

04-009

CROP COEFFICIENTS ANALYSIS FOR GREEN WALLS

Segovia Cardozo, Daniel Alberto⁽¹⁾; Rodríguez Sinobas, Leonor⁽¹⁾; Zubelzu Mínguez, Sergio⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Madrid

Green walls are increasingly popular in large cities, not only because of the landscaping and the decorative features they provide, but also, for the environmental and comfort benefits it generates. Due to its singularities (mainly verticality), it presents a peculiar irrigation that requires techniques and specific technologies to achieve a good distribution of water. The present work, pretend to determine the landscape coefficient (Kj), which allows to quantify the water needs of the garden for irrigation management; proposing a methodology based on the water balance, considering the equations proposed by the FAO to determine the reference evapotranspiration (ET_o) and garden water requirement (ET). Obtaining as a result a variable water consumption, depending on the microclimate, with a K_j ini = 0.32 in winter, a K_j mid = 0.6 in summer and an end K_j = 0.36.

Keywords: green wall; crop coefficient; irrigation

ESTUDIO DE COEFICIENTES DE CULTIVO EN JARDINES VERTICALES

Los jardines verticales son cada vez más populares en las grandes ciudades, no solo por las características paisajistas y decorativas que estos brindan; sino también por los beneficios ambientales y de confort que generan. Debido a sus singularidades (verticalidad principalmente), presentan un riego peculiar que requiere de técnicas y tecnologías específicas para lograr una buena distribución del agua. El presente trabajo, busca determinar el coeficiente de jardín (K_j), que permita cuantificar las necesidades hídricas del jardín para el manejo del riego; a través de una metodología basada en el balance hídrico, considerando las ecuaciones propuestas por la FAO para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y la evapotranspiración del jardín (ET). Obteniendo como resultado un consumo hídrico variable, en función del microclima, con un K_j inicial=0,32 en invierno, un K_j medio=0,6 en verano y un K_j final = 0,36.

Palabras clave: jardín vertical; coeficiente de cultivo; riego

Correspondencia: Sergio Zubelzu; sergio.zubelzu@upm.es



©2018 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

De acuerdo con Pérez-Urrestarazu, et al. (2014), el incremento de la población sumado al incremento de la tendencia migratoria desde las zonas rurales a las zonas urbanas del planeta, generan la concentración de la población en las grandes ciudades, donde cada metro cuadrado de la superficie busca ser aprovechado. La presión por expansión recae sobre las áreas verdes, que disminuyen en favor de las edificaciones, produciendo un desequilibrio ambiental que favorece, entre otros: el incremento de la temperatura, la concentración de la contaminación (Egea, et al., 2014).

Ante la necesidad de vegetación Urbana, se ha buscado otras superficies disponibles (muros, fachadas, cubiertas de edificios, tejados, etc.), dando lugar a un nuevo tipo de naturación urbana (fachadas verdes, jardines verticales, tejados verdes, cubiertas vegetales, etc.), que crece, cuelga y se desarrolla sobre las estructuras de las ciudades (Minke, 2014).

La popularidad de los jardines verticales ha incrementado en los últimos años. Considerando que entre sus beneficios se encuentran: favorecer el ecosistema (genera alimento, hábitat para la fauna), beneficios medioambientales, estéticos, energéticos, climáticos (exterior o interior), de confort, disminuir la contaminación (atmosférica, lumínica, acústica, etc.). Así mismo, las zonas verdes disminuyen el estrés y promueven una población más saludable (Lobaccaro & Acero, 2015; Duarte, et al., 2015), tanto de manera corporal como emocional. Por todo ello, los jardines verticales se han expandido en el paisaje urbano (Alcázar, Olivieri & Neila, 2016; Djedjig, Bozonnet & Belarbi, 2016; Kaloustian & Diab, 2015).

