

Efectos de la **dosis** de **resiembra** en la transición primaveral

D. KOPEC | J. GILBERT | K. MARCUM |
M. PESSARAKLI | D. JENSEN

R

esembrar campos de golf en el sur de Arizona es imprescindible para mantener las superficies de bermuda en buenas condiciones para el golf durante todo el año.

El juego en invierno y primavera (noviembre - abril) puede suponer un 85% del total para un resort e incluso para un campo de pay & play; y la mayor parte de este juego tiene lugar sobre bermuda resemebrada.

El Ryegrass perenne (*Lolium perenne*, L.) es la variedad más comúnmente utilizada para resemebrar los tees, calles, roughs y antegreens. La aparición de cultivares

mejorados de ryegrass perenne en los últimos 15 años ha agravado la transición primaveral a bermuda. La mayor parte de germoplasma de ryegrass perenne se desarrolla

para un uso universal, siendo seleccionado para césped de uso permanente. El aumento de la resistencia a enfermedades, la tolerancia a la frecuencia y altura de siega, una gran capacidad de ahijamiento y un aumento de la tolerancia al calor propician variedades de ryegrass mejores y más fuertes. Sin embargo, esto supone

una importante desventaja para la transición primaveral.

Las condiciones de la transición primaveral pueden mostrar cualquiera de los siguientes características:

- ▶ Persistencia prolongada de ryegrass en julio y agosto.
- ▶ Persistencia prolongada seguida de una repentina desaparición de la cubierta de ryegrass.
- ▶ Desaparición de la cubierta de ryegrass sin el adecuado crecimiento de la bermuda.

Cualquiera (o todas) de estas condiciones puede ser causa de un empobrecimiento de las condiciones de la superficie, que unido a temporadas más cortas de bermuda va en detrimento de la transición del año siguiente.

En los años 70 y a principio de los 80, las prácticas habituales para la transición eran los recorres de agua, el verticut y la aireación en las calles, más la resiembra con grandes dosis de semilla. Por desgracia, la demanda de golf durante todo el año ha invalidado algunas de estas prácticas. En aquel momento las investigaciones demostraban que una dosis mayor de siembra provocaría, efectivamente, un debilitamiento del ryegrass en general. Una dosis mayor de semillas causaba escasez de plantas con múltiples vástagos y por tanto abundaban



las plantas de un solo vástago a lo largo de toda la temporada de resiembra.

Esta investigación fue una ampliación de un trabajo similar realizado con festuca arundinacea en céspedes. En ella, una dosis alta de siembra mantenía la textura fina de la hoja debido a la anomalía del efecto de la aglomeración de las plantas; y a una alta densidad global de vástagos en las plantas con menos vástagos por corona. Con el tiempo, la cubierta alcanza un equilibrio,

85%

OCUPACIÓN

supone el juego durante los meses de invierno (noviembre a abril) en campos de golf en Arizona



No se entiende totalmente la dinámica de la cubierta vegetal de los cultivares modernos de ryegrass perenne y el efecto sobre la transición a bermuda. Durante los últimos 25 años lo generalmente aceptado era que una dosis alta de resiembra producía plantas de ryegrass perenne más débiles, pero esto no siempre equivale a una mejor bermuda en verano

DISEÑO

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se diseñó un estudio de dos años para evaluar el efecto de la dosis de resiembra sobre la dinámica de la cubierta de césped, y para determinar si la dosis de semillas y la composición de la cubierta estaban relacionadas con la transición primaveral.

Se resembró el ryegrass perenne sobre una parcela de bermuda híbrida Tifway 419 de ocho años. La 419 se mantuvo bajo condiciones de mantenimiento de calle durante todo el año, segándose tres veces por semana con una segadora helicoidal a 15 mm. El colchón se controló en la segunda semana de agosto con múltiples verticuts y aireación con pinchos huecos de 5/8". Los canutos del pinchado se dejaron sobre la superficie, seguido de un recebo.

Las parcelas (4,5 x 4,5 m²) se resembraron con Quickstart, observando el contenido en la pureza de las semillas vivas (PLS) en ocho dosis. Las parcelas se cepillaron a mano con cepillos duros en múltiples direcciones, se apisonaron en dos direcciones y se regaron (para evitar el estrés) al 75-80% de la evapotranspiración de referencia. Las parcelas recibieron 5/8 - 3/4 lb. N/M/mes 0.28 y 0.33 kg de nitrógeno cada año de octubre a agosto.

Las fechas de resiembra fueron el 15 de octubre en 1.998 y

momento en el que el número total de vástagos desciende y la anchura de la hoja se expande gradualmente.

No se sabe cómo la dinámica de la cubierta vegetal de los actuales cultivares de ryegrass perenne determina el desarrollo global de los vástagos, o los efectos de la estructura de la cubierta sobre la transición primaveral. Por tanto, la elección de una dosis de resiembra apropiada puede ser crucial para establecer un límite para la transición de la resiembra.

El aumento de la resistencia a enfermedades, la tolerancia a la frecuencia y altura de siega, una gran capacidad de ahijamiento y un aumento de la tolerancia al calor propician variedades de ryegrass mejores y más fuertes. Sin embargo, esto supone una importante desventaja para la transición primaveral

FIGURA 1. EFECTOS DE LAS DOSIS DE SEMILLA EN LA TRANSICIÓN. MEDIA DE 2 AÑOS

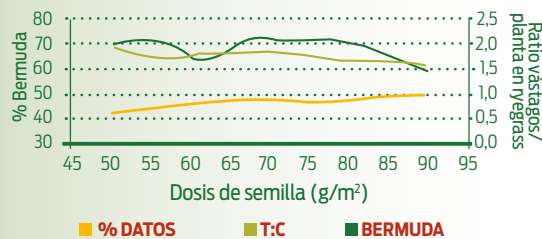
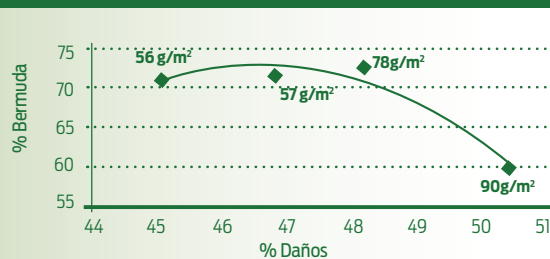


FIGURA 2. DAÑO POR EL CALOR AL RYEGRASS Y % DE BERMUDA EN LA TRANSICIÓN



el 8 de octubre en 1.999. Tras un crecimiento y un mantenimiento habitual, se segaron las parcelas de césped cuatro veces a intervalos de seis semanas y se midió el número de vástagos de la cubierta vegetal y la composición de la planta.

