

04-015

EVALUATION OF C3 AND C4 CESPITOSE MIXTURES TO OBTAIN HIGH-SUSTAINABILITY URBAN PRAIRIES

Mauri Ablanque, Pedro Vicente ⁽¹⁾; Marín Peira, José ⁽²⁾; Parra Boronat, Lorena ⁽¹⁾; Lloret Mauri, Jaime ⁽³⁾; Massaguer Rodríguez, Alberto ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ IMIDRA, ⁽²⁾ AREA VERDE, S.L., ⁽³⁾ UPV, ⁽⁴⁾ UPM

Many efforts are being done all around the world to minimize water usage in several crops. In the urban lawns, there are multiple options that allow the minimization of water consumption such as using sensors to archive smart irrigation. Nonetheless, it is not enough, we need to work with new species which have lower water demand. We will work with a different combination of species with the purpose of maintaining the same quality in the urban lawns after decreasing the required water for its irrigation. Grasses of warm zones (C4) and autochthonous cespitose (C3) plants will be included. The objective is to find a combination of the aforementioned species, which presents better results than the combination commonly used in urban lawns, known as a standard mixture, in a future scenario with water restriction. Then, its response to the stress will be evaluated as the changes in their visual aspect, loss of coverage, and the weight after mowing. All these parameters will be evaluated during several months before, during and after the summer. To perform this study we have small plots (1.5m²) with different irrigation schemes. The different combinations of grass are growing in those plots in triplicate.

Keywords: "Precision gardening"; "grasses"; "hydric stress"; "irrigation restriction"

EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CESPITOSAS C3 Y C4 PARA LA OBTENCIÓN DE PRADERAS URBANAS DE ALTA SOSTENIBILIDAD

Se están realizando numerosos esfuerzos para minimizar el uso de agua en múltiples cultivos. En las praderas urbanas existen múltiples opciones que minimizan el agua consumida por medio de sensores para conseguir una irrigación inteligente. Sin embargo, esto no es suficiente, es necesario trabajar con nuevas especies que tengan una menor demanda hídrica. Con el fin de conseguir que las praderas urbanas requieran una menor cantidad de un agua para mantener su calidad trabajaremos con nuevas combinaciones de especies. Incluiremos gramíneas de zonas cálidas (C4) y cespitosas autóctonas (C3). El objetivo de este trabajo es conseguir una mezcla entre especies que nos ofrezca mejores resultados que la mezcla utilizada habitualmente en jardinería, conocida como mezcla patrón, en un escenario de restricción hídrica. Evaluaremos su respuesta al estrés como los cambios en el aspecto visual (color), la pérdida de cobertura y el peso tras la siega a lo largo de varios meses antes, durante y después del verano. Para realizar este estudio se dispone de pequeñas parcelas (1.5m²) sometidas a distintos regímenes de riego, que simularán condiciones de estrés hídrico, donde han sido plantadas cada una de las mezclas por triplicado.

Palabras clave: "Jardinería sostenible"; "gramíneas"; "estrés hídrico"; "restricción de riego"

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

Acknowledgements/Agradecimientos: A los fondos FEADER por financiar al proyecto de grupo operativo PDR18-XEROCÉSPED.



©2019 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

Debido a la reducción del agua disponible, se están poniendo en funcionamiento muchas prácticas para conseguir un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos. La agricultura es el principal consumidor de agua en muchas zonas del mundo. Actualmente, existe una gran cantidad de técnicas que nos permiten ahorrar agua manteniendo la producción. Muchas técnicas pretenden realizar los riegos de una forma eficiente para no malgastar agua. Estas técnicas se sirven de la tecnología para determinar el riego necesario. Para ello, utilizan sensores para establecer con exactitud el volumen de agua necesario para una superficie (Harun et al., 2015), (Lozoya et al., 2016) y (Işık et al., 2017). Recientemente, se han realizado estudios específicos para el césped (Awal, Fares y Habibi, 2019) y (Braun y Bremer, 2019). Existen numerosos ejemplos de estas tecnologías. Incluso el uso de imágenes aéreas está siendo usado (Khanal, Fulton y Shearer, 2017) y (Marín et al., 2018a).