Las especies vegetales de un jardín necesitan cubrir ciertos requerimientos básicos como: tener un medio en el cual crecer, sostenerse y alimentarse (sustrato), exposición solar (ya sea en mayor o menor grado), cuidados, protección y sobre todo como fuente de vida: el agua (Pérez Urrestarazu, et al. 2014).

Han sido numerosos los trabajos que estudiaron los beneficios de los jardines verticales, sin embargo, son pocos los que han estudiado su riego (como los realizados por Montero et al. 2014; Pérez Urrestarazu, Egea, & Fernández, 2014 y Ayuso, 2016), desde el punto de vista de la uniformidad, de la distribución y la Eficiencia del uso del agua; considerando un entorno donde los recursos hídricos son cada vez más escasos, de peor calidad y caros.

Montero et al. (2014), realizaron un experimento que demostró que la orientación del jardines afecta el consumo hídrico, debido a que es distinta la exposición solar, siendo los paneles sur y este los de mayor consumo, triplicando el consumo del panel con menor exposición solar (norte). Ayuso (2016) realizó un estudio del consumo hídrico en un jardín vertical hidropónico, utilizando un lisímetro de pesada determino el consumo diario del mismo, el cual resulto ser muy variable y dependiente de múltiples factores. Pérez-Urrestarazu, Egea, y Fernández (2014) evaluaron la uniformidad de riego en un jardín vertical hidropónico, a través de una cámara termografía, concluyendo que son sistemas complejos desde el punto de vista del riego, además demostraron que los riegos cortos y de mayor frecuencia disminuyen la percolación y mejorar la uniformidad.

La aplicación de riegos en jardines verticales es distinta a la convencional, debido a las características propias de este sistema, el agua se mueve de manera vertical (se produce percolación) y presenta la dificultad de atender diferentes necesidades hídricas. Así mismo, el método de riego es una mezcla entre riego localizado y de gravedad. Cada tipo de jardín vertical, requiere un sistema de riego distinto, donde las técnicas, sistemas y criterios aplicados a los sistemas tradicionales, son difícilmente extrapolables a los jardines verticales (Pérez Urrestarazu, Egea, & Fernández Cañero, 2014). Es necesario incrementar el conocimiento científico en el riego de estos sistemas, buscando mejorar su diseño,

incrementar la uniformidad del riego y optimizar el uso del agua siendo conscientes de la incertidumbre que existe sobre este recurso. Este trabajo pretende contribuir y disminuir la incertidumbre que existe en el regadío de jardines verticales, proponiendo un procedimiento que permite de alguna manera cuantificar su consumo hídrico y planificar el riego.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es adecuar metodologías utilizadas en sistemas de agricultura y jardinería tradicional a la jardinería vertical, desarrollando un procedimiento que permite determinar un coeficiente de jardín (Kj), a partir de una relación entre la evapotranspiración del jardín vertical (ET) con una evapotranspiración potencial (ET_o) tradicional, que permita: el normal desarrollo de las especies vegetales, un manejo adecuado del riego en función a la demanda general del jardín (ET) y su variación temporal; que permita la planificación, programación y manejo del riego en un jardín vertical.

3. Metodología

3.1. Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el jardín vertical montado sobre la fachada con orientación este del edificio itd-UPM (Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano), dentro de la Ciudad Universitaria en Madrid, España. Geográficamente se localiza a 40° 26' 34'' de latitud norte y a 3° 43' 41'' de longitud oeste, con una elevación de 636 msnm. El clima de Madrid se puede considerar de transición entre el clima semiárido frío y el clima mediterráneo. Clima seco y sin demasiadas precipitaciones a lo largo del año, con veranos calurosos e inviernos fríos (AEMET, 2011).

3.2. Descripción del jardín vertical

El jardín vertical estudiado está formado por contenedores individuales (168 macetas plásticas de 1330 cm³), que limitan el movimiento horizontal del agua por gradiente de potencial matricial entre zonas con distinto contenido de humedad en el jardín, siendo el movimiento del agua en el sustrato prácticamente vertical descendente debido a la percolación desde las macetas superiores a las inferiores, generando una variabilidad adicional en el agua que recibe cada planta.