Cada año en junio (momento de la última siega) se realizaron pruebas de tolerancia al calor y evaluaciones de los vástagos para medir la tolerancia al calor (a través de la medición del contenido de escape celular) en cuatro de las dosis de siembra.

RESULTADOS: PRUEBAS DE TOLERANCIA AL CALOR

En la prueba de laboratorio para la tolerancia al calor del ryegrass perenne se obtuvieron los siguientes

ELECCIÓN
Por tanto, la elección de una dosis de resiembra apropiada puede ser crucial para establecer un límite para la transición de la resiembra.

resultados, realizando el promedio de ambas temporadas:

Al aumentar la dosis de resiembra, se produce un aumento de los daños por calor, según mediciones del contenido de escape celular (Fig. 1). Así, al aumentar la dosis de resiembra, las plantas eran menos tolerantes al calor. La dosis de 56 gr/m² (500 lbs/acre) fue siempre más tolerante al calor que la dosis de 90 gr/m² (800 lbs/acre).

La respuesta de las plantas de ryegrass de vástago múltiple o simple no tuvo efecto sobre la tolerancia al calor. Las plantas de vástago único mostraron igual tolerancia al calor que las de vástago múltiple.

La respuesta de tolerancia al calor entre las distintas clases de vástagos fue la misma en las cuatro dosis de semilla testadas. Es decir, no se encontró diferencia en el contenido de escape celular en las plantas con vástago único al aumentar las dosis de semillas. Esto mismo se cumple para las plantas con vástago múltiple. No mostraron diferencia de una dosis de semilla a otra.

Por tanto, el mensaje que se deduce es que la dosis de semillas únicamente afectó a la tolerancia al calor: al aumentar la dosis de siembra el césped era menos tolerante al calor.

TRANSICIÓN

El porcentaje de bermuda en las parcelas se determinó por observaciones visuales. La transición se vio afectada por la dosis de semillas. La siembra a 50 gr/m² (450 lbs/acre) (dosis más baja) siempre fue diferente de la de 90 gr/m² (800 lbs/acre) (dosis más alta) en todos los días a lo



largo del periodo de dos años. Las siembras a 67 gr/m² (600 lbs/acre) y 78 gr/m² (700 lbs/acre) siempre fueron intermedias (Fig. 2).

Con dosis superiores a 78 gr/m² de semilla pura, el porcentaje de bermuda descendió rápidamente. Esto ocurrió durante los dos años y fue constatado en cada evaluación (Fig 1). Con una dosis de 50 gr/m². siempre se observó la mayor cantidad de bermuda, mientras que con 90 gr/m² la cantidad fue siempre la menor.

Durante el primer año (1.999), el ryegrass aún era visible en las parcelas durante la primera semana de agosto. Durante el segundo año (2.000), se observa

Se diseñó un estudio de dos años para evaluar el efecto de la dosis de resiembra sobre la dinámica de la cubierta de césped



Las mejoras en las variedades cultivares de ryegrass perenne han empeorado la transición primaveral a bermuda. El resultado es una apariencia parcheada y una superficie de baja calidad en verano, lo que tiene un impacto negativo sobre el crecimiento de la bermuda

ban algunos parches de ryegrass hasta la tercera semana de julio, inclusive. No se incluyeron otros tratamientos para favorecer la transición (alteraciones de riego, disminución del corte, verticut, aireación) ya que no era necesario para permitir que los efectos de la tasa de semilla siguieran su progresión natural para poder medir sus consecuencias.

RELACIÓN ENTRE LA TOLERANCIA AL CALOR Y LA TRANSICIÓN

Al aumentar la dosis de siembra, la tolerancia al calor descendió en las pruebas de laboratorio. En el terreno, la cantidad de bermuda nor-

malmente disminuyó al aumentar la tasa de siembra (Fig. 2).

Los resultados mostraron una clara relación inversa entre la tolerancia al calor del ryegrass a mediados de junio y la transición en ese momento o posteriormente. La máxima aceptada desde hace 25 años de que la resiembra a dosis altas produce plantas más débiles, podría seguir siendo cierta. En estas pruebas más recientes, el método de lesiones por calor demostró claramente que un aumento de las dosis de resiembra producía plantas más débiles (Fig. 2), sin embargo el aumento de la dosis de semillas no supuso una mejor transición a la bermuda. En los últimos 25 años se

Un aumento de la dosis de resiembra del ryegrass perenne debilitará las plantas

han desarrollado importantes mejoras en el rendimiento de ryegrass, por lo que la capacidad de producir y mantener un césped denso (alta capacidad de ahijamiento) con programas de segado frecuente y corto puede cambiar esta vieja regla general normalmente aceptada en el pasado.

DOSIS

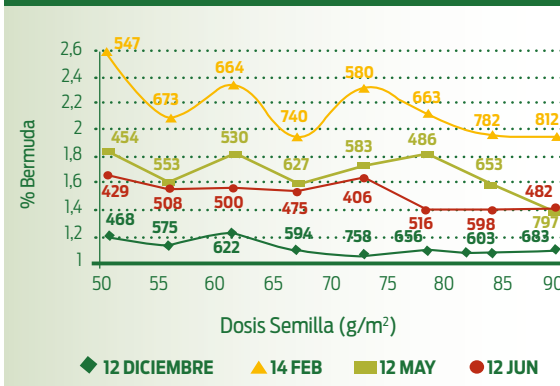
Un aumento de las dosis de resiembra producía plantas más débiles (Fig. 2), sin embargo el aumento de la dosis de semillas no supuso una mejor transición a la bermuda

DINÁMICA DE LA CUBIERTA VEGETAL Y TRANSICIÓN

El ryegrass perenne Quickstart dio distintas respuestas a la dosis de semilla y fecha de muestreo para la cantidad total de vástagos presentes y el grado de plantas con vástagos múltiples por planta. Los ratios generales vástago/planta se calcularon dividiendo el número de plantas presentes por el número total de vástagos. Las dosis de semillas con un menor ratio vástago/planta dieron una increíble abundancia de plantas formadas por un único vástago. Las dosis de semilla con mayor ratio vástago/planta dieron un amplio conjunto de plantas de vástago múltiple en la cubierta vegetal. A mayor ratio, mayor presencia de plantas de vástago múltiple. Algo similar ocurrió durante los dos años para todos las dosis de siembra, lo cual puede explicarse a rasgos generales como sigue (Fig. 3)

A menos tiempo transcurrido en la temporada siguiente a la resiembra (dos meses), mayor predominio de plantas de vástago único en el césped. Los ratios vástago/planta oscilaban entre 1.05 y 1.2 en diciembre de 2.000, lo que sugería que todas las dosis de semilla tenían principalmente plantas de vástago único tras la resiembra (Fig. 3).