Sin embargo, en las praderas urbanas y zonas ajardinadas, el consumo de agua es muy elevado y el uso de estas técnicas de riego por si solas no supondrá una mejora sustancial. Será necesario por tanto, aplicar otras mejoras sobre las praderas urbanas para promover su sostenibilidad. El mayor problema para alcanzar la sostenibilidad en las praderas urbanas radica en el tipo de vegetación que se utiliza actualmente. Pese a que existe una gran variedad de mezclas de semillas procedentes de distintas especies, la mezcla comúnmente más utilizada se trata de la conocida como mezcla patrón. Dichas especies requieren de un riego abundante en la península ibérica al no estar adaptadas a la sequía y al calor. Es por ello que el mantenimiento de jardines y otros espacios cubiertos de césped requieren de grandes cantidades de agua (Morote-Seguido y Hernandez-Hernandez, 2016) y (Seguido, 2017). No obstante, existen otras mezclas que pueden ser utilizadas para la jardinería urbana que están más adaptadas al clima mediterráneo y que por lo tanto, tienen una menor demanda hídrica. Si utilizáramos estas otras mezclas, conseguiríamos mantener los jardines y praderas urbanas con un menor consumo de recursos hídricos, aumentando así su sostenibilidad.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma, en la sección 2 mostramos el objetivo del experimento realizado. En la sección 3 presentamos la metodología llevada a cabo. Los resultados se muestran en la sección 4. Finalmente, en la sección 5 detallamos las conclusiones y futuros trabajos.

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es:

- Evaluar la calidad, incluyendo cambios en el aspecto visual (color), la pérdida de cobertura y el peso tras la siega, de diversas combinaciones de césped bajo condiciones de restricción hídrica; así como estudiar el posible ahorro hídrico que supondría reducir el riego en un municipio como Madrid al emplear una de las nuevas combinaciones propuestas.

3. Metodología

3.1 Antecedentes

Este trabajo se plantea como la segunda fase del trabajo presentado anteriormente en el que evaluamos el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de distintas especies (Marín et al., 2018b).

Anteriormente ya mostramos los efectos de un verano con reducción de riego sobre 12 mezclas de cespitosas en tres regímenes de Evapotranspiración Potencial (ETP) diferentes, 100%, 75% y 50%. Los resultados mostraron que las mezclas que presentaban mejores índices NDVI, y que era necesario seguir estudiando, eran las siguientes (ver Tabla 1).

- A) *Cynodon dactylon* + *Brachypodium distachyon*
- B) *Cynodon dactylon* + *Vulpia myuros*
- C) *Zoysia japonica* + *Vulpia myuros*
- D) *Buchloe dactyloides* + *Brachypodium distachyon*
- E) *Cynodon dactylon* + *Poa pratensis*.
- F) *Lolium perenne* + *Festuca arundinacea* + *Poa pratensis* (mezcla patrón)

• **Tabla 1. Especies utilizadas**

Nombre	C3 o C4	Autóctona	Clima
<i>Brachypodium distachyon</i>	C3	Si	Climas cálidos y secos
<i>Cynodon dactylon</i>	C4	Si	Climas cálidos y secos
<i>Vulpia myuros</i>	C3	Si	Climas cálidos y secos
<i>Zoysia japonica</i>	C4	No	Climas cálidos en la costa
<i>Buchloe dactyloides</i>	C4	No	Climas cálidos y secos
<i>Poa pratensis</i>	C3	Si	Climas templados
<i>Lolium perenne</i>	C3	Si	Climas templados y húmedos
<i>Festuca arundinacea</i>	C3	Si	Climas templados

Como podemos ver en la Tabla 1, las especies que se utilizan habitualmente en jardinería son especies de climas templados y húmedos. Es por ello que, en la Península Ibérica requieren de un riego continuo. Dicho riego varía a lo largo del año, siendo mínimo en los meses más fríos y máximo en el verano. También cabe destacar que las 3 especies utilizadas en la mezcla patrón son especies C3, por lo tanto su metabolismo no es tan eficiente como las especies C4. En las mezclas A-D que proponemos para el ensayo se utilizan plantas de climas cálidos y secos combinando siempre una especie C3 con una C4. En la mezcla E pero usamos una C4 de climas cálidos junto a dos C3 de climas templados.

3.2 Las parcelas y su mantenimiento

El experimento se llevó a cabo en la Finca El Encín, perteneciente al IMIDRA. La zona cuenta con un clima mediterráneo de interior, con veranos muy calurosos que pueden llegar a superar los 30 grados y con escasas precipitaciones. En invierno la temperatura es baja, llegando ocasionalmente a temperaturas por debajo de los 0 grados con elevadas precipitaciones que puntualmente son en forma de nieve. La zona se encuentra a 640 m de altitud sobre el nivel del mar. Las parcelas estaban en una zona llana y sin ningún tipo de vegetación arbórea que proyectara una sombra sobre las mismas.