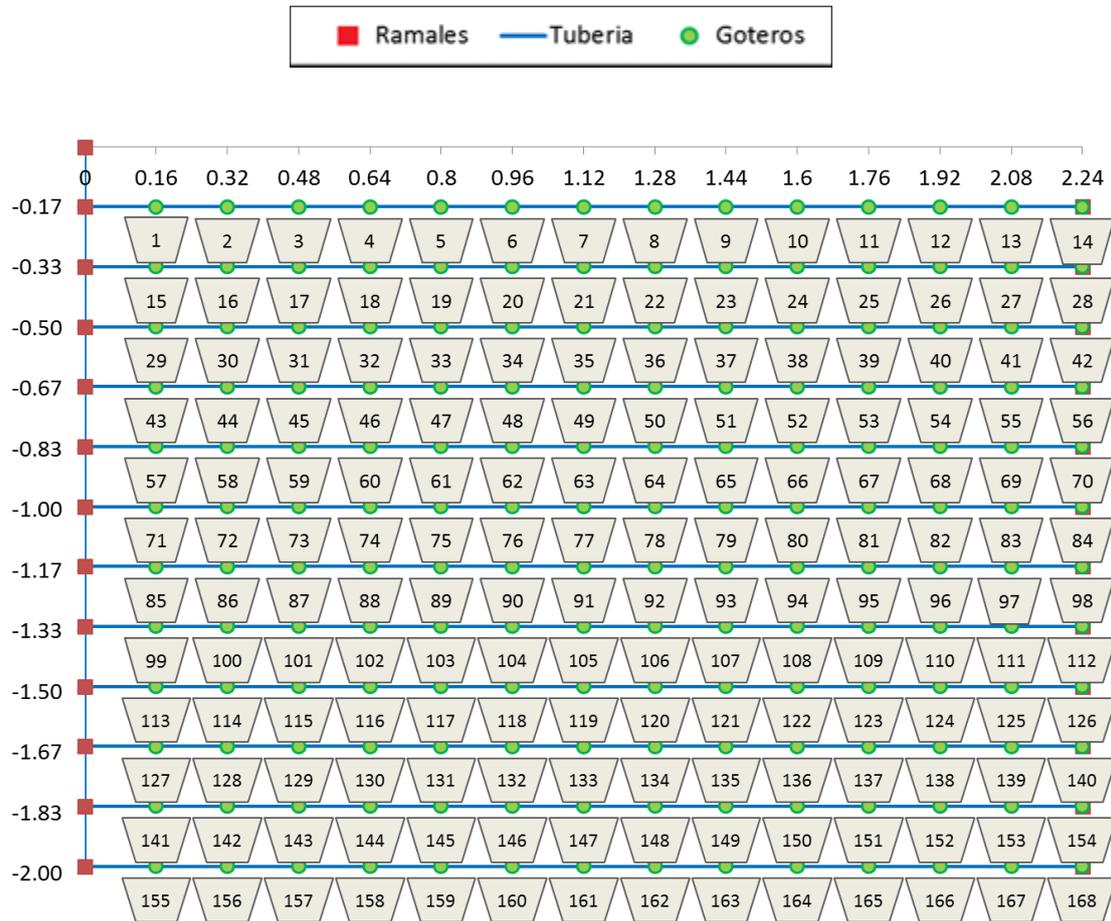
El jardín cubre una superficie vertical de 4,44 m², con macetas dispuestas en una matriz formada por 14 columnas y 12 filas. El jardín en su conjunto está compuesto por: una unidad de riego, una estructura de soporte, un sistema de desagüe que recoge el agua en la parte inferior de las columnas (No se tiene un sistema de recirculación, por lo que toda el agua percolada se considera como perdida); un sustrato orgánico-mineral formado por turba rubia, negra, fibra de coco, perlita, vermiculita, humus de lombriz y diatomita; y finalmente las especies vegetales (siete especies distintas: *Carex oshimensis*, *Cineraria marítima*, *Cyrtomium falcatum*, *Lampranthus spectabilis*, *Luzula nívea*, *Tulbaghia violácea* y *Vinca minor*) distribuidas de manera aleatoria sobre la superficie del jardín.