**FIGURA 3. RATIOS VÁSTAGOS / PLANTA.
4 FECHAS DEL AÑO 2**



Los valores numéricos junto a cada punto representan el conteo total de vástagos

ENSAYOS

Las dosis de resiembra de 50 a 56 y de 67 a 78 gr/m², ofrecían una mejor transición y unas condiciones aceptables del césped

A mediados de febrero, las ratios aumentaron drásticamente, lo que indicaba que las plantas estaban desarrollando múltiples brotes en la base de plantas distintas (plantas de vástago múltiple). La menor dosis de semilla, 50 gr/m², produjo el mayor número de plantas con múltiples vástagos (ratio vástago/planta de 2.6), mientras que la mayor dosis de semilla, 90 gr/m², produjo el menor número de plantas con múltiples vástagos (ratio vástago/planta de 2.9). Estos resultados fueron los previstos, dada la premisa de la influencia de la densidad de siembra sobre el desarrollo del crecimiento en racimo de céspedes de clima frío.

A principios de mayo, las ratios comenzaron a descender, así como el número total de brotes

(con independencia del origen). Las mayores ratios vástago/planta se dieron para densidades de siembra de 50, 56 y 78 gr/m². (Fig. 3). De todas las densidades de siembra, la de 90 gr/m² produjo la mayor cantidad total de vástagos totales (797), manteniéndose el 99% del número total de vástagos desde febrero (812).

La siembra a 56 gr/m² demostró ser inigualable. Normalmente con esta dosis se obtuvieron ratios vástago/planta intermedios o bajos a lo largo de todas las temporadas de resiembra (Fig. 3). Esto demostró que, por alguna razón inexplicable, esta dosis en particular mantenía un nivel de plantas de vástago único, lo que coincidía con una cantidad relativamente baja de bermuda en la transición (Fig.1). Esta dosis de siembra fue relativamente estable en la cantidad total de vástagos desde diciembre a febrero y experimentó un menor porcentaje de pérdida de vástagos en mayo y junio (Fig. 3).

En el último muestreo, a mediados de junio las ratios vástago/planta interactuaron de forma diferente en función de la densidad de siembra. Es alarmante el hecho de que una dosis de 90 gr/m² perdiera el 40% de vástagos totales desde mayo a junio (de 797 a 482). Esta rápida pérdida de plantas puede ser una explicación para el descenso en la transición que se produce a esta dosis de

siembra. Esto quizá se deba a la aplicación de productos químicos que pueden suprimir la bermuda (alelopatía); al aumento de competencia por una mayor densidad total de brote a lo largo del tiempo; o a la unión de ambos. Es interesante también el resultado de que el tratamiento de 73 gr/m² obtuvo la menor cantidad total de vástagos de ryegrass a mediados de junio, y además tuvo un ratio vástago/planta alto en junio. Probablemente las plantas de vástago único estaban muriendo en la cubierta vegetal, comenzando a mediados de mayo o incluso un poco antes.

CONCLUSIÓN

Una vez todo concluido el experimento, se obtuvieron algunos modelos y resultados definitivos:

- ▶ Se probó como cierta la máxima aceptada de que un aumento de la dosis de resiembra del ryegrass perenne debilitará las plantas. Según los test de fuga de electrolitos de las células, las plantas que crecían con una densidad de siembra mayor mostraban una menor tolerancia.
- ▶ Sin embargo, la tolerancia al calor no estaba relacionada con la transición. La cantidad de bermuda en las parcelas no aumentó al incrementar la dosis de siembra, de hecho, por lo general ocurrió lo contrario. La mayor dosis de siembra (90 gr/m²) resultaba siempre en una menor presencia de bermuda, mientras que la menor dosis de resiembra (50 gr/m²) presentaba la mayor cantidad de bermuda.
- ▶ Las dosis de resiembra de 50 a 56 y de 67 a 78 gr/m², ofrecían una mejor transición y unas condiciones aceptables del césped.
- ▶ La resiembra a 90 gr/m² redujo notablemente la transición en la prueba.
- ▶ Con el tiempo, todos los tratamientos devolvieron el 100% de bermuda en el mismo orden de clasificación según el porcentaje obtenido para la transición en junio. ■

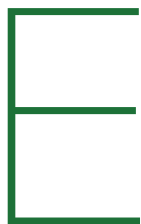


Resiembra en La Reserva de Sotogrande. Cortesía de Javier Gutierrez

Uso de Herbicidas de Preemergencia para Digitaria y Otras Malas Hierbas Anuales de Verano

PATRICK E. MCCULLOUGH, PH. D.

Extension Weed Scientist, The University of Georgia



El control de las malas hierbas anuales de verano es un importante desafío dentro de los programas de mantenimiento del césped en primavera. Los herbicidas de preemergencia se aplican antes de que las malas hierbas germinen para evitar su establecimiento en los céspedes. Las plántulas absorben estos herbicidas y la translocación, aunque limitada, se produce con la transpiración y el flujo de masa de los solutos de las plantas. La mayoría de los herbicidas de preemergencia inhiben la división celular en las raíces y los brotes; pero no evitan el establecimiento de la planta a partir de los tallos vegetativos o de las malas hierbas que están ya visiblemente presentes.

Por lo general, los herbicidas de preemergencia ofrecerán una eficacia inicial similar si son aplicados antes de la germinación de las malas hierbas y si reciben suficiente agua de lluvia o riego. Los herbicidas de preemergencia requieren ser incorporados a través del riego o de la lluvia para que la maleza pueda absorber el material aplicado. Para un control efectivo de las malas hierbas, los herbicidas de preemergencia deben concentrarse en el tercio superior del perfil del suelo. La retención de herbicida en

el tejido de la hoja puede evitarse regando el césped inmediatamente después de la aplicación, lo que supone además una efectiva incorporación en el suelo.

EFICACIA DE LOS HERBICIDAS DE PREEMERGENCIA

Para que las malas hierbas en desarrollo puedan absorberlos, los herbicidas de preemergencia deben estar disponibles a través de la solución del suelo, más que ligados a los coloides del suelo. En la absorción de herbicidas influyen principalmente el nivel de hidratación del suelo, las propiedades del suelo y la química del herbicida. En la eficacia del herbicida de preemergencia influye la persistencia del químico en el suelo, que a su vez depende del potencial de lixiviación y el índice de descomposición microbiana.

