sobre distintas caracterizaciones de áreas verdes.
- OE 4: Estimación de los balances hídricos y de CO<sub>2</sub> que se producen.
- OE 5: Desarrollar herramientas de valoración basadas en el empleo de nuevas tecnologías que permitan facilitar el realizar una clasificación sobre patrones establecidos.
- OE 6: Medir el impacto de la evaluación de la HH y HC y de las nuevas técnicas de manejos sobre el cultivo en relación con el mantenimiento tradicional y la sostenibilidad de las áreas verdes.
- OE 7: Transmitir la rentabilidad y la puesta en valor para los conservadores y mantenedores que implementen esta actividad innovadora: Hacer grupos de trabajo con firmas especializadas madrileñas para evaluar el interés y la predisposición de las metodologías propuestas en áreas verdes.

**Tabla 1. Indicadores de Cumplimiento para cada objetivo**

OE	Nombre	Descripción
OE 1	IC 1	Relación de inventariables a incluir para HH y en HC
OE 2	IC 2	Listado de labores y tipologías de riego clasificados
OE 3	IC 3	Nº de patrones clasificables
OE 4	IC 4	Relación de procedimiento considerados
OE 5	IC 5	Nº de herramientas- protocolos elaborados
OE 6	IC 6	% de mejora de la HH y HC
OE 7	IC 7	Nº de organismos públicos/privados contactados

Estos objetivos se relacionan con varios de los objetivos de las Asociaciones Europeas para la Innovación en materia de Productividad y Sostenibilidad Agrícola, y que están perfectamente reflejados en la naturación urbana y la sostenibilidad de las áreas verdes.

### 3. Material y Métodos

#### 3.1 Cálculo de la HC de áreas verdes

##### 3.1.1 Calculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Existen diversas tipologías a la hora de medir las emisiones de CO<sub>2</sub> que afectan a una empresa u organización. La primera mide todas las actividades de una organización, la segunda examina el ciclo de vida de un producto producido. Dado que el objetivo principal del proyecto se centra en el cálculo de la HC de las áreas verdes de una ciudad, considerando tales como áreas cuya gestión está a cargo de un organismo o empresa para dar un servicio a la ciudadanía, se considera para su baremación correcta la primera tipología de medición.

Para realizar esta acción se cuenta con numerosas normas y referencias existentes para su cálculo, como son la Norma ISO 14064 (*Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Especificación con orientación a nivel de las organizaciones para la cuantificación y el informe de las emisiones*) o el GHG Protocol (*Protocolo internacional elaborado por el WRI/WBCSD, para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero*).

Como segundo paso se definirán los límites de las operaciones llevadas a cabo para la gestión de las áreas verdes. Los límites operacionales delimitan qué fuentes de emisiones se

cuantifican. Obligación de incluir todas las emisiones de las actividades bajo el control operacional de la organización (alcances 1 y 2) La huella de la cadena de suministro de todos los inputs de material externo a la organización se establece como un cálculo opcional (alcance 3)

- Alcance 1: Las emisiones directas que ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa.
- Alcance 2: Las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa.
- Alcance 3: Las emisiones son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa u organismo.

Una vez compilados todos los datos de actividades baremales en la gestión de las áreas verdes de una ciudad se aplican las fórmulas de cálculo que se muestra en (1)

$$CO_2 eq = \text{Datos de la actividad} * \text{Factor de emisión} \quad (1)$$

Se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> eq, *Datos de la actividad*: KW consumidos; L combustible consumido, etc, *Factor de emisión*: cuantifica los kg CO<sub>2</sub> eq emitidos por unidad de energía/producto consumido. Especificados en el Inventario Nacional de Emisiones 1990-2019. Finalmente quedaría la verificación que se establece como un paso opcional (ver Figura 1).

**Figura 1: Metodología de cálculo de la HC**



### 3.1.2 Calculo de los sumideros de CO<sub>2</sub>

Dado que se trata de áreas verdes, estas tienen a su vez la parte positiva de que se comportan como sumideros de CO<sub>2</sub> en las ciudades. Por lo tanto, a la hora de calcular el balance total de la HC de dichas es importante introducir su aptitud como sumideros. El planteamiento de la introducción de una metodología de cálculos de sumideros de CO<sub>2</sub> es en la actualidad un planteamiento bastante novedoso y sin mucha bibliografía disponible. Si bien el ministerio de transición ecológica pone a disposición una guía para la estimación de absorciones de CO<sub>2</sub>.