3.3. Características del Sistema de riego

El riego está programado con un controlador digital horario, que abre y cierra una electroválvula en función del tiempo de riego asignado. El agua del sistema es conducida por una tubería de alimentación de 16 mm (diámetro que no varía en el resto de tuberías) y 21,2 m de longitud, una tubería porta ramal de 1,98m de longitud ubicada perpendicularmente a la anterior, de donde se alimentan doce ramales de riego separados entre sí a 16,5cm (uno por cada fila horizontal de macetas), con una longitud de 2,24m cada

uno. Cada ramal alimenta 14 goteros con caudal nominal de 2 l/h, separados cada 16cm (un gotero por maceta), haciendo un total de 168 goteros en el jardín, con un caudal teórico total de 336 l/h. Como se aprecia en el esquema de la Figura 1.

Figura 1 Esquema de la red de distribución de riego.



3.4. Obtención de datos climáticos

Se utilizaron los datos climáticos extraídos de dos estaciones meteorológicas próximas al jardín: La estación meteorológica ubicada en el propio edificio del itd – UPM, y la estación meteorológica E.T.S.I.A.A.B., ubicada sobre el edificio central de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica Alimentaria y de Biosistemas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

3.5. Evapotranspiración del jardín

La evaporación es un proceso por el cual el agua pasa de fase líquida a vapor, desde la superficie a la atmósfera, por otra parte la transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos vegetales y su transporte a la atmósfera. La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay forma sencilla de separar ambos procesos, por esta razón, al flujo de vapor de agua desde una cubierta vegetal se le denomina: Evapotranspiración. La proporción de evaporación y transpiración en un cultivo cambia según las diferentes fases de desarrollo y crecimiento del mismo, describiendo una curva a lo largo del tiempo (Ayuso, 2016).

Para una gestión adecuada del agua en un jardín vertical, se debe conocer sus necesidades hídricas, por tanto se utilizó la ecuación del balance hídrico (entradas = salidas), con la finalidad de determinar la ET. El balance hídrico consiste en identificar las entradas y salidas del flujo de agua en la zona ocupada por las raíces en un determinado intervalo temporal (Ecuación 1), por lo que se cuantifico tanto las entradas en el sistema (lluvia o riego) como las salidas (evapotranspiración y drenaje).

$$P + R = ET + Es + D + Fs \pm \Delta W \quad (1)$$

En las condiciones del jardín se identificaron como entradas: el agua aportada por el riego (R) y la precipitación (P). Como salidas: además de ET (variable estudiada), la percolación (D) y la variación del almacenamiento de agua en el sustrato (ΔW). Se despreciaron el agua de escorrentía (Es) y el agua de flujo subsuperficial (Fs) ya que en las condiciones del jardín su efecto es nulo (Ecuación 2).

$$ET = R + P - D \pm \Delta W \quad (2)$$

Para medir R se utilizó un caudalímetro de chorro múltiple, con una precisión de $\pm 0,00005 \text{ m}^3$. La P fue medida por las estaciones meteorológicas anteriormente mencionadas y se ajustó en función de la superficie expuesta. La D se midió en el sistema de desagüe con una probeta cilíndrica graduada, con un error de medida de $\pm 1,3 \text{ ml}$ y la ΔW Se determinó como diferencia de las medidas del contenido de humedad (θ) realizadas cada 15 días con un sensor de humedad (TDR). Todas la mediciones fueron realizadas de manera diaria (a excepción de ΔW) durante un periodo de evaluación que duro 106 días entre marzo y junio.