La lixiviación no suele ser una preocupación con los herbicidas de preemergencia, pero el potencial de movimiento por debajo del banco de semillas puede reducir su eficacia para el control de malas hierbas. La lixiviación está influenciada por la solubilidad en agua del herbicida, el tipo de suelo y la cantidad de agua de lluvia o riego que recibe el césped.

La textura del suelo (concentración de arena, limo y arcilla) influye sobre la capacidad de retención de agua y absorción, movi-



Test de control sobre malas hierbas

miento y retención del herbicida. La materia orgánica del suelo y el contenido de arcilla son componentes coloidales que influyen sobre la disponibilidad de herbicidas de preemergencia para el control de malezas. Los herbicidas son más propensos a unirse a suelos ricos en materia orgánica, lo que puede reducir la absorción por las malezas en germinación. El pH puede también influir sobre la fijación del herbicida. Los herbicidas de preemergencia tienen un mayor potencial de movimiento en suelos arenosos con un contenido bajo de materia orgánica.

La actividad microbiana tiene una gran influencia sobre la persistencia del herbicida en el suelo, especialmente a final de verano. El potencial de descomposición microbiana depende de la química



del herbicida y de la temperatura del suelo. La actividad microbiana aumenta con la temperatura, y por tanto, la concentración de herbicida puede descender de la primavera al verano lo que reduce el potencial para el control de malezas anuales. El peor de los escenarios para controlar las malas hierbas anuales de verano mediante herbicidas de preemergencia sería aplicarlo a césped establecido en suelo arenoso, temperatura del suelo por encima de la media en primavera, fuertes lluvias y un ciclo prolongado de germinación de malezas.

CALENDARIO DE APLICACIÓN

Los tratamientos con herbicidas de preemergencia efectivos son aquellos que se aplican en una concentración suficientemente alta antes

de la germinación de las malezas. Los herbicidas de preemergencia no evitan que las semillas germinen sino que las controlan poco después de germinar, principalmente inhibiendo la división celular en raíces y brotes. Las plántulas que germinan absorben el herbicida de la solución del suelo y tienen un crecimiento limitado que finalmente lleva a la muerte de la planta.

La digitaria (*Digitaria sanguinalis*, L.) y la eleusine (*Eleusine indica*, spp.) son malas hierbas de verano muy problemáticas para el césped. La digitaria empieza a germinar en febrero hasta mayo cuando la temperatura del suelo alcanza aproximadamente 12,78°C. La eleusine suele germinar más tarde que la digitaria, cuando la temperatura del suelo alcanza los 15,56°C ó 18,33°C. Esta necesidad de temperaturas más altas para la eleusine puede llevar a una germinación

15,56°C

grados a los que suele germinar la Eleusine

Más tarde que la digitaria

inicial más tardía que la de la digitaria. Se recomienda a los Greenkeepers que retrasen las aplicaciones de herbicida de preemergencia para controlar la eleusine aproximadamente tres o cuatro semanas más tarde en primavera que los tratamientos iniciales para la digitaria.

Existen varios herbicidas de preemergencia para el control de digitaria y eleusine. Las aplicaciones iniciales deben hacerse antes de la germinación de la digitaria si se pretende controlar ambas

Por lo general, los herbicidas de preemergencia ofrecerán una eficacia inicial similar si son aplicados antes de la germinación de las malas hierbas y si reciben suficiente agua de lluvia o riego

hierbas. Los herbicidas que controlan ambas especies son oxadiazon (Ronstar) y pendimetalina (Stomp, Ordago). Muchos herbicidas de preemergencia están disponibles bajo una gran variedad de marcas comerciales y fórmulas, por lo que los greenkeepers deben leer cuidadosamente y seguir las instrucciones de la etiqueta antes de aplicar los productos.

CÉSPEDES SIN RIEGO

La aplicación de herbicidas de preemergencia en zonas sin riego es menos apta para un control residual exitoso en comparación con el césped en riego. La activación del herbicida no es por regla general un problema en los tratamientos iniciales con herbicidas de preemergencia a principios de primavera gracias a las suficientes precipitaciones, pero el riego puede ser esencial para las siguientes aplicaciones a principios de verano.

Los Greenkeepers no deberían recoger los clippings o restos de siega en las zonas sin riego para ayudar a reducir la retención de herbicida en el tejido de la hoja e incorporar el herbicida al suelo. Si se recogen los clippings como parte del trabajo de mantenimiento, los Greenkeepers deberían considerar devolverlos hasta que hayan llovido al menos de 12 a 25 litros por metro cuadrado de lluvia, para que el

herbicida se desprenda del tejido de la hoja.

Los Greenkeepers que apliquen fórmulas líquidas de herbicidas de preemergencia en zonas sin riego deberán usar grandes volúmenes de agua en la cuba para reducir el contacto foliar e incrementar la concentración de agua con herbicida en el suelo. Aplicar productos granulados en zonas sin riego podría reducir el contacto con el tejido foliar del césped para una incorporación más efectiva al suelo. Los productos granulados pueden ser más fáciles de manejar y aplicar con una menor necesidad de equipamiento que las fórmulas pulverizables. Los herbicidas granulados deben aplicarse cuando haya desaparecido el rocío de la mañana.

Los herbicidas granulados pueden también estar impregnados con fertilizantes, por lo que aplicar estos productos puede ser más económico que aplicar el herbicida y el fertilizante por separado. Estos productos para matar hierbas y abonar suelen comercializarse como “Weed and Feed”, o mezclas preenvasadas de un herbicida de preemergencia y fertilizante. Aunque estas mezclas pueden ofrecer una conveniente opción de tratamiento, no todas las especies de césped admiten la aplicación de productos combinados en primavera. El nutriente más preocupante es el nitrógeno. Deben evitarse los productos “Weed and Feed” que contienen nitrógeno hasta que la temperatura 10 cm del suelo sea constante a 18,33°C. Algunos productos combinados contienen como único nutriente potasio, que es apropiado para aplicaciones a finales de invierno y principios de primavera.

Puede que los productos combinados preenvasados no contengan las dosis de fertilizante o cantidad de nutrientes apropiadas para una especie de césped en particular o para un régimen de mantenimiento. De igual manera, las dosis de herbicida pueden variar



SEMILLAS
Los herbicidas de preemergencia no evitan que las semillas germinen sino que las controlan poco después de germinar, principalmente inhibiendo la división celular en raíces y brotes

en relación con las dosis de fertilizante y las concentraciones de los productos combinados pueden ser insuficientes para el control de las malas hierbas en primavera. Antes de aplicarlos, los Greenkeepers deberían calcular el ingrediente activo del herbicida y la dosis de fertilizante que se aplican con las dosis recomendadas de los productos combinados, así pueden corregirse las deficiencias con aplicaciones adicionales de cada herbicida o fertilizante requerido.

