

Las mejores prácticas de gestión para campos de golf afectados por la sal: ¿por qué? y ¿cómo?

La salinidad, un desafío dominante.

POR LOS DRES. R. N. CARROW Y R. R. DUNCAN



Figura 1. La acumulación de sal en un green por el escurrimiento superficial y subsuperficial del rough regado.

El simple hecho de regar ampliamente con agua con sal un campo de golf desencadena una serie de desafíos a largo plazo. Como el riego es una práctica rutinaria, estos desafíos son constantes y no pueden ser ignorados (4, 2). Los efectos directos sobre el terreno de los componentes de la sal se exhiben como una combinación de: a) sequía inducida por sal por la acumulación total de sales solubles en la zona radicular de la hierba que inhibe la absorción de agua (suelos salinos); b) el deterioro inducido por el sodio de las propiedades físicas del suelo, que limitan el movimiento del agua y la aireación en el suelo (suelos sódicos); c) desequilibrios en los nutrientes del césped que son dinámicos por naturaleza; y; d) brote de plantas y toxicidades de iones en la raíz y otras

potenciales interacciones de iones problemáticos.

La movilidad de la sal después de la aplicación amplía la posibilidad de sufrir impactos adversos en el terreno y en el ecosistema. El movimiento constante de las sales se produce: verticalmente hacia arriba (capilaridad); hacia abajo en el perfil del suelo (infiltración, percolación, drenaje); y horizontalmente como transporte en la superficie y debajo de la superficie aumentado por la gravedad. Particularmente preocupante es el impacto potencial de las sales en la superficie y el agua subterránea debajo de la superficie, tanto en el terreno como fuera de él.

La diversidad, la magnitud y la complejidad de los problemas relacionados con la sal resultan en un paquete completo,

que incluye la gestión continua del césped, cuestiones económicas (enmiendas, infraestructura, equipo), ambientales, y desafíos relacionados con el personal (nivel de experiencia, comunicaciones). Las tensiones vinculadas a la salinidad del suelo han aumentado en alcance y preocupación en los últimos años en los campos de golf, debido a: a) las presiones políticas y sociales para la conservación del agua, que hacen que los campos de golf utilicen cada vez más agua de riego de peor calidad para aliviar la demanda de fuentes de agua potable; b) el desarrollo de pastos que toleren la sal, permitiendo el uso de fuentes de riego más salinas; c) el desarrollo de campos de golf costeros o en humedales, lo que genera problemas de salinidad por la intrusión de agua salada

en los acuíferos utilizados para riego, suelos dragados, sitios de sulfato ácido, inundaciones periódicas, influencia de las mareas altas y niebla salina persistente impulsada por el viento; y d) el aumento de las preocupaciones ambientales por la protección sostenible de las aguas superficiales y subsuperficiales y la calidad del suelo.

PLAN DE GESTIÓN DE SALINIDAD SOSTENIBLE

Los retos de la gestión ambiental son una parte cada vez mayor de la gestión de rutina de los campos de golf. Con irrigación con agua salina, la salinidad se une a la lista de cuestiones ambientales que deben ser abordadas, junto con: uso eficiente y conservación del agua; destino de los plaguicidas, nutrientes y sedimentos para proteger la calidad del agua superficial y del subsuelo; gestión de hábitat de vida silvestre; y otras cuestiones (3). Cuando hay salinidad, a menudo es el desafío ambiental

más complejo. Cada tema requiere un plan de gestión sostenible. El plan sostenible de mayor éxito o el estándar de oro para cada cuestión ambiental es el enfoque de mejores prácticas de gestión (BMP), cuyas características han sido resumidas por Carrow y Duncan (1). Las BMP integrales para todas las cuestiones ambientales en un terreno son pilares fundamentales que se combinan para formar el programa general de gestión de golf sostenible que abarca el medio ambiente, el funcionamiento y la viabilidad económica del campo (golf), y las preocupaciones sociales.