El suelo de la parcela tiene inicialmente un perfil francoacriloso y se encontraba en barbecho hasta ese momento. Antes de iniciar el experimento, se realizaron ciertas intervenciones en el suelo. La primera de ellas, consistió en un despedregado mecánico/manual y en una homogenización del terreno. Tras lo cual, se confirmó que el

suelo empleado no presentaba ninguna limitación para el cultivo del césped. A continuación, para mejora la textura y fertilidad, se enmienda el terreno mediante la incorporación de 50 toneladas de arena de sílice y 20 toneladas de un sustrato orgánico. Posteriormente, se realizó un rotavateado cruzado sobre todo el terreno tratado. Finalmente, se aplicó un abonado mediante un abono complejo 15-15-15 en dosis de 25 kg/parcela.

De forma previa a la siembra, se comprobó la germinación de una muestra de las semillas empleadas tanto en placas Petri en cámara a 22 °C como en macetas en el campo. Tras comprobar la correcta germinación de todas las especies, se procedió a sembrarlas en las parcelas de ensayo. El césped fue sembrado a principios de Mayo de 2016 y se comprobó su implantación diariamente. Pasados 40 días, se dio por concluida la implantación y se iniciaron las restricciones hídricas en el mes de Junio. Cada día se calculaba el ETP de la zona a través de la aplicación SiAr del MAPAMA utilizando la estación meteorológica cercana a la finca. Se utilizaba el ETP de referencia del césped de la especie RayGrass y se aplicaba el riego correspondiente al 100%, 75% o 50% del ETP. El riego se realizaba de forma automatizada con aspersores asegurando que todas las parcelas fueran regadas. El experimento finalizó en Noviembre del 2017. Las parcelas pueden verse en la Figura 1 donde se muestra una fotografía tomada durante el segundo verano del experimento.

En cuanto a la siega, se comprobaba cada pocos días la altura tratando de mantener las praderas con una altura de césped de 5 cm. Se medía la altura del césped en la parte central de la parcela, que presentaba un crecimiento normal, ya que en los bordes el crecimiento era distinto. Cuando se segaban las parcelas se utilizaba unas tijeras eléctricas para césped. Cuando una de las parcelas superaba la altura máxima, 8 cm, todas las parcelas se segaban. Las siegas se realizaban aproximadamente cada 3 días en las épocas de máximo crecimiento y cada 6 días en las de menor crecimiento. Tras algunas siegas el material vegetal se a pesó para tener información del peso fresco. Posteriormente, se almacenó en estufa durante 48 horas y se volvió a pesar para obtener el peso seco. Este procedimiento se realizó una vez al mes aproximadamente. El objetivo es comparar en cada siembra, para un mismo periodo de tiempo, el crecimiento vegetativo de cada una de las parcelas. Todo esto se realizó con el fin de evaluar el crecimiento de las distintas combinaciones y el efecto de los distintos regímenes de riego.

Figura 1: Vista de las parcelas de ensayo con 100% de riego el 24 de Abril de 2017



Por último, se realizaron de forma paralela a las siegas una serie de fotografías cenitales a las parcelas con el fin de evaluar es aspecto del césped. Se evaluó de forma cualitativa y

cuantitativa el grado de cobertura y la coloración del césped. Esta comparación se utilizó para comparar la respuesta a la reducción del riego de cada especie. Para tomar estas imágenes se utilizaron una cámara fotográfica y un trípode. Todas las fotografías se tomaron a 1.5 m del suelo. La cámara empleada fue una Sony DSC-W120, cuyas características son suficientes para asegurar una fotografía nítida que permita su análisis visual.

4. Resultados

4.1 Resultados de las siegas

A continuación, analizamos los resultados del peso fresco y del porcentaje de agua en el césped segado. Nuestro objetivo es encontrar la combinación que presente escasas o nulas diferencias entre los pesos frescos y en porcentaje de agua entre riego del 100% y el 75%.

En la Figura 2 podemos ver el peso fresco de todas las combinaciones indicando la combinación como mezcla M.X), dónde X es el nombre de la combinación. Podemos destacar inicialmente que las combinaciones que presentan mayores diferencias entre peso fresco en los distintos regímenes de riego son B), E) y F). En el caso de F), la mezcla comúnmente utilizada, en los meses de verano los resultados para ambos ETP con reducción hídrica han sido los mismos, la pradera no ha crecido nada. En el caso del ETP 100% ha crecido, pero su crecimiento vegetativo ha sido muy inferior al de otras combinaciones. Podemos observar también que con la entrada del otoño, los pesos de los ETP 75% y 50% llegan a superar a los de la pradera mantenida en 100% de ETP. Las mezclas B) y E) presentan diferencias en el peso fresco en los meses de verano para los tres regímenes de riego. Han mostrado un mayor crecimiento en el ETP 100% que en ETP 75% y este ha sido mayor que en el ETP 50%.