Para dicho cálculo en primer lugar es la realización de un inventario con todo aquello que pueda comportarse como un sumidero. Según el protocolo de Kioto los sumideros de CO<sub>2</sub> se refieren al aumento de carbono almacenado en determinadas áreas como consecuencia de determinadas actividades en el sector de uso de la tierra, cambio del uso del suelo y silvicultura (Arbestain and Pinto, 2004). España informa sobre la forestación, reforestación y deforestación, así como sobre las actividades de gestión complementaria (gestión de pastizales, gestión de tierras agrícolas y la revegetación). La metodología planteada en este caso es la siguiente:

Según la IPCC 2006, "Inventario nacionales de gases efecto invernadero. Asentamientos" los cambios en la biomasa equivalen a la suma de los cambios ocurridos en los tres componentes de las áreas verdes, ver (2). Dichos componentes son árboles, arbustos y zonas herbáceas perennes (césped).

$$\Delta C = \Delta C_{\text{árboles}} + \Delta C_{\text{arbustos}} + \Delta C_{\text{hierbas}} \quad (2)$$

Donde  $\Delta Cárboles$ : acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en árboles en asentamientos que permanecen como tales, tC/año.  $\Delta Carbustos$ : acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en arbustos en asentamientos que permanecen como tales, tC/año.  $\Delta Chierbas$ : acumulación anual de carbono atribuida al incremento de la biomasa herbácea en asentamientos que permanecen como tales, tC/año.

Para el caso de los árboles: el cálculo se basa en la determinación de las absorciones de CO<sub>2</sub> por ejemplar plantado. La complejidad en la determinación de la metodología se debe a la gran heterogeneidad en cuanto al detalle de la información disponible actualmente. Se ha detectado que existe abundante información sobre el crecimiento de algunas especies forestales españolas, mientras que para otras la información es muy escasa. También son diversas las fuentes de información, variando en cuanto al nivel de detalle o datos de partida (3).

$$\Delta Carbol = \Delta Cpie = \sum [Vncc * FC * FEBxD * (1+R)] \quad (3)$$

Donde  $Vncc$ : Volumen maderable con corteza según especie para el año "n" en m<sup>3</sup>.  $FC$ : Fracción de carbono de la materia seca en tC/tm.s, se toma por defecto 0,5.  $FEB$ : Factor de expansión para convertir el incremento neto anual en incremento de biomasa arbórea (sin dimensiones).  $D$ : densidad madera en tm.s/m<sup>3</sup>.  $R$ : Relación raíz-vástago (sin dimensiones). Se obtiene a partir de los datos aportados en el siguiente artículo: R.-Ruiz Peinado, G. Montero, M. del Río, Modelos para estimar las reservas de carbono en la biomasa de especies de coníferas y de frondosas en España, 2014.  $FEBxD$ : Se obtiene para cada especie a partir de datos incluidos en el informe de GEI de España 1990-2012 (2014).

Para el caso de los arbustos: Se emplea el método de cálculo de crecimiento de plantas individuales (Handa and Tsunekawa, 2006). Se puede usar si se disponen de datos sobre la cantidad de plantas leñosas por clases de especies y su acumulación medio de carbono anual, ver (4):

$$\Delta Carbustos = \sum NTij * Cij \quad .. \quad (4)$$

Donde:  $NTij$  = nº de ejemplares de la clase i del tipo perenne j.  $Cij$  = promedio anual de acumulación de carbono por la clase i del tipo perenne j, tC/año por ejemplar.

Para el caso de los pastos: el carbono almacenado en la parte aérea de la vegetación de césped o pasto es muy bajo. Además, en muchos casos la producción se retira anualmente (siega de los pastos), por lo que el reservorio más importante en estos casos es el suelo. Normalmente el incremento se considera 0. Solo se podría tener en consideración el SOC (Soil Organic Carbon), que es el carbono almacenado en el suelo y que no se libera a la atmósfera si no se produce un cambio del uso de la tierra. Su determinación se realiza por análisis de los suelos en laboratorio.

Por tanto, la suma de los stocks de CO<sub>2</sub> de toda biomasa viva en las áreas verdes a estudiar darán información sobre como de importantes son estos reservorios de CO<sub>2</sub> en las ciudades.

### 3.2 Calculo de la HH de áreas verdes

La HH es un indicador medioambiental que mide el volumen de agua dulce utilizado a lo largo de toda la cadena de producción de un bien de consumo o servicio.