ACTIVIDAD RESIDUAL DE LOS HERBICIDAS DE PREEMERGENCIA

El calendario de aplicación de los herbicidas de preemergencia antes de la germinación de la digitaria es esencial para un control efectivo. En Georgia, el calendario de aplicación inicial varía de la costa a la zona norte dependiendo de cuando la temperatura del suelo se mantiene en un rango de entre 10,00°C y 12,78°C.

En la costa de Georgia, el calendario inicial de aplicación del herbicida de preemergencia podría oscilar desde el 1 de enero al 20 de marzo dependiendo de la temperatura y las precipitaciones. En el centro y norte de Georgia, los Greenkeepers deben considerar una aplicación inicial del tratamiento de herbicida de preemergencia antes del 15 de marzo y 1 de abril, respectivamente.

Estas fechas deben considerarse como una referencia general para los calendarios de aplicación. En la práctica, para determinar la aplicación óptima de los herbicidas residuales se deben tener en cuenta factores ambientales como la temperatura del suelo, las precipitaciones y los ciclos de germinación de los años previos. Los Greenkeepers deben contactar también con los agentes locales de extensión agrícola de la zona para obtener asesoramiento sobre el inicio de los programas de herbicidas de preemergencia.

La duración del control residual de los herbicidas mencionados puede variar dependiendo del uso, dosis, suelo y las condiciones ambientales.

POR QUÉ FALLAN LOS HERBICIDAS DE PREEMERGENCIA

Controlar las malas hierbas anuales de verano hasta principios de otoño puede ser difícil con tratamientos de herbicidas de preemergencia iniciados en primavera. La actividad residual a final de verano determina la capacidad de los herbicidas de preemergencia de controlar la germinación de la mala hierba anual. Uno de los factores más importantes que contribuyen al fracaso del herbicida de preemergencia a final de verano es la ampliación de los ciclos de germinación debido a la sequía, el calor y una latencia prolongada de la semilla.

Por lo general, las malas hierbas anuales de verano como la digitaria tienen dos momentos principales de germinación, en primavera y verano. Normalmente la germinación inicial es menos difícil de controlar con aplicaciones de herbicidas de preemergencia a principios de primavera gracias a las precipitaciones puntuales. El segundo ciclo de germinación generalmente comienza a mediados de verano ya que las temperaturas se mantienen por encima de 26,67°C y suele ser reforzado por precipitaciones tras periodos de sequía. Sin embargo, el calor veraniego y unos ciclos secos extensos pueden retrasar la germinación de las malas hierbas anuales y aumentar la duración de la latencia de las semillas.

La prolongación de la latencia puede continuar a finales de verano mientras desciende la concentración de herbicida de preemergencia en el suelo. El aumento de la temperatura del suelo y su humedad favorecen la actividad microbiana que es un importante factor para la pérdida de herbicida

El peor de los escenarios para controlar las malas hierbas anuales de verano mediante herbicidas de preemergencia sería aplicarlo a césped establecido en suelo arenoso, temperatura del suelo por encima de la media en primavera, fuertes lluvias y un ciclo prolongado de germinación de malezas

DIGITARIA
Se recomienda a los Greenkeepers que retrasen las aplicaciones de herbicida de preemergencia para controlar la eleusine unas tres o cuatro semanas más tarde en primavera que los tratamientos iniciales para la digitaria

en el suelo desde primavera hasta final de verano. La degradación de los herbicidas, la germinación retrasada o continua de las malas hierbas de verano y unas precipitaciones significativas a final de verano pueden suponer el fracaso de los herbicidas de preemergencia contra las malas hierbas de verano. Además, el césped puede estar más fino y débil por el estrés veraniego lo que podría reducir la competencia con las malas hierbas anuales.

AUMENTO DE LA ACTIVIDAD DE LOS HERBICIDAS DE PREEMERGENCIA

Existen diversas estrategias que podrían incorporarse a los programas de mantenimiento para ampliar la actividad de los herbicidas de preemergencia a final de verano para controlar las malas hierbas anuales. Según muestran las investigaciones, una aplicación dividida de los herbicidas puede ampliar el periodo de actividad residual en el suelo. Por ejemplo, la pendimetalina (Stomp, Ordago) puede aplicarse a 3,4 kg/ha de ingrediente activo en una temporada. En lugar de aplicar la dosis máxima en primavera los Greenkeepers pueden dividir las aplicaciones en una inicial de 1,7 kg/ha de ingrediente activo y un segundo tratamiento con otros 1,7 kg/ha de ingrediente activo después de seis u ocho semanas. Esto ayudará a controlar el florecimiento inicial

de malas hierbas como la digitaria y, con una secuencia adecuada, la siguiente aplicación contribuirá al control de la segunda germinación.

Los herbicidas de preemergencia pueden también mezclarse con herbicidas de postemergencia para controlar las plantas establecidas de digitaria y ofrecer un control residual. El fenoxaprop (Greenex AV) ofrece un control de postemergencia muy efectivo sobre la digitaria y eleusine en céspedes de clima frío y de zoysia. El fenoxaprop puede mezclarse con herbicidas de preemergencia para controlar de forma selectiva las plantas visibles de digi-



¿SABÍAS QUE?

La duración del control residual ofrecido por los herbicidas de preemergencia varía según el producto:

el oxadiazon (Ronstar) tienen por lo general una actividad residual más amplia (tres a cuatro meses) que la mayoría de los herbicidas. Productos como la pendimetalina (Stomp, Ordago) tienen una actividad moderada sobre el suelo (dos a tres meses).

Por lo general, las malas hierbas anuales de verano como la digitaria tienen dos momentos principales de germinación, en primavera y verano

taria y ofrecer un control residual. Al contrario que el quinclorac, el fenoxaprop controla las plantas de digitaria de vástago múltiple pero no es compatible con la mayoría de herbicidas para plantas de hoja ancha. El Diclofop (Illoxan) controla las plantas jóvenes de eleusine hasta la fase de crecimiento de un vástago y es más efectiva sobre césped segado a poca altura. El Illoxan está indicado sólo para bermuda, y como el fenoxaprop no debe aplicarse con herbicidas para plantas de hoja ancha. Otros herbicidas de postemergencia para controlar la eleusine son el foramsulfuron (Cubix) y sulfentrazona (Dismiss), pero la actividad de estos herbicidas es mayor en plantas inmaduras o sin vástagos.