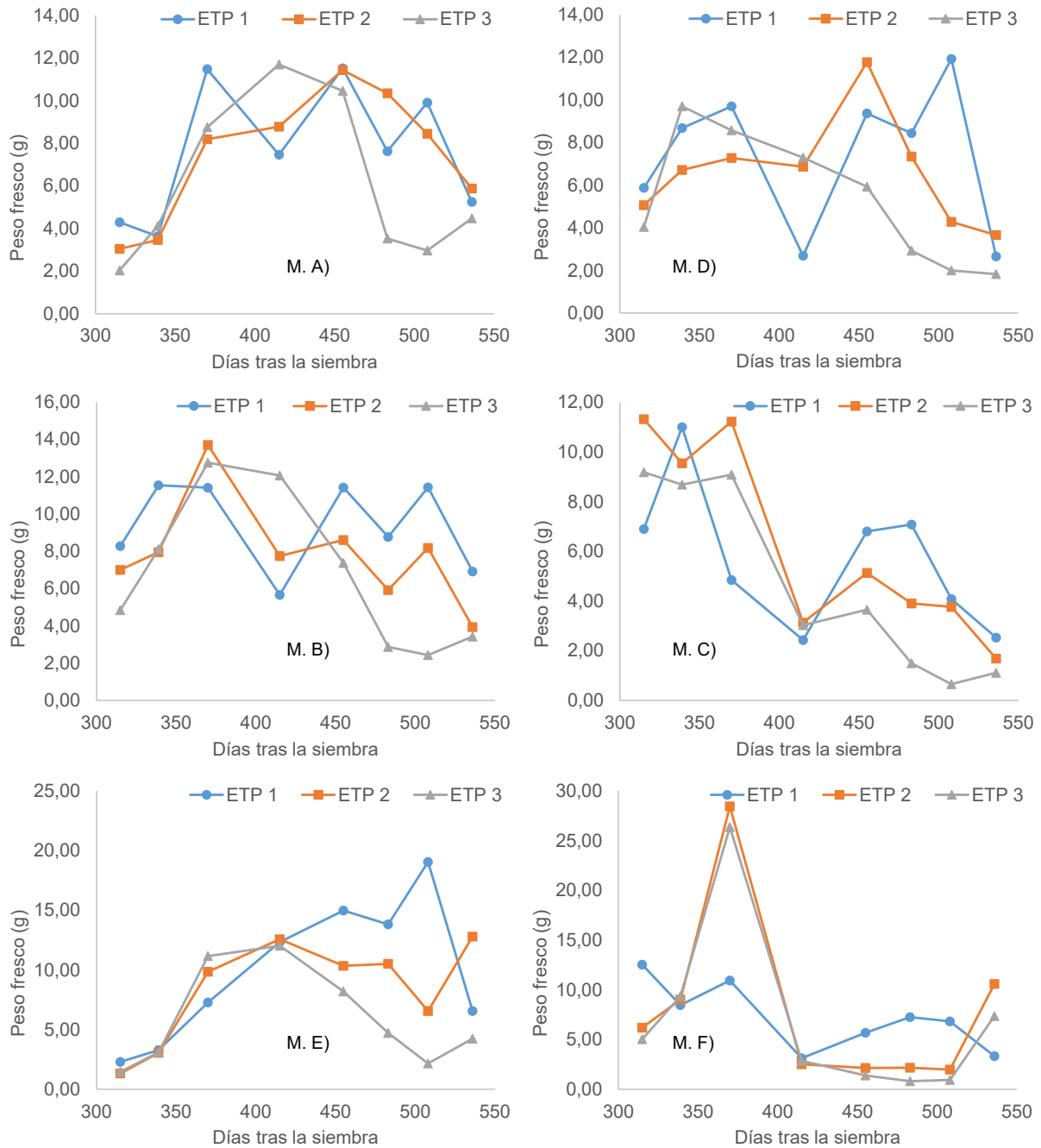
Los resultados de la mezcla D) muestran que el riego del 50% del ETP ha disminuido el crecimiento vegetativo. Sin embargo, para comparar el crecimiento entre los regímenes de irrigación del 100 y el 75% necesitaríamos más datos ya que ha habido un factor externo al experimento, y que se desconoce, que ha afectado negativamente al crecimiento del césped en ETP 100% al principio del verano. Por lo tanto, durante la primera parte del verano el crecimiento ha sido mayor en la parcela bajo ETP 75% y al final del verano y principio de otoño el crecimiento ha sido mayor en las parcelas del 100% de riego.