Dado que es un concepto de reciente creación fue creado en 2002 por Arjen Hoekstra mientras trabajaba en el Instituto UNESCO-IHE para la Educación relativa al Agua. Más tarde, en 2008, debido al creciente interés de la industria en la HH, fundó la WFN. Los estudios al respecto son escasos y especialmente en lo referente a la gestión de espacios verdes como parque, jardines u áreas deportivas con céspedes. Sin embargo, la cuantificación de la HH consta de una única metodología. La ecuación general según la metodología propuesta por el WFN (Mekonnen and Hoekstra, 2011) (5), ver Tabla 2.

$$HHtotal = R.H directos + R.H indirectos \quad (5)$$

Donde *R.H directos*: recursos hídricos empleados de forma directa para producir un determinado producto o para dar un determinado servicio. Consumidos de forma directa por la organización o empresa. Se pueden medir por kg de producto producido p por un periodo de tiempo determinado para un servicio concreto. (m<sup>3</sup>/kg) o (m<sup>3</sup>/año). *R.H indirectos*: Representa la HH de los bienes, materiales y productos utilizados en las actividades de la organización o de la empresa para producir un producto o dar un servicio. *R.H* se calcula como el sumatorio de tras tres tipologías de aguas (6)

$$R.H = A.A + A.V + A.G \quad (6)$$

Donde *A.A*: Agua azul. Agua dulce proveniente de fuentes de agua superficiales o subterráneas, como el agua proveniente del Canal de Isabel II que suministra a gran parte de la ciudad de Madrid. En el caso de uso de aguas regeneradas provenientes de una EDAR para el riego a áreas verdes, se debería multiplicar por un factor de corrección para la disminución del impacto de esta huella, según los principios de economía circular. *A.V*: Agua verde. Agua dulce que proviene de lluvia, nieve, granizo, etc. Incorporada a un producto o a un servicio. *A.G*: Agua gris. Agua necesaria para diluir los contaminantes producidos en un sistema productivo. En el caso de las áreas verdes no se considera que tengan agua gris en su HH.

**Tabla 2: Usos directos e indirectos del agua con cada una de las tipologías descritas**

Uso directo del agua	Uso indirecto del agua
A.A: riegos de las áreas verdes.	A.A: HH de inputs usados en la gestión de las áreas verdes.
A.V: Precipitación media en la ciudad.	A.V: No se considera.
A.G: No se considera.	A.G: Solo se considera si se dispone de información.

La metodología de cálculo para HH contará con cuatro fases. Dichas fases se describen en la Figura 2. En el presente proyecto se pretende llegar de manera satisfactoria hasta la cuantificación de la HH de las áreas verdes de las ciudades para posteriormente poder aplicar un análisis de sostenibilidad.

**Figura 2: Metodología de cálculo de la HH**



## 4.Resultados y discusión

Los resultados del Proyecto se están alcanzando en una primera fase, mediante la elaboración de hojas de cálculo específicas que faciliten la posibilidad de recoger los datos de distintas instalaciones de áreas verdes para su análisis y valoración, esto permitirá que posteriormente se puedan difundir en forma de Informes y presentaciones.

### 4.1 Herramienta para el cálculo de la HC

Desarrollo de las herramientas de cálculo para las emisiones de GEI dentro de la gestión de un área verde. En la Figura 3 se puede ver el desarrollo de dicha herramienta. Dicha calculadora está asociada a una base de datos para la determinación de los FE (Factores de Emisión) actualizada según la IPPC 2022.

**Figura 3: Herramienta para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

COMBUSTIBLE CONSUMIDO				
Vehículo o flota de vehículos	Tipo de Combustible	Factor emisión (kg CO <sub>2</sub> /ud) <sup>(1)</sup>	Cantidad comb. (L)	Emisiones parciales (kg CO <sub>2</sub> )
VEHICULO O MAQUINARIA DE MANTENIMIENTO	Gasolina (l)	2.196		
VEHICULO O MAQUINARIA DE MANTENIMIENTO	Gasóleo A (l)	2.539		
VEHICULO O MAQUINARIA DE MANTENIMIENTO	Gasóleo B (l)	2.708		
GENERADORES ELECTRICIDAD				
OTRAS ACCIONES				

  

ELECTRICIDAD EDIFICIOS				
Edificio / Sede	Nombre de la comercializadora suministradora de energía	Dato de consumo (kWh)	Factor emisión (kg CO <sub>2</sub> /kWh)	Emisiones parciales (kg CO <sub>2</sub> )
<b>edificio</b>				<b>emisiones</b>
Edificio sede	FENIE ENERGÍA, S.A.		0.00	0.00
<b>Iluminación exterior</b>				
<b>maquinaria mantenimiento</b>				
<b>Bombas riego</b>				

Con dicha herramienta se pretende realizar los cálculos de las emisiones pertenecientes al alcance 1 y al alcance 2 que genera la gestión de las áreas verdes urbanas.