La actividad residual de las aplicaciones de herbicidas de preemergencia en verano puede plantear un problema para el establecimiento de la resiembra de otoño en céspedes de clima frío. Dado que los herbicidas de preemergencia controlan muchas especies de plantas que germinan a partir de semillas, puede inhibirse la germinación de los céspedes sembrados

CONTROL
Uno de los factores más importantes que contribuyen al fracaso del herbicida de preemergencia a final de verano es la ampliación de los ciclos de germinación debido a la sequía, el calor y una latencia prolongada de la semilla

en septiembre por la presencia de los ingredientes activos mencionados en el suelo. Las restricciones de resiembra varían de unas especies a otras y los Greenkeepers deben comprobar las etiquetas de los productos antes de sembrar en las zonas tratadas. Si la actividad residual de los herbicidas de preemergencia supone un problema durante el establecimiento del césped en otoño, se recomienda que los Greenkeepers siembren zonas pequeñas de terreno para probar los niveles de germinación antes de ampliar la siembra a zonas más amplias.

La actividad residual de las aplicaciones de herbicidas de preemergencia en verano puede plantear un problema para el establecimiento de la resiembra de otoño en céspedes de clima frío. Se recomienda que los Greenkeepers siembren zonas pequeñas de terreno para probar los niveles de germinación antes de ampliar la siembra a zonas más amplias.

Se recomienda a los Greenkeepers que utilicen diferentes productos de herbicidas de preemergencia para evitar potenciales problemas

de establecimiento de malas hierbas. Se ha demostrado que el uso continuado de un herbicida de preemergencia en concreto aumenta la cobertura de otras especies de malas hierbas. Los experimentos realizados en los años 80 en la Universidad de Georgia apuntan que Betasan (bensulida) proporcionaba un buen control sobre la digitaria (80% o más) pero aumentaba la cobertura de otras malezas de hoja ancha como el trébol y la verónica. También se observó que un uso repetido de benefin y DCPA aumentaba la pimpinela, la chirivía silvestre y el trébol en el césped, mientras que el oxadiazon aumentaba las poblaciones de chirivía silvestre y minuarta.

Aún no se han determinado las implicaciones biológicas de la aparición de nuevas especies de malezas por el uso continuado de un mismo herbicida de preemergencia. Sin embargo, esto puede ser consecuencia del éxito en el control de la digitaria que limita la competencia al establecimiento de malas hierbas de hoja ancha. La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas de preemergencia puede deberse también al uso repetido de químicos similares, como las dinitroanilinas. Por tanto, para realizar un control de preemergencia de las malas hierbas anuales de verano, los Greenkeepers deberían alternar la química herbicida y los métodos de acción. ■

TABLA 1. HERBICIDAS PREEMERGENTES PARA CÉSPEDES

Nombre común	Nombre comercial (ejemplo) a ophiuroides)	Bermuda	Centipede grass (Eremochlo)	Agrostis	Festuca rubra	Ryegrass perenne	St. Augustin (Stenotaphrum secundatum)	Festuca arundinacea	Zoysia
isoxaben	Rokenil, Gallery	*	*				*	*	*
oxadiazon	Ronstar, Bitram	*		*	*	*	*	*	*
pendimetalina	Pendulum, Pre-M	*	*		*	*	*	*	*
propizamida	Kerb	*	*				*		*

Benchmarking del uso del agua y la energía en campos de golf

FERNANDO EXPÓSITO MUÑOZ

Ingeniero Agrónomo
MSc in Water Management.
Advanced Irrigation Systems

Los costes asociados al uso de agua y energía han aumentado significativamente en el sector del golf en los últimos años, ya que ambos recursos tienen un alto valor económico y medioambiental. La introducción de sistemas de riego presurizados en campos de golf ha incrementado la importancia del consumo energético particularmente en relación con la planificación y programación del calendario de riegos. Además, los recursos hídricos se han visto afectados por la incesante demanda de minimización de impactos en las abstracciones de agua del medioambiente. Un uso eficiente de estos

recursos es esencial para optimizar el mantenimiento de la superficie vegetal con el mínimo impacto, y para ello benchmarking es una herramienta que puede favorecer a conseguir este objetivo.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El benchmarking es un proceso cíclico, que consiste en la identificación y planificación, recopilación de

datos, análisis, integración, acción, seguimiento y evaluación para identificar las diferencias de organización y desempeño de los diferentes aspectos asociados a la gestión, en este caso, de campos de golf. Con el fin de optimizar el uso del agua y la energía en el golf, hay un conjunto de indicadores de rendimiento que se pueden comparar entre sí para comprobar la eficacia en la gestión de las diferentes áreas de un campo de golf y establecer las mejores prácticas. Las técnicas de benchmarking no son nada más que la búsqueda de éstas mejores prácticas, con el fin de definir un protocolo de manejo y actuación de acuerdo a todos los factores que influyen en la gestión de campos de golf.

En este sentido, el Programa Internacional para la Investigación Tecnológica sobre el Riego y el Drenaje (IPTRID) publicó las "Directrices para la evaluación comparativa del rendimiento en el sector del riego y el drenaje" (Malano y Burton, 2001). El documento trata de explicar el concepto de benchmarking y su aplicación en la regulación de las actividades de riego y drenaje. En cuanto al benchmarking del uso de la energía, el Plan de Acción 2008-2012 para la eficiencia energética en España, considera que las regulaciones para la agricultura de regadío se centran en las comunidades de regantes, lo que puede ser perfec-



tamente aplicado a los campos de golf a través de auditorías energéticas. El "Protocolo de auditoría energética para las comunidades de regantes" (IDEA, 2008) es un protocolo diseñado para combinar el diseño de sistemas de riego con el uso adecuado de los recursos agua y energía.

De esta manera, este estudio se centra en el análisis de campos de golf en España y el Reino Unido para obtener información real sobre el uso y gestión del suministro de agua de riego y el sistema de bombeo para optimizar el



mantenimiento de la calidad del césped con el mínimo impacto. Los objetivos de este estudio son principalmente tres: en primer lugar, recopilar datos históricos de cuatro campos de golf diferentes en cuanto a características generales, datos climáticos para estimar las necesidades teóricas de agua, fuentes de suministro de agua, captaciones de agua de riego, volúmenes de agua que se bombea, especificaciones de la estación de bombeo y las facturas de electricidad para calcular el consumo anual de energía. En segundo lugar, desarrollar un

ESTUDIO
Este estudio comparativo se centró en aplicar las técnicas de benchmarking en los campos de golf seleccionados para el año 2009

Una de las diferencias entre España y el Reino Unido en la gestión de la energía en el golf es el tipo de facturación de energía

conjunto de indicadores de rendimiento basados en referencias fiables para medir el uso del agua y la energía en estos campos de golf. Y por último, demostrar la eficiencia de las técnicas de benchmarking, y comparar y evaluar la gestión de los diferentes campos de golf de acuerdo a los resultados de eficiencia en el uso del agua y la energía e identificar las posibles medidas correctoras para el futuro.