La mezcla C) presenta resultados dispares, mientras que en algunos momentos, parece que el césped en ETP 100% da resultados inferiores al de 75%, hacia final del verano ambas parcelas presentan pesos similares. Lo que queda patente es que al reducir el riego en un 50% el peso se ve afectado negativamente en los meses de verano. Por último, la mezcla A) es la que a priori mejores resultado de crecimiento ofrece. Llegando a ser similares los crecimientos que presenta bajo un riego del 100% y del 75%.

Por otro lado, no solo es importante contabilizar el crecimiento, sino que hay que tener en cuenta el estado de las hojas, ver Figura 3. En este caso consideraremos el porcentaje de agua en las hojas cortadas como un indicador de calidad. Si el peso fresco es muy próximo al peso seco, indica un bajo porcentaje de agua en las hojas, las cuales posiblemente estén marchitas o secas. Por tanto, nuestro objetivo será encontrar aquella combinación que presente un crecimiento vegetativo en los meses secos y que no presente indicios de marchitez en las hojas.

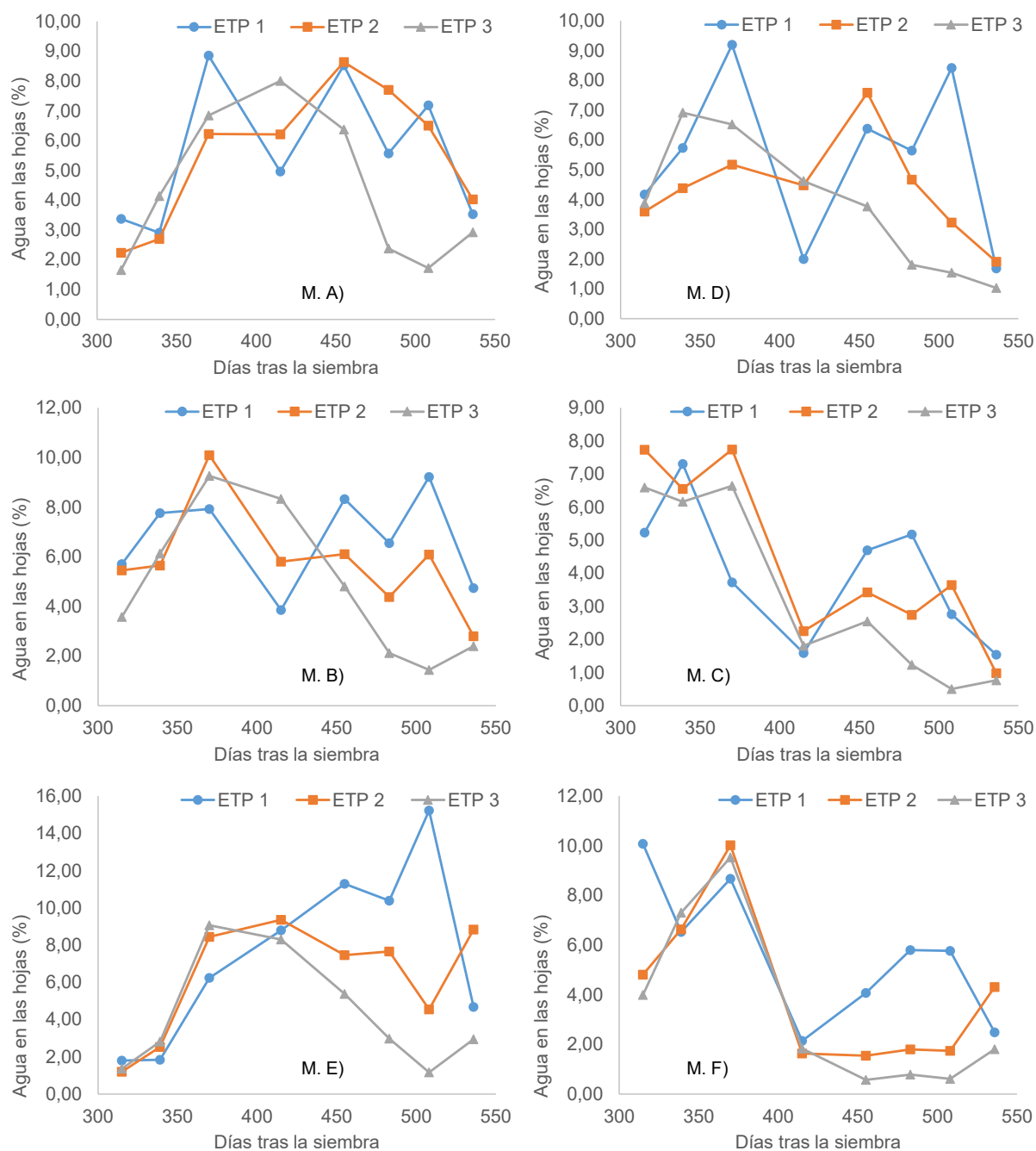
Anteriormente, habíamos indicado que las mezclas B), E) y F) presentaban un escaso crecimiento bajo restricciones hídricas. Con los datos de la Figura 4, podemos concluir que no solo presentan un menor crecimiento, sino que también presentan un mayor grado de marchitez. Al igual que se ha apuntado en anteriores párrafos, los resultados de la mezcla D) no son del todo concluyentes y deberían realizarse más estudios.