3.6. Evapotranspiración potencial

Se utilizó la evapotranspiración de referencia recomendada por Allen et al. (1998), en el Manual FAO nº 56 que se determina con la ecuación de Penman-Monteith (Ecuación 3).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (3)$$

Dónde: ET_o (mm/d), R_n es radiación neta en la superficie de la planta ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), G el flujo térmico del suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), T la temperatura media ($^{\circ}\text{C}$), U_2 : la velocidad del viento medida a 2 m de altura (m/s), $(e_a - e_d)$ el déficit de la presión de vapor (kPa), e_a la presión de vapor de saturación a temperatura T (m/s), e_d la presión de vapor actual en función de la humedad relativa (m/s), Δ la pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$) y γ la constante psicrométrica ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$).

3.7. Coeficiente de jardín

La ET_o se multiplica por un factor corrector específico, denominado coeficiente de cultivo (K_c), para obtener la ET de un cultivo concreto (Ecuación 4).

$$ET = K_c * ET_o \quad (4)$$

Este coeficiente adimensional refleja las diferencias entre el cultivo y la superficie de referencia; por lo tanto si se conoce ET y ET_o para un mismo periodo de tiempo, se puede determinar el K_c para dicho periodo. Las características de un cultivo cambian con las distintas fases fenológicas, por lo que los valores del K_c describen una curva a lo largo del ciclo del cultivo cuya forma refleja los cambios en la vegetación y en la cobertura vegetal (Domingo, Villagarcía, & Were, 2003). Si conocemos ET y ET_o a lo largo del ciclo del cultivo, la evolución temporal o curva K_c puede ser determinada.

Debido a la gran variedad de especies en el jardín, se hace prácticamente imposible establecer un valor de K_c para cada una de ellas, por lo cual se utilizó un valor general denominado coeficiente de jardín (K_j) (Martínez Gimeno, 2014). El K_j es un coeficiente que no prioriza el rendimiento, puesto que en un jardín no se busca obtener una producción comercial, sino lograr un crecimiento vegetativo que sea estéticamente agradable, razón por la cual no se requiere un K_c ajustado para cada especie, sino un K_j que garantice el desarrollo de todas las especies del jardín (Ruiz, 2014). Por lo tanto se substituye K_c de la Ecuación 4 por su homónimo (K_j), obteniendo así: la Ecuación 5.

$$K_j = \frac{ET}{ET_o} \quad (5)$$

La variabilidad climática presentada durante el periodo de estudios afecto tanto a E_{to} como a ET y por consiguiente a K_j . Con la finalidad de disminuir la variabilidad en los resultados se trabajó con los datos medios de K_j a intervalos de 15, 20 y 30 días en lugar de hacerlo de manera diaria.

3.8. Planificación del riego

Una vez determinada la curva K_j a lo largo del año, se calculó la evolución de la ET en un año tipo promedio, a partir de la E_{to} obtenida de la secuencia histórica de seis años de la estación meteorológica E.T.S.I.A.A.B.(Ecuación 6). Lo que permite conocer las necesidades de riego del jardín en un año tipo promedio para la planificación del riego a futuro.

$$ET = E_{to} * k_j \quad (6)$$

La eficiencia de aplicación del riego (E_a) se calculó a través de la Ecuación 7, utilizando los datos medidos durante el periodo de estudio. Esta ecuación se fundamenta en la relación porcentual entre la cantidad de agua que requiere el cultivo o ET , con la lámina de riego aplicada R , se consideraron para el cálculo solo aquellos días en los que no hubo precipitación ($P=0$), para eliminar P de la ecuación que de otra manera complicaría el cálculo.

$$E_a = \frac{ET}{R} * 100 = \frac{R - D \pm \Delta W}{R} * 100 \quad (7)$$

4. Resultados

4.1. Características del consumo hídrico del jardín

La E_{to} durante el periodo de estudio, fue muy heterogénea, debido a la variabilidad climática acontecida, sin embargo describe una tendencia que varía en función de las estaciones del año incrementándose hasta alcanzar su clímax en verano, desde donde decrece para llegar a los mínimos en invierno. Durante el periodo de estudio la E_{to} fluctuó entre 0,74 y 8,5 mm/d.