METODOLOGÍA

La primera parte del estudio se centra en la selección de los campos de golf y la recogida de información. Para la recopilación de datos, un cuestionario es enviado a los greenkeepers de los diferentes campos de golf en el que se les pregunta sobre los detalles del campo de golf, las fuentes de suministro de agua, detalles de riego y drenaje y las especificaciones de la estación de bombeo. También se solicita el volumen anual de agua de riego y las facturas de electricidad relacionadas con el consumo de energía para riego en la estación de bombeo. Es importante aclarar que este estudio comparativo se centró en aplicar las técnicas de benchmarking en los campos de golf seleccionados para el año 2009. La recopilación de dicha información para cada temporada hace posible que se pueda evaluar anualmente la gestión de cada campo de golf.

Los datos históricos del clima como la precipitación y la evapotranspiración de referencia se solicitan para estimar el indicador agroclimático Potencial máximo de déficit de humedad en el suelo

(PSMD máximo) alcanzado cada año. Se supone que, al comienzo de la temporada, cada año, el PSMD inicial es 0. Ocasionalmente puede ocurrir que, debido a las tormentas o lluvias torrenciales que suelen ocurrir en cortos periodos de tiempo, el valor del PSMD sea negativo. En este caso, es corregido y asumido como 0.

Para el análisis de los datos, dado que la mayoría de los campos de golf tienen su propia estación meteorológica, se les solicita que proporcionen datos históricos de ET y precipitaciones para calcular el PSMD máximo para cada año de manera más precisa. Por el contrario, para aquellos que no disponen de estas facilidades, los datos son tomados de la estación meteorológica más cercana con el fin de estimar una evolución razonable del contenido de agua en el suelo y comparar estos resultados con la demanda real de agua de riego y de suministro.

Una de las diferencias entre España y el Reino Unido en la gestión de la energía en el golf es el tipo de facturación de energía. En España, existen diferentes periodos de facturación en función de la época del año y la hora del día. Los precios son diferentes en cada uno de ellos, calculados en función de la potencia contratada y la potencia consumida, medidas en €/kW/año, el consumo de energía activa en €/kWh/año y el consumo de energía reactiva, expresado en €/kVArh/año, cuyo pago sólo se realiza por penalización en caso de

TABLA 1
RESUMEN DEL CONJUNTO DE INDICADORES DESARROLLADOS PARA EL ESTUDIO DE LOS CAMPOS DE GOLF

	Indicadores	Unidades	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4
Funcionamiento Sistemas	1.1. Área total del campo de golf (ha)	ha	85	70	50	46.54
	1.2. Área total regada del campo de golf (ha)	ha	72	45	45	10.12
	1.3. Volumen anual de agua de riego recibido en el campo de golf (m ³)	m ³	558085	395000	91695	12648
	1.4. Volumen anual de agua de riego aplicado al campo de golf (m ³)	m ³	513438	493000	91695	12648
	1.5. Volumen anual de agua que entra al sistema (m ³)	m ³	883734	595808	364224	68108
	1.6. Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m ³ /ha)	m ³ /ha	7751	8778	2037	1249
	1.7. Volumen de agua de riego aplicado por unidad de área regada (m ³ /ha)	m ³ /ha	7131	10956	2038	1250
	1.8. Suministro relativo de agua (RWS)		0.98	1.21	1.10	1.17
	1.9. Suministro relativo de agua de riego (RIS)		0.97	1.32	1.59	4.7
	1.10. Capacidad máxima de bombeo (l/s)	l/s	105	125	100	5.5
	1.11. O de suministro de agua		1.89	3.27	4.83	1.03
Funcionamientos	2.1. Coste del agua por unidad de superficie regada (€/ha)	€/ha	844	2107	98	55
	2.2. Coste del agua de riego por metro cúbico aplicado (€/m ³)	€/m ³	0.11	0.24	0.05	0.04
	2.3. Número total de empleados por unidad de superficie regada (nº/ha)	persons/ha	0.4	0.6	1.8	0.6
Potencia	3.1. Potencia anual contratada (kW)	kW	150	370	n/a	n/a
	3.2. Potencia anual consumida (kW)	kW	165.5	314.5	n/a	n/a
	3.3. Potencia máxima registrada (kW)	kW	192	160	n/a	n/a
	3.4. Rendimiento de la potencia consumida (%)	%	144	85	n/a	n/a
Energía	4.1. Consumo anual de energía activa (kWh)	kWh	177186	343023	28356	3857
	4.2. Consumo anual de energía reactiva (kVArh)	kVArh	53337	107290	7640	1267
	4.3. Factor de potencia del sistema		0.94	0.95	0.95	0.95
	4.4. Coste anual de electricidad (€)	€	26942	49141	2552	347
	4.5. Energía unitaria (kWh/m ³)	kWh/m ³	0.35	0.70	0.31	0.30
Rendimiento	5.1. Potencia anual contratada por superficie total del campo de golf. (kW/ha)	kW/ha	1.76	5.29	n/a	n/a
	5.2. Potencia anual consumida por superficie regada (kW/ha)	kW/ha	2.31	6.99	n/a	n/a
	5.3. Energía anual consumida por superficie regada (kWh/ha)	kWh/ha	2461	7623	630	381
	5.4. Energía anual consumida por volumen de agua recibido en el campo de golf (kWh/m ³)	kWh/m ³	0.32	0.87	0.31	0.30
	5.5. Coste energético por superficie regada (€/ha)	€/ha	374.2	1092	56.7	34.3
	5.6. Coste energético por área total (€/ha)	€/ha	317	702	51	7.5
	5.7. Coste energético por m ³ de agua que entra al sistema (€/m ³)	€/m ³	0.05	0.15	0.03	0.03
Eficiencia	6.1. IDE: Tasa de Dependencia Energética (%)	%	58	83	25	19
	6.2. ICE: Índice de Carga Energética (m)	m	75	90	82.7	82
	6.3. PEE: Eficiencia Energética de los Bombeos (%)	%	59	35	73	73



un exceso en el consumo. La facturación energética de los campos de golf ingleses es totalmente diferente, ya que no existen períodos tarifarios y no se fijan los precios por kW y kWh para calcular el coste anual de potencia y energía para los campos de golf.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, para garantizar la uniformidad en la comparación de los resultados, cada campo de golf se analiza por separado en función de sus características funcionales, observando la evolución de las condiciones climáticas del campo y un estudio histórico de la gestión del agua de riego y el uso de energía. Una vez conocidas las variables técnicas necesarias para calcular los indicadores de benchmarking, éstos se calculan de acuerdo con el protocolo definido.