Figura 2: Peso fresco tras la siega



Analizamos ahora con detalle los resultados de las mezclas A) y C), que han sido las que mejores resultados han presentado en relación a su peso fresco tras la siega. Los resultados muestran de nuevo que ambas mezclas parecen no cambiar su crecimiento al tener un riego del 75% en términos de porcentaje de agua en la hoja. Ambas mezclas presentan porcentajes de agua en hoja muy similares con el ETP 100% y 75%. Siendo estos porcentajes muy superiores (hasta 4 veces más en algunos casos) a los que presenta con una restricción de riego del 50%. La mezcla A) es la que ofrece mejores resultados atendiendo al grado de agua en las hojas.

Figura 3: Agua en las hojas segadas

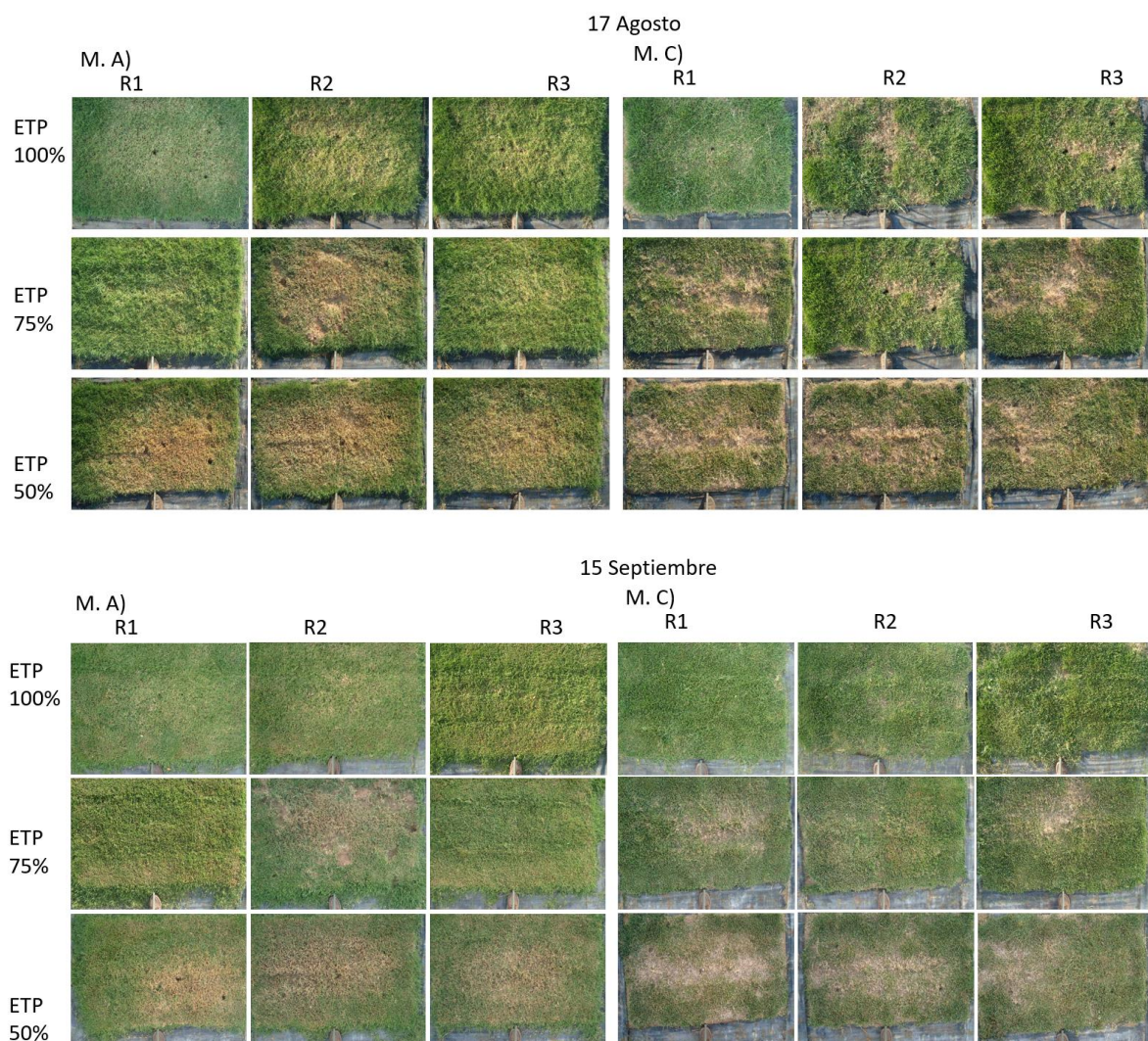


4.2 Análisis del grado de cobertura y aspecto del césped

Por último, analizaremos el grado de cobertura y el aspecto del césped en las dos mezclas que ofrecieron resultados prometedores, las mezclas A y C). Evaluaremos por un lado el grado de cobertura, que se representará como la porción del suelo está cubierta de césped a en los meses críticos (final del verano). Además, analizaremos el aspecto del césped, es decir la coloración que presenta. La coloración del césped nos puede dar otra medida indirecta de los efectos de la restricción hídrica, al indicar el marchitamiento del césped.

En el mes de Agosto (ver Figura 4), podemos observar como la cobertura de la mezcla A) es del 100% en todas las repeticiones y todos los regímenes de riego. En las parcelas bajo un riego del 100% podemos observar que todas tienen una coloración verde muy saludable. Aunque en