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos de la ET durante el periodo de estudio, donde, se observa la variación diaria que presento debido a la inestabilidad climática acaecida. Sin embargo, esta fue afectada en menor manera que E_{to} (debido posiblemente a la ubicación menos expuesta del jardín), manteniéndose normalmente por debajo de esta, oscilando entre los 0,4 y 4,5 mm/d. Esto también afecto la evolución diaria del K_j , que proviene de la relación ET/E_{to} , resultando en valores que oscilaron entre los 0,15 y 1,6 (Figura 3).

Debido a que la ET presento menor variación que Eto, el K_j alcanzo picos superiores a 1, mismos que coinciden con la aparición de borrascas que provocaron la disminución abrupta de la Eto y no así de la ET.

Figura 2 Evolución temporal de ETo y ET durante el periodo de estudio

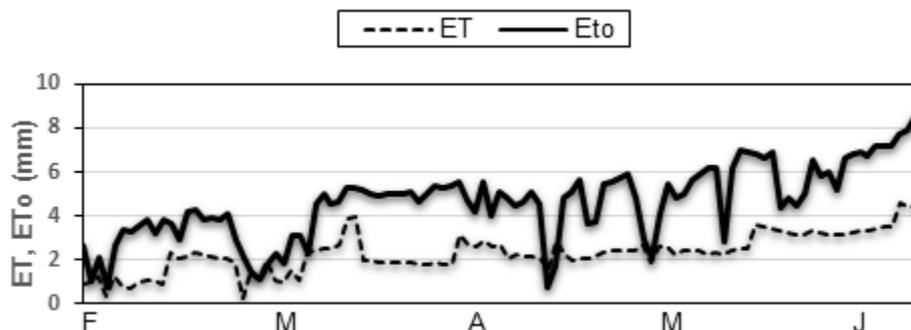
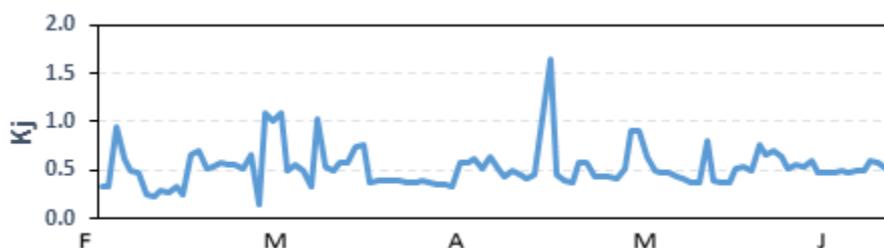
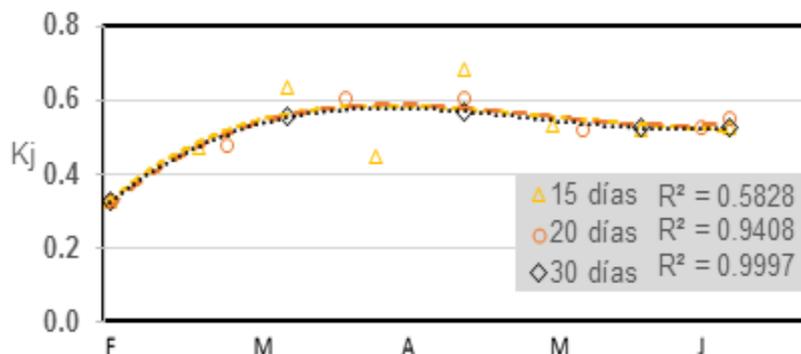


Figura 3 Coeficiente de jardín diario obtenido durante el periodo de estudio



Los resultados obtenidos se agruparon en intervalos, cuyos resultados medios a 15, 20 y 30 días siguen la misma tendencia, presentando mejor ajuste R^2 a mayor amplitud estudiada. Se consideró como el intervalo más representativo, el intervalo de medias a cada 20 días con un ajuste $R^2= 0,94$, que pese a ser menor al del intervalo de 30 días ($R^2=0,99$), este no fue considerado por ser un intervalo muy amplio, lo que implica la perdida de detalle al obtener un menor número de medias, como se observa en la Figura 4.