Los registros históricos climáticos son muy importantes para

identificar una buena gestión del riego. Parámetros como las precipitaciones, la temperatura media y la evapotranspiración de referencia deben ser registrados diariamente en cada campo, por lo que resalta la importancia de contar con una estación meteorológica propia en cada campo de golf. En términos de indicadores de rendimiento, conforme a la lista de indicadores proporcionados en este estudio (Tabla 1), los indicadores más representativos para evaluar la gestión de los campos son: el suministro de agua de riego anual por superficie regada (m^3/ha), con el fin de compararlo con el de los cultivos agrícolas de regadío; los indicadores RWS y RIS, que evalúan la eficiencia en la programación y aplicación del riego; la potencia anual contratada por el área total del campo (kW/ha), puesto que este indicador da una idea de la presión requerida en la estación

CONSUMO

El consumo de energía normalmente se estima en $2kW/ha$ para la agricultura, mientras que el campo de golf necesita casi $7kW/ha$

de bombeo; la energía anual consumida por unidad de agua recibida en el campo de golf (kWh/m^3), que nos indica la energía unitaria requerida de acuerdo con el volumen total de agua recibida para el riego; la tasa de dependencia energética (IDE), para estimar el uso del sistema de riego a presión para desarrollar la programación del riego y la eficiencia energética del bombeo (PEE), que evalúa el rendimiento de la estación de bombeo de acuerdo a la carga de presión de funcionamiento y el volumen de agua bombeado.

A cada campo de golf que se le ha asignado un nombre estándar: los campos de golf españoles son el 1 y 2, mientras que los ingleses son el 3 y 4, a fin de no revelar información confidencial acerca de cada campo y respetar la política de privacidad de cada club de golf.

La tabla 1 muestra el estudio comparativo entre los cuatro campos de golf.

En cuanto a los indicadores más representativos, la diferencia más significativa es el volumen total de agua aplicada entre los campos 2 y 3 a pesar de tener la misma superficie regada. Las condiciones climáticas, junto con las estrategias de riego son las responsables de esta diferencia. El suministro de agua de riego anual por superficie regada varía entre $1249 m^3/ha$ y $10955 m^3/ha$, valores que son elevados en muchos casos, en comparación con muchos cultivos agrícolas. Además, los costes de suministro de agua varían considerablemente según las fuentes, ya que el agua depurada que utiliza el campo de golf 2 es más cara que la de una comunidad de regantes o el uso de aguas subterráneas. El consumo anual de energía depende de la tasa de dependencia energética del campo de golf. El consumo de energía normalmente se estima en $2kW/ha$ para la agricultura, mientras que el campo de golf 2 necesita casi $7kW/ha$. Una justificación

TABLA 2

IMPLICACIÓN DE LOS COSTES ENERGÉTICOS EN LOS COSTES MOM TOTALES EN LOS CAMPOS DE GOLF

	Costes totales MOM (Mantenimiento, Operación y Gestión) por volumen de agua aplicado (€/m ³)	Coste de energía por volumen de agua aplicado (€/m ³)	Ratio de Energía en los costes totales MOM (%)
Campo 1	0.11	0.05	44
Campo 2	0.24	0.12	52
Campo 3	0.05	0.03	58
Campo 4	0.04	0.03	62

podría ser la necesidad de regar todo el campo durante la noche, lo que requiere una alta capacidad de bombeo para desarrollar la programación en un corto período de tiempo. Como consecuencia de ello, la eficiencia energética del bombeo indica el grado de eficiencia de la programación del sistema de riego de acuerdo a las necesidades hídricas del césped.

Por otra parte, la importancia de la energía en el total de los costes de gestión, operación y mantenimiento (MOM) se muestran en la **Tabla 2**, donde el precio del agua en función de la fuente de suministro influye en los costes de MOM totales.

CONCLUSIONES

Se demuestra así la importancia de una buena programación del riego en la gestión de las diferentes variedades de césped de un campo de golf, ayudando a producir y mantener una superficie de juego óptima y de gran calidad. Los resultados muestran grandes volúmenes de agua de riego aplicados con valores elevados del RIS que indican un exceso en el suministro de agua y un riego excesivo. Sin embargo, el consumo de energía destaca como el recurso más importante en el golf y se hace hincapié en la importancia de diseñar una estación de bombeo óptima de acuerdo a las

necesidades de riego del campo para garantizar un ahorro energético que puede ser significativo en los costes totales de MOM. Sin embargo, la sostenibilidad de este deporte es esencial ya que este entorno natural es un negocio que supone un importante generador de empleo local y desarrollo rural, contribuyendo significativamente a las economías locales.

Comparando la situación entre España y el Reino Unido, mientras que los campos de golf españoles estudiados toman el agua de las comunidades de regantes y las plantas de tratamiento de aguas residuales, en el Reino Unido son las abstracciones de los ríos y aguas subterráneas, junto con el uso de los suministros públicos de la red principal, mostrando una diferencia de precio por metro cúbico de entre 0,06 €/m³ para las licencias de abstracción y 0,24 €/m³ para las aguas residuales tratadas. En cuanto al uso de la energía, la tasa de dependencia energética anual en los campos de golf Españoles es superior al 50% con unos requisitos de energía anuales ocho veces superiores a los de los campos Británicos.

En definitiva, este estudio demuestra la importancia de las técnicas de benchmarking como un instrumento clave para garantizar un uso eficiente de los recursos hídricos y la energía en el golf. ■

RIEGO
La eficiencia energética del bombeo indica el grado de eficiencia de la programación del sistema de riego de acuerdo a las necesidades hídricas del césped

BIBLIOGRAFÍA

- **Abadía R., Rocamora C., Ruiz-Canales A. 2008.** *Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes.* Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Spain.
- **Allen, R.G. et al. 1998.** *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.* FAO Irrigation and Drainage paper 56. Rome. Italy
- **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2005.** *Ahorro y eficiencia energética en la agricultura de regadío.* Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Spain.
- **Malano, H. and Burton, M. 2001.** *Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector.* International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID). Secretariat FAO. Roma. Italia.
- **Rodríguez-Díaz, J.A., Weatherhead, E.K., García Morillo, J., and Knox, J.W. 2010.** *Benchmarking irrigation water use in golf courses – a case study in Spain.* Irrigation and Drainage (in press).