el centro de alguna de ellas se observa un color un poco parduzco que indica el marchitamiento de algunas hojas. En las parcelas con un riego del 75%, vemos como las repeticiones 1 y 3 presentan una coloración verde con síntomas de marchitamiento muy similares a los que presentaban las parcelas con el 100% de riego. Sin embargo, la repetición 2 muestra mayores síntomas de marchitamiento en el centro. En las parcelas con una mayor restricción hídrica, riego del 50%, observamos que solo algunas zonas de las parcelas conservan un color verde. Gran parte de la parcela presenta una coloración parda. En las parcelas de la mezcla C) vemos que, tal como apuntaban los resultados del porcentaje de agua, hay un mayor grado de marchitez. Las tonalidades verdes predominan únicamente con el riego del 100%. Además, podemos observar pequeñas zonas sin cobertura desde las parcelas con el riego al 100%. Estas zonas van en aumento a la vez que disminuye el riego.

Figura 4: Aspecto de las praderas en los meses de agosto y septiembre



Por otro lado, en el mes de Septiembre (ver Figura 4), vemos que en general todas las praderas han cobrado una coloración más verde y los porcentajes de cobertura han mejorado. Esto nos indica que, al cesar el calor intenso de los meses de verano las praderas son más resistentes a las restricciones hídricas. En el caso de la mezcla A), se puede afirmar que no hay prácticamente diferencias entre el aspecto (cobertura y coloraciones) de las praderas con el riego del 100% y del 75%. Salvo en la repetición 2, que presenta una pequeña zona marchita bajo las condiciones de riego del 75% del ETP.