Figura 4 Línea de tendencia K_j a distintos intervalos



A partir de los resultados obtenidos, se fijó un K_j máximo en verano, el que corresponde con el coeficiente de jardín medio ($K_{jmid} = 0,6$) y un K_j mínimo en invierno que correspondería a un coeficiente de jardín en un estadio inicial ($K_{jini} = 0,32$), además se determinó la duración de las distintas fases de desarrollo del jardín, lo que permitió ajustar la curva K_j a lo largo del

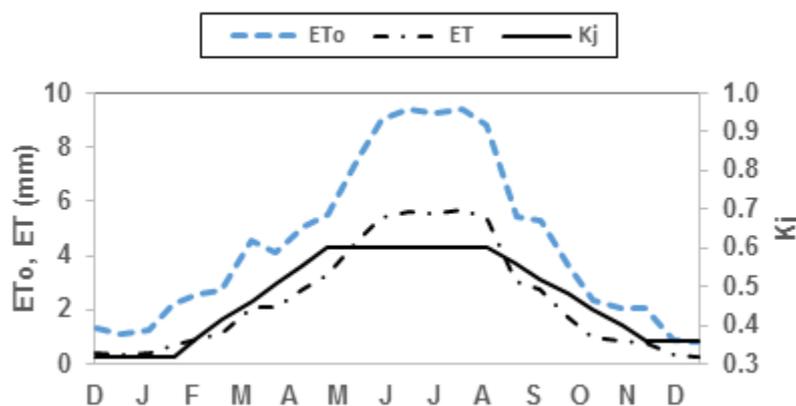
año en función a la variación climática anual. Se consideró a la variación en el microclima causada por los cambios del clima general a efecto del ciclo estacional a lo largo del año, como el factor trascendental en la variación de la ET del jardín y por ende del K_j.

El riego aplicado sobre el jardín vertical durante el periodo de estudio presenta una E_a= 83%, esta combinada con los valores de la curva K_j determinada, permiten determinar las necesidades de riego (ya sean netas o brutas) y proponer un calendario de riego del jardín; para planificar, manejar y programar el riego del mismo a futuro.

4.2. Evolución anual de la ET

La evolución anual para un año tipo promedio de la ET en el jardín se muestra en la Figura 5, además del contraste de esta con la evolución temporal de E_{To} en un año tipo promedio y la variación de K_j a lo largo del año. La ET alcanza el clímax en verano con 5,6 mm/d en agosto durante la época punta y se reduce drásticamente en invierno a 0,22 mm/d en diciembre.

Figura 5 Evolución anual de la ET, E_{To} y el K_j



La ET acumulada para un año tipo promedio es de: 838 mm/año. La precipitación realiza un aporte mínimo, menor al 3% del agua que necesita el jardín, debido a la baja superficie expuesta en este tipo de jardines, además la uniformidad de riego en general es baja en este tipo de jardines como lo demuestra Pérez Urrestarazu, Egea, y Fernández Cañero (2014). Las variaciones observadas en el consumo del jardín corresponden con lo observado por Ayuso (2016), donde identifica la variabilidad del consumo hídrico de un jardín vertical y la dependencia de esta a distintos factores, razón por la cual, el K_j determinado en este estudio está pensado para el jardín estudiado y las condiciones que lo definen.

5. Conclusiones

Un jardín vertical es un sistema complejo, con características que tornan la realización de un riego adecuado una labor muy complicada, sin embargo, el procedimiento presentado brinda las herramientas necesarias para la gestión y planificación del riego en este tipo de jardines.