Carrow y Duncan (2) han desarrollado un plan integral sobre las BMP con respecto a la salinidad que incluye todas las posibles estrategias o componentes de la gestión que podrían ser utilizados por un superintendente de campo de golf que gestione un terreno afectado por la sal y que pueden ser incorporadas a un programa general de gestión de campos de golf sostenible en

terrenos afectados por la sal. Este plan de BMP es la base de este artículo. No todos los sitios que utilizan agua de riego salina requieren BMP tan vigorosos como aquellos campos que utilizan agua altamente salina, con suelos sensibles a la degradación estructural, o en un terreno ambientalmente sensible, pero incluso los sitios que reciben niveles de sal modestos pueden presentar problemas importantes con el tiempo si no se lleva a cabo una gestión adecuada y oportuna. Como la salinidad es un conjunto dinámico de tensiones, un plan integral de BMP sobre salinidad debe ser implementado agresivamente como un plan de trabajo y no convertirse en un documento en el estante.

Más adelante en este artículo, se resumirán los diferentes componentes (es decir, estrategias, opciones) de un plan de BMP sobre salinidad para proporcionar una plantilla o cuadrícula global para aquellos que están considerando un plan integral



Figura 2. La acumulación de sal y el estrés por sequía grave inducido por la sal en una fairway, debido al agua de riego salina y a la lixiviación limitada. Observe una mejor lixiviación en la zona con zanjas debido a mejores condiciones físicas.



Figura 3. Acumulación de sal y estrés de la sequía producida por la sal en la hierba Bermuda.

y sostenible de gestión de la salinidad. Pero el primer paso esencial de cualquier plan de BMP es una evaluación exhaustiva del terreno para obtener la información inicial necesaria para tomar decisiones informadas. Entonces, se pueden analizar los componentes de los posibles BMP partiendo de las condiciones específicas del campo en cuanto a si se necesitan en los BMP sobre salinidad finales específicas para ese campo de golf. Al evaluar los componentes posibles, esta evaluación debe realizarse tomando en cuenta las condiciones del terreno, la posibilidad de jugar allí actualmente y en el futuro, la economía, la administración ambiental y los aspectos sociales.

EVALUACIÓN DEL TERRENO

La evaluación del terreno implica una serie de factores que pueden influir en las decisiones de gestión de la salinidad, que incluyen posibles mejoras de la infraestructura. Muchos de los factores de la evaluación inicial del terreno también se utilizan para el monitoreo continuo de zonas afectadas por la sal. La información clave incluye:

Condiciones físicas del suelo: Estos conllevan impedimentos para la infiltración, percolación o drenaje, tales como capas cálcicas, de arcilla o roca; requisitos de profundidad de extracción o de cultivo profundo antes del establecimiento; requisitos de equipo para cultivos futuros; mejoras en el drenaje superficial y debajo de la superficie; desagües y opciones de

eliminación de sal; requisitos de eficiencia del sistema de riego; presencia de fluctuación o capas freáticas altas; necesidades de capas de arena; modificaciones físicas y químicas antes de la siembra para mejorar las condiciones físicas del suelo; textura del suelo; tipo de arcilla; y análisis físicos del suelo de los medios de la zona radicular, incluida la capacidad de retención de agua. Muchos de estos factores influyen en la retención de sal y el movimiento.

Identificación de agregados de sal:

Se deben conocer los agregados de sal, como por ejemplo los del agua de riego; un alto nivel freático fluctuante; ascenso capilar desde horizontes de subsuelos ricos en sal; mezcla de tierra cargada de sal durante la construcción o dragado; fertilizantes; drenaje hacia el terreno.

Aspectos químicos del suelo: La información crítica de la prueba química del suelo es: a) la información de análisis de suelo de rutina o datos normales de fertilidad del suelo, y b) información de la prueba de sal - SAR, ESP, CE, contenido de carbonato de calcio libre.