Dado que se trata de áreas verdes las cuales se consideran a su vez potenciales sumideros de CO<sub>2</sub>, se ha desarrollado de forma paralela una herramienta para el cálculo del secuestro de CO<sub>2</sub> en dichas áreas como se puede ver en la Figura 4.

**Figura 4: Herramienta para el cálculo de los sumideros de CO2**

ID sumideros C	nº de Pies	Vncc(m3)	Fc(tC/tm.s)	FEB*D(tm.s/m3)
<i>Abies alba</i>				0,61
<i>Pinus halepensis</i>				0,74
<i>Pinus nigra</i>				0,64
<i>Pinus pinaster</i>				0,55
<i>Pinus pinea</i>				0,73
<i>Pinus uncinata</i>				0,61
<i>Pinus silvestris</i>				0,62
<i>otras coníferas</i>				0,62
<i>Alnus glutinosa</i>				0,62
<i>Betula pendula</i>				0,73
<i>Castanea sativa</i>				0,75
<i>Eucalyptus sp</i>				0,81
<i>Fagus sylvatica</i>				0,83
<i>Populus nigra</i>				0,53
<i>Ponulus tremula</i>				0,66
<i>Quercus ilex</i>				1,28
<i>Quercus pyrenaica</i>				1,1
<i>Quercus suber</i>				1,1
<i>Ulmus minor</i>				0,90
<i>Otras frondosas</i>				0,73

  

ID sumideros C	nº de Pies	N*Tij	Cij
<i>Buxus spp.</i>			0,5-0,2
<i>Ligustrum vulgare</i>			0,5-0,2
<i>Rosa sp.</i>			0,5-0,2
<i>Thuja</i>			0,5-0,2

Se pretende realizar los inventarios florísticos de todas las especies vegetales contenidas en las áreas de estudio para así realizar el cálculo de las tCO<sub>2</sub> /ha y año que secuestran dichas áreas.

#### 4.2 Herramienta para el cálculo de la HH

Desarrollo de las herramientas de cálculo para la HH dentro de la gestión de las áreas verdes. En la Figura 5 se puede ver el desarrollo incipiente de tal herramienta.

**Figura 5: Herramienta para el cálculo de la A.A y A.V**



Según el número de instalaciones, procesos o áreas en los que tenga subdividida y caracterizada su operación, rellenar el número de celdas correspondientes.

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO												PROD. TOTAL unidades	AGUA INCORPORADA (lt)		
	INFORMACIÓN DE PRODUCCIÓN															
PROCESO/ÁREA	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12				
Indique en las siguientes celdas las cantidades de las principales materias primas utilizadas en su proceso productivo o para la producción de su servicio en las unidades solicitadas para cada una de ellas																
MATERIA PRIMA CONSUMIDA	UNIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	CONSUMO TOTAL (ttrs/año)	Factores (HH/ttrs)	HH(ttrs)
USO DE COMBUSTIBLE																
Diesel	lttrs														0	
Biodiesel	lttrs														0	
MATERIALES FITOSANITARIOS																
FUNGICIDA	lttrs														0	
HERBICIDA HOJA ANCHA	lttrs														0	
	lttrs														0	
ABONOS																
AMINOÁCIDOS 2% SL	kg o ltr														0	
	kg o ltr														0	
	kg o ltr														0	
ENERGÍA ELÉCTRICA																
PROCESO O ÁREA	UNIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	CONSUMO TOTAL (kW/año)	Factores (HH/kW)	HH(ttrs)
Energía eléctrica	kW/mes														0	
															0	
															0	
Precipitación por meses (mm)																
MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	TOTAL (mm/año)	TOTAL (lttrs/año)			
2019																
2020																
2021																
2022																
Evapotranspiración del cultivo (ETc)																
UNIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	TOTAL (lttrs/año)			
kc																
Eto																
Necesidades hídricas (lttrs/mes)																
Precipitación (lttrs/mes)																
si N.H< Pr = Dotación de riego																

Los resultados del Proyecto, que se difundirán en forma de Informes, presentaciones en Congresos y publicaciones en revistas especializadas, se prevé que sean los siguientes. La contribución que se plantea para lograr los objetivos del proyecto está fundamentada en varias líneas de resultados, los principales resultados que se espera generar son:

- 1. Evaluación de la viabilidad en el establecimiento de distintos parámetros de seguimiento de HC y HH sobre las diferentes parcelas de ensayo.
- 2. Establecimiento de un sistema de medición e implantación de distintas variables a control sobre las parcelas piloto como metodología de control de HC y HH.
- 3. Detección de los retos que los profesionales del sector consideran más relevantes para la introducción de parámetros de cultivo a control e identificación de soluciones con la elaboración de una breve guía de recomendaciones indicando las ventajas de este manejo.
- 4. Evaluación del impacto sobre el mejor manejo de recursos y rentabilidad del sistema sobre la sostenibilidad en el cultivo de céspedes.
- 5. Establecimiento y consolidación de lazos entre científicos, técnicos y profesionales del sector mediante reuniones de intercambio de puntos de vista y difusión de los resultados del proyecto.

Los resultados contribuyen directamente en la mejora del medio ambiente, y en la mejora de la gestión y el mantenimiento de las áreas verdes en nuestra comunidad. Estos resultados permiten de tener todos los datos de balances hídricos y de carbono de las superficies verdes, así como encontrar y resolver todos los problemas que influyen de una manera directa o indirecta en la HH y HC. Esto nos lleva a utilizar las cantidades imprescindibles de agua y reducir la contaminación.

Por otro lado, el proyecto desarrollará una línea de resultados que será una base de datos necesaria para controlar los recursos hídricos de las áreas verdes. Unos datos que ayudaran a planificar más espacios verdes con una plataforma de uso inteligente de todos los inputs implicados en el desarrollo urbano

Los resultados derivados del presenta del proyecto tendrán una repercusión en distintos aspectos de la sociedad. Los principales impactos del proyecto se detallan a continuación divididos en tres grandes aspectos.

#### 4.1 Impacto Económica:

En primer lugar, identificar los manejos adecuados para cada zona que disminuyan su HC implica una disminución del uso de combustibles fósiles. Un menor uso de combustibles suele

estar relacionado con una mejor planificación de las labores de mantenimiento que permita reducir el número de labores ejecutadas en el terreno. Dicha reducción implica a su vez una menor carga de trabajo. Ambos hechos, suponen en si mismos una reducción en los costes de mantenimiento de las zonas verdes.

En segundo lugar, la reducción de la HH asegura una mayor eficiencia en el uso del agua. La HH debe integrarse en los análisis económico-ambientales. La valoración monetaria de los gastos de agua, beneficios y daños causados por el riego es más eficaz cuando tenemos una buena estimación y cuantificación de los recursos hídricos. En la mayor eficiencia del agua se destaca la selección de la fuente de agua con menor impacto en la HH, y la reducción del volumen de agua empleado en el riego. El uso preferente de agua gris o verde en el riego, además de ser obligatorio en muchos casos, supone una reducción del coste del recurso. Por otro lado, disminuir el volumen de agua, sea cual sea su origen, implica un menor coste.

#### **4.2 Impacto Medioambiental:**

La sostenibilidad de la HH nos permitirá estudiar el balance y la cuantificación entre el agua de riego suministrada y el agua disponible. A través del cálculo de la HH nos aproximamos a los valores reales de las demandas de recursos hídricos de las áreas verdes de nuestra comunidad y país. Esta información permite controlar las reservas hídricas y proteger el medio ambiente. Esta vinculación puede determinar factores como la escasez o contaminación del agua, pero también puede permitir una mejora en la gestión del agua. Considerando el cálculo y las interpretaciones de la HH urbana se puede considerar esta última como un componente fundamental a la hora de tomar decisiones en relación con el tema del agua, y la sostenibilidad del desarrollo urbano. Esto implica utilizar las cantidades imprescindibles de agua, reducir la contaminación en el proceso de mantenimiento de las áreas verdes y evitar el efecto del agua gris. Finalmente, podemos decir que la HH influye en la sostenibilidad ambiental con dos beneficios, por un lado, se espera una reducción en los gastos en agua de riego con las estrategias nuevas y por otro un aumento considerable en la plantación de áreas verdes que tienen la capacidad natural de disminuir la contaminación en las ciudades modernas.

En cuanto a la reducción de la HC, supone que las zonas verdes dispondrán de un mejor balance de CO<sub>2</sub> y actuarán como sumidero de carbono. Esto tiene impactos directos en la calidad del aire y en la reducción del calentamiento global.