Podemos finalizar los resultados indicando que, tras analizar el aspecto de las praderas, los resultados confirman las conclusiones del análisis de los datos de peso fresco y porcentaje de agua en las hojas. La mezcla que presenta una mayor tolerancia a la restricción en el riego es la mezcla A). Esta mezcla mantiene su crecimiento vegetativo durante el verano con valores muy similares con una restricción hídrica media (75% del riego). Además, conserva un porcentaje de agua similar en las hojas y su aspecto no difiere de una pradera que se haya regado completamente (100% de riego). Esta mezcla está compuesta por un 50% de *Cynodon dactylon* como especie C4 y un 50% de *Brachypodium distachyon* como gramínea C3. Ambas especies son procedentes de climas cálidos y secos, por lo tanto cuentan con mecanismos para superar la falta de agua. Basándonos en los cálculos diferenciales de peso fresco y peso seco se podría hacer una estimación indirecta del posible ahorro en caso de usar la mezcla mencionada anteriormente. Si aplicáramos esto en un municipio como Madrid, con 5600 hectáreas de parque y un riego medio de unos 6.8 L/m² al día, el riego del césped supone un consumo de agua de 140.000.000 m³ al año aproximadamente. Con la nueva mezcla podríamos ahorrar unos 34.780.000 m³ al año si aplicáramos la restricción hídrica durante todo el año. Si solamente aplicáramos la reducción en los meses de verano (Junio a Agosto), cuando el consumo de agua es mayor (unos 8 L/m² al día), ahorraríamos más de 10.000.000 m³ de agua en solo tres meses.

5. Conclusiones

En este trabajo hemos continuado estudiando el comportamiento de distintas mezclas de césped bajo condiciones de restricción hídrica. El objetivo era encontrar una combinación de especies que mostrara un comportamiento similar cuando existiera una reducción del riego. Todo esto, con el fin de reducir el consumo hídrico destinado al riego de jardines

Hemos hallado una mezcla que resiste el verano con un riego del 75% sin que ello afecte a su crecimiento vegetativo ni al aspecto de la pradera, puesto que no aparecen calvas ni signos evidentes de marchitez. En unas de las repeticiones apareció una zona que presentaba indicaciones de marchitamiento a final de agosto. No obstante, con el inicio del mes de Septiembre y la bajada de las temperaturas extremas la pradera se recuperó. Si nos basamos en los resultados descritos, podríamos afirmar que si se utilizara la mezcla A), sería posible reducir en un 25% el consumo de agua para el riego en los jardines y parques.

En futuros trabajos estudiaremos durante cuánto tiempo puede mantenerse una pradera de césped de la mezcla seleccionada bajo condiciones de riego reducido antes de tener efectos irreversibles o mostrar síntomas de marchitamiento evidentes. Además, se evaluará la posibilidad de reducir puntualmente, durante cortos periodos de tiempo el riego a un 50%.y como es la respuesta de la pradera y su recuperación.

6. Bibliografía

Awal, R., Fares, A., & Habibi, H. (2019). Optimum Turf Grass Irrigation Requirements and Corresponding Water-Energy-CO₂ Nexus across Harris County, Texas. Sustainability, 11(5), 1440.

- Braun, R. C., & Bremer, D. J. (2019). Carbon Sequestration in Zoysiagrass Turf under Different Irrigation and Fertilization Management Regimes. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 2(1).
- Harun, A. N., Kassim, M. R. M., Mat, I., & Ramli, S. S. (2015, May). Precision irrigation using wireless sensor network. In *2015 IEEE International Conference on Smart Sensors and Application (ICSSA)*, 26-28 Mayo 2015, Kuala Lumpur, Malaysia, 71-75.
- Işık, M., Sönmez, Y., Yılmaz, C., Özdemir, V., & Yılmaz, E. (2017). Precision irrigation system (PIS) using sensor network technology integrated with IOS/Android application. *Applied Sciences*, 7(9)
- Khanal, S., Fulton, J., & Shearer, S. (2017). An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 22-32.
- Lozoya, C., Mendoza, C., Aguilar, A., Román, A., & Castelló, R. (2016). Sensor-based model driven control strategy for precision irrigation. *Journal of Sensors*, 2016.
- Marin, J, Mauri, P.V., Parra, L., Sendra, S., Lloret, J., Masaguer, A. (2018b). Sostenibilidad y valoración en el empleo de gramíneas C3 y C4 que permitan reducir el riego de praderas urbanas. In *22nd International Congress on Project Management and Engineering*, 11-12 Julio 2018, Madrid, España, 1159-1167.
- Marín, J., Parra, L., Rocher, J., Sendra, S., Lloret, J., Mauri, P. V., & Masaguer, A. (2018a). Urban Lawn Monitoring in Smart City Environments. *Journal of Sensors*, 2018.
- Morote-Seguido, A. F., & Hernandez-Hernandez, M. (2016). Green areas and water management in residential developments in the European Western Mediterranean. A case study of Alicante, Spain. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 116(2), 190-201.
- Seguido, Á. F. M. (2017). Espacios ajardinados privados y su incidencia en el consumo de agua en España. Estado de la cuestión. In *Anales de geografía de la Universidad Complutense* 37 (2), 415-443.