Evaluación de la calidad del agua de riego: esto incluiría: un análisis completo de la calidad del agua de riego; aspectos de exposición humana y fitosanitarios, si es necesario; y tomar en cuenta múltiples fuentes de agua de riego (mezcla, reutilización del agua de drenaje, confiabilidad del volumen de cada fuente, estabilidad de cada fuente en términos de componentes en el tiempo).

Análisis de la planta: En los terrenos con césped existentes donde se ha aplicado el agua de riego salina, el análisis de tejidos vegetales puede ser útil en la determinación de los niveles de nutrientes y las posibles tensiones de elementos.

COMPONENTES DE UN PLAN DE BMP SOBRE SALINIDAD

Las principales opciones de gestión de la salinidad (estrategias, componentes) que se pueden incorporar en un plan de BMP sobre salinidad son:

Selección de plantas: La selección de plantas incluye las especies y variedades apropiadas de césped, plantas ornamentales, y las plantaciones de la zona de amortiguamiento. La tolerancia a la salinidad es una consideración primordial, junto con la adaptación a las condiciones climáticas, las plagas, y el estrés por el uso del terreno (altura de la siega, tránsito). Las plantas deben ser capaces de tolerar el nivel de salinidad del agua de riego y los niveles de acumulación de suelo. Las plantas que toleran la sal le proporcionan al administrador tiempo suficiente para hacer ajustes, pero eso no quiere decir que la gestión de la sal de todo el ecosistema pueda ser omitida.

Diseño del sistema de riego: el diseño del sistema de riego para una alta uniformidad de la aplicación y la flexibilidad de la aplicación específica para el terreno es muy importante porque: a) la falta de uniformidad dará lugar a áreas de acumulación excesiva de sal en el suelo; y b) la falta de uniformidad o flexibilidad para la aplicación precisa de agua dificulta en gran medida un programa de lixiviación de la salinidad. La lixiviación de la salinidad es la estrategia más importante de gestión de la sal, y esto depende de la calidad de la distribución del sistema de riego. Una auditoría de riego es útil para determinar el grado de eficiencia de la aplicación del agua.

Programación del riego y la lixiviación de la sal: La programación del riego es importante para las necesidades de riego normales con el fin de evitar la acumulación de sal por el poco uso de agua o por una lixiviación excesiva, pero también es fundamental para una lixiviación de la sal eficiente. Una serie de factores (suelo, planta, clima, calidad del agua de riego, hidrología, y diseño del sistema de riego) influyen en un programa de lixiviación de mantenimiento eficaz, pero la programación adecuada del riego es el factor determinante en el éxito; es decir, especialmente una fracción de lixiviación, el tiempo y una aplicación de riego adecuados.

Identificación de enmiendas al agua y el suelo para las condiciones específicas del terreno:

Si existe una cantidad apreciable de sodio (Na), se requerirán varias enmiendas al agua y el suelo de forma periódica y constante para contrarrestar los efectos adversos del ión de Na sobre las propiedades físicas del suelo. Las enmiendas incluyen una combinación de: a) ácidos de acidificación del agua para control del bicarbonato y el carbonato; b) la aplicación al suelo de fuentes de calcio (Ca) como yeso o azufre + cal para crear el yeso; y c) el posible agregado de enmiendas orgánicas. Se comercializa una gran cantidad de productos para terrenos afectados por la sal, que van desde los imprescindibles hasta los completamente ineficaces. Por lo tanto, se debe tener cuidado al seleccionar materiales útiles para las necesidades específicas del terreno.

Protocolos para la aplicación de mejoras adecuadas para los problemas específicos del terreno:

Una vez seleccionadas las mejoras, se debe obtener y mantener el equipo de aplicación apropiado. Además, se deben determinar la velocidad, el momento y la frecuencia de las aplicaciones de modificación, donde estos por lo general dependen de la cantidad y el momento de agua de riego, así como una serie de otros factores que hacen que las necesidades de la mejora varíen con el tiempo. La mezcla de fuentes de agua de riego influirá sobre los requisitos de la mejora.