El consumo del jardín se ve afectado principalmente por la variación climática a lo largo del año, presentando un K_j que varía entre 0,6 durante el verano y 0,32 durante el invierno. El consumo del jardín en un año tipo promedio es de 838 mm/año con una E_a=83%.

Los jardines verticales son muy variados y distintos, por lo cual el consumo en cada jardín es único y depende de diferentes factores: sustratos, sistemas de riego, orientación, especies vegetales, tipo de jardín, ubicación, etc. Estos factores deben considerarse a la hora de desarrollar un sistema de riego para jardines verticales, puesto que el éxito de un jardín vertical depende de la interacción de sus distintos componentes. El diseño del jardín vertical debe abordarse desde el punto de vista del funcionamiento del sistema de riego, procurando optimizar el uso del agua y garantizar el normal desarrollo vegetativo del mismo.

6. Referencias Bibliográficas

- AEMET, I. (2011). Atlas Climático Ibérico—Temperatura do ar e Precipitação (1971-2000). Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto de Meteorologia de Portugal (eds). ISBN, 978-84.
- Alcazar, S. S., Olivieri, F., & Neila, J. (2016). Green roofs: Experimental and analytical study of its potential for urban microclimate regulation in Mediterranean—continental climates. *Urban Climate*, 17, 304-317.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements—FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.
- Ayuso Hernández, A. (2016). Evaluación del comportamiento hídrico de un jardín vertical de interior. Trabajo fin de Grado no publicado, Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/5826>
- Djedjig, R., Bozonnet, E., & Belarbi, R. (2016). Modeling green wall interactions with street canyons for building energy simulation in urban context. *Urban Climate*, 16, 75-85.
- Domingo, F., Villagarcía, L., & Were, A. (2003). ¿Cómo se puede medir y estimar la evapotranspiración? Estado actual y evolución. *Revista Ecosistemas*, 12(1).
- Duarte, D. H., Shinzato, P., dos Santos Gusson, C., & Alves, C. A. (2015). The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance built density in a subtropical changing climate. *Urban Climate*, 14, 224-239.
- Egea, G., Pérez-Urrestarazu, L., González-Pérez, J., Franco-Salas, A., & Fernández-Cañero, R. (2014). Lighting systems evaluation for indoor living walls. *Urban forestry & urban greening*, 13(3), 475-483.
- Kaloustian, N., & Diab, Y. (2015). Effects of urbanization on the urban heat island in Beirut. *Urban Climate*, 14, 154-165.
- Lobaccaro, G., & Acero, J. A. (2015). Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, 14, 251-267.
- Martínez Gimeno, M.A. (2014). Estrategia para la evaluación agronómica, hidráulica y energética en jardinería. Aplicación a la gestión de jardines públicos. <http://hdl.handle.net/10251/53389>.
- Minke, G. (2014). Muros y fachadas verdes, jardines verticales: sistemas y plantas, funciones y aplicaciones. Barcelona: Icaria.
- Montero, J. L., Salas, M. C., Guzmán, M., & Pérez, N. (2014). Comportamiento de especies mediterráneas en cubiertas ajardinadas con uso de aguas jabonosas. In *Actas VI Congreso Ibérico de Horticultura Ornamental*.
- Pérez, G., Coma, J., Martorell, I., & Cabeza, L. F. (2014). Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 139-165.
- Pérez-Urrestarazu, L., Egea, G., Franco-Salas, A., & Fernández-Cañero, R. (2014). Irrigation systems evaluation for living walls. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(4), 04013024.

- Pérez Urrestarazu, L., Egea, G., & Fernández Cañero, R. (2014). Influence of different variables on living wall irrigation. In International Green Wall conference 2014. Staffordshire University.
- Ruiz Zaruelo S. (2014). Manual de Riego de Jardines. Disponible en: https://issuu.com/sergiruiz0/docs/manual_riego_jardines_libro