#### **4.3 Impacto Social:**

En cuanto a la opinión pública, las zonas verdes son conocidas por ser zonas con una elevada demanda recursos naturales. Si se desarrollan herramientas que permitan mejorar su sostenibilidad y se muestra a la ciudadanía, esta será consciente del cambio de tendencia. Podrán ver como las zonas verdes, con el manejo adecuado, actúan como sumideros de carbono y que permiten una mejora en la calidad del aire. Así mismo, serán partícipes de los esfuerzos realizados para la mejora de su HH.

La aplicación del concepto HH en el diseño de las ciudades verdes puede ayudar a ecologizar las ciudades (naturación urbana) sin aumentar la presión sobre el gasto en agua azul. Estas estrategias del estudio del balance hídrico permiten más superficies verdes en las ciudades mejorando el bienestar de los ciudadanos.

### **5. Conclusiones**

El desarrollo de un modelo ágil de determinación de HC y HH en las áreas verdes de las zonas urbanas posibilitará dar a la sociedad una información que cada vez es más demandada por la ciudadanía. Con dicha información se podrá posibilitar una toma de decisiones a nivel más eficiente de uso de recursos. Además, la valoración de los balances ambientales a corto y largo plazo darán una información valiosa sobre la dirección a tomar en las sucesivas campañas. Se tendrá establecida una coordinación de cara al completo

desarrollo de tareas, manteniendo para ello un seguimiento continuo de las acciones planteadas en el proyecto en todas sus fases año tras año.

## 6. Referencias

- Arbestain, M. C., & Pinto, M. (2004). Los sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto. *Edafología*, 11(1), 27-36.
- Barranco, L.M., Dimas, M., Jiménez, A., Estrada, F., 2018. Nueva evaluación del impacto futuro del cambio climático en los recursos hídricos en España. *Ingeniería Civil* 34–55.
- Carbon Trust (2008), “About the carbon trust”. Disponible en: [www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk) (último acceso en 24/04/2022).
- González, J., Olcina, J., 2021. Cambio climático en el mediterráneo. Riesgos, políticas y déficit de gobernanza. pp. 311–345.
- Handa, M., Tsunekawa, A., 2006. Jennifer C. Jenkins (Estados Unidos), Hector Daniel Ginzo (Argentina), Stephen M. Ogle (Estados Unidos), y Louis V. Verchot (ICRAF/ Estados Unidos).
- Iglesias, A., Estrela, T., Gallart, F., 2005. Impactos sobre los recursos hídricos. Evaluación Preliminar de los Impactos en España for Efecto del Cambio Climático 303–353.
- Luo, T., Young, R., & Reig, P. (2015). Aqueduct projected water stress country rankings. Technical Note, °16.
- Marín, J., Fernando, J, Salima, Y, Parra, L. & Mauri, P.V. (2021, July). Water footprint of green nature urban and its impact on the sustainability of our cities. In 2021 25th International Congress on Project Management and Engineering. (pp. 1243-1256)
- Marín, J., Rocher, J., Parra, L., Sendra, S., Lloret, J., & Mauri, P. V. (2017, October). Autonomous WSN for lawns monitoring in smart cities. In 2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA) (pp. 501-508). IEEE.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 1577–1600. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- Menon, S. (2019). Modelling the Sequestration Potential of Urban Carbon Sinks: A Case Study of Fairfax County, VA.
- Ministerio para la Transición Ecológica, 2014. Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización (Guía No. 280-14-241–8). Ministerio para la Transición Ecológica.
- Neila, F. J., Bedoya, C., & Britto, C. (1999). Arquitectura bioclimática y naturación urbana. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 241-266). España: Mundi-Prensa.
- Parra, L., Marin, J., Yousfi, S., Rincón, G., Mauri, P. V., & Lloret, J. (2020). Edge detection for weed recognition in lawns. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105684.
- Rudolf, W., Malhau, M., & Merino, M. (1995). Naturación urbana. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 761, 10141016. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1131>

Urbano, B., & Briz, J. (2004). Investigación de mercados de Naturación. In J. Briz (Ed.), Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental (pp. 81–101). España: Mundi-Prens

Urbano-López de Meneses, Beatriz. (2013). Naturación urbana, un desafío a la urbanización. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 19(2), 225-236. <https://doi.org/10.5154/r.chscfa.2013.01.004>

Valderrama, J.O., Espíndola, C., Quezada, R., 2011. Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. Form. Univ. 4, 3–12. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062011000300002>

### Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