Cultivo, recebado, y modificación del suelo:

El mantenimiento de la infiltración del agua, la percolación y el drenaje, así como una buena aireación del suelo, son esenciales para maximizar la lixiviación de sal y compensar el deterioro por Na de la estructura del suelo. La creación de macroporos para el buen movimiento del agua y la aireación requiere la combinación de cultivo, recebado, y la modificación del suelo en las áreas seleccionadas. Las operaciones de cultivo suelen ser dos veces más frecuentes en comparación con los sitios no afectados por la salinidad, y se precisan dispositivos de cultivo en superficie y debajo de la superficie. Normalmente se requieren equipos capaces de inyectar arena, yeso, o materia orgánica granulada como parte de las operaciones de cultivo. En suelos de textura fina es común un recebado agresivo para crear una capa de arena en la superficie de hasta tres pulgadas que permite mejores condiciones en la superficie para la infiltración y reducir la compactación o la degradación de la estructura del suelo de la superficie.

Drenaje y capas de arena: Las técnicas de drenaje superficial y subsuperficial son

muy importantes para la gestión de la sal, a través de la eliminación de sal y el control del movimiento de sal indeseable. Si el agua no puede moverse a través del suelo, tampoco pueden hacerlo las sales. En el caso de los suelos con alto contenido de arcilla que poseen tipos de arcilla altamente expansivos, pueden ser necesarias capas de

adecuadamente las tensiones nutricionales constantes. Ciertos nutrientes (Ca, Mg, K, Mn, Zn) son especialmente importantes debido a las interacciones con el Na y otras sales solubles o porque son importantes para la activación de los mecanismos de tolerancia a la salinidad en las plantas.



Figura 4. Condiciones salinas (depósitos de sal blanquecinos) y sódicas (área negra) del agua de riego salina y sódica. Si esto sigue así, el resultado será lo que se muestra en la Figura 5; es decir, áreas con escaldaduras sódicas.

arena de 3 a 12 pulgadas de profundidad, sobre todo con el agua de riego que contiene una alta cantidad total de sales solubles y una cantidad apreciable de Na.

Prácticas nutricionales en terrenos salinos y sódicos:

Los desafíos nutricionales, los brotes potenciales o los iones tóxicos de raíz, y los iones de problemas específicos son parte del estrés general de la salinidad. Los campos de golf que reciben agua de riego salina exhibirán condiciones de fertilidad del suelo y nutrición de las plantas mucho más complejas y dinámicas en respuesta a la combinación de: altos niveles de nutrientes y componentes iónicos en el agua; variabilidad en la calidad del agua de riego aplicada durante el año; aplicaciones de agua de riego y la mejora del suelo; y programas de lixiviación. El monitoreo proactivo del suelo, el agua, y el estado nutricional de las plantas es importante. Se requiere la selección cuidadosa de los abonos basada en información de la etiqueta detallada y plenamente revelada para compensar

Prácticas culturales adicionales:

Además de las mencionadas anteriormente, se deben analizar otras prácticas culturales en función de las condiciones específicas del terreno. Estas incluyen:

- Gestión adicional relacionada con las tensiones ambientales (sequías, altas temperaturas) y las tensiones de tránsito (desgaste, compactación del suelo) que han aumentado por la acumulación de sales solubles totales o Na.
- Enmiendas suplementarias que pueden ayudar en la gestión de la salinidad en muchos terrenos, tales como agentes humectantes, zeolita, citoquininas, Lassenite, y otros.
- Consideraciones de gestión ecológica, como capa negra, barrido y prácticas de siega verticales, cortadora de césped y rodillos, el lavado de los greens con una capa freática, y otros puntos.



Figura 5. Áreas con escaldaduras sódicas que son muy altas en sodio y sales solubles totales. Éstas toman varios años para rehabilitarse y el mejor método es tomar medidas preventivas.

- Definir los roles, las precauciones y las limitaciones de distintos productos orgánicos, inorgánicos, microbianos y bionutricionales que se comercializan para terrenos afectados por la sal. Algunas pautas clave (2) son las siguientes: a) determinar la razón específica para usar el producto en lugar de una necesidad general, como por ejemplo mejorar la estructura del suelo. b) ¿el ecosistema del césped actual ya produce el producto en una cantidad suficiente o superior a los productos comercializados? c) si la etiqueta no revela plenamente la composición química del producto y la proporción, entonces no lo aplique. d) ¿El producto añade cantidades considerables de microporos al suelo que podrían retener las sales y obstaculizar la lixiviación? e) si es un producto microbiano, ¿tiene potencial para actividad fotosintética por parte del organismo que podría resultar en la producción de biomasa indeseable en la zona de suelo de la superficie que inhibe el movimiento del gas y el agua?
- Considere los diversos requisitos adicionales en las interacciones entre el estrés biótico x salinidad con respecto a malezas, predisposición a enfermedades, insectos y nematodos (2).

Monitoreo proactivo del progreso.

El progreso debe ser monitoreado en una manera proactiva para evitar la acumulación excesiva de sales o Na en el suelo. Muchas de las técnicas utilizadas durante la evaluación inicial de referencia del sitio son aplicables a la supervisión continua. Sugerencias prácticas son:

- El objetivo es un nivel aceptable y sostenible de condiciones salinas y sódicas del terreno y no su eliminación total, que es imposible cuando se utiliza de forma rutinaria agua de riego salina
- Con el tiempo, van a aparecer algunos micro-terrenos difíciles que requerirán acciones de evaluación y recomposición más vigorosas.
- Use áreas de muestra para demostrar lo que se puede lograr con un plan de gestión más integral.
- Mire los sistemas de brotes y raíces del césped, el suelo para indicios de capa negra inducida por Na, análisis de suelo por la profundidad del suelo, o utilice sensores de suelo para indicar los niveles del suelo y el movimiento.

COMENTARIOS FINALES

Cuando se observa una plantilla de BMP para la evaluación y gestión de los campos de golf con un alto componente salino o

sódico, en un principio puede parecer desalentadora. Sin embargo, las sales deben ser gestionadas o el campo de golf no será sostenible. La adquisición de conocimientos suficientes sobre temas relacionados con cómo afecta la salinidad a los campos de golf es un punto de partida. La obtención de la información apropiada sobre la evaluación del terreno ayudará en el proceso de toma de decisiones, sobre todo en lo que se refiere a las necesidades de césped y diferentes requisitos de infraestructura. Los componentes individuales de las BMP sobre salinidad pueden ser evaluados sistemáticamente para definir cuál será el plan final de BMP sobre salinidad.

REFERENCIAS

1. Carrow, R. N., and R. R. Duncan. 2008. [Best management practices for turfgrass water resources: Holistic-systems approach](#). In M. Kenna and J. B. Beard, (Eds.), *Water Quality and Quantity Issues for Turfgrasses in Urban Landscapes*. Special Publication. Council for Agricultural Science and Technology (CAST), Ames, Iowa.
2. Carrow, R. N., and R. R. Duncan. 2011. *Best Management Practices for Saline and Sodic Turfgrass Soils: Assessment and Reclamation*. CRC Press, Boca Raton, Fla. 550 pp. (en imprenta para su lanzamiento en verano).
3. Carrow, R. N., F. C. Waltz, and K. Iletcher. 2008. Environmental stewardship requires a successful plan: Can the turfgrass industry state one? [USGA Green Section Record 46\(2\): 25-32](#).
4. Duncan, R.R., R. N. Carrow, and M. Huck. 2009. [Turfgrass and Landscape Irrigation Water Quality: Assessment and Management](#). CRC Press, Boca Raton, Fla. 464 pp.

ROBERT N. CARROW, Ph.D., *del Departamento de Ciencias del Cultivo y el Suelo, Universidad de Georgia, puede ser contactado en rcarrow@uga.edu*; y RON R. DUNCAN, Ph.D., *profesor jubilado de la Universidad de Georgia, y consultor independiente puede ser contactado en turfecosystems@yahoo.com*.