

THE SPORTS TURF RESEARCH INSTITUTE

STRI  
BINGLEY

**LOS EFECTOS DE LA ESPUMA FYTOGREEN  
SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO  
DE ZONAS RADICULARES ARENOSAS  
PARA CÉSPED DEPORTIVO**

**ESTUDIO DE LABORATORIO**

Cliente:

Fytogreen BV,  
Muurhuizen 138 B,  
3811 EM Amersfoort,  
Holanda

Autores:

Sacha Mooney, Dr. Stephen Baker  
STRI  
Bingley, West Yorkshire, BD 16 1AU  
Reino Unido

Documento nº 0066/3

22 de julio de 1999

**LOS EFECTOS DE LA ESPUMA FYTOGREEN SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DE ZONAS RADICULARES ARENOSAS PARA CÉSPED DEPORTIVO**

**RESUMEN**

Se diseñó un experimento de laboratorio para evaluar los efectos de la incorporación de distintas proporciones de espuma Fytogreen sobre las propiedades físicas de tres zonas radicales (una de arena pura y dos de arena con enmiendas), con el fin de identificar aquellas que se ajustaran a los criterios de la Asociación de Golf de Estados Unidos (United States Golf Association, USGA) relativos a las propiedades físicas de zonas radicales de césped para campos de golf. Las principales conclusiones del experimento indican que la incorporación de espuma Fytogreen crea una mayor porosidad capilar que aumenta la capacidad de retención de agua, lo cual provoca una disminución de la conductividad hidráulica, así como de la porosidad total y eficaz. También se observó una reducción de la densidad total y de la dureza al aumentar la proporción de espuma Fytogreen, aunque no se estableció relación alguna con respecto a la resistencia a la cizalla. De las 15 zonas radicales del experimento, sólo una cumplía los límites recomendados de menos de dos de las cuatro propiedades físicas principales (conductividad hidráulica, porosidad total, porosidad eficaz y capilar a dos tensiones). Por otro lado, siete zonas radicales se ajustaban a los valores óptimos de las cuatro propiedades, y cinco de estas zonas contenían espuma Fytogreen en diversas proporciones. Este estudio pone de manifiesto las posibilidades de la espuma Fytogreen a la hora de crear materiales de zonas radicales que se ajusten a los límites establecidos por la USGA para propiedades físicas, y que la calidad de la arena, el tipo de enmienda y la proporción de espuma Fytogreen son los principales factores que hay que tener en cuenta.

**INTRODUCCIÓN**

La espuma Fytogreen es un producto biodegradable fabricado por la empresa Fytogreen BV que puede mejorar las propiedades de drenaje, aireación y retención de nutrientes de los suelos. Se llevó a cabo un ensayo de laboratorio para evaluar las posibilidades de utilización de la espuma Fytogreen como enmienda, bien sola o combinada con otras sustancias, en zonas radicales arenosas para campos deportivos, en concreto césped para campos de golf.

Se hicieron pruebas de laboratorio para estudiar los efectos que sobre ciertas propiedades físicas del suelo tenían distintas proporciones de espuma Fytogreen en zonas radicales de tres tipos: de arena pura, con una mezcla de 80:20 arena:turba y con una mezcla de 80:20 arena:suelo. Para ello, se utilizaron los métodos de ensayo de

la USGA (Hummel, 1993). Una vez obtenidos los resultados de las pruebas, se compararon con las recomendaciones para propiedades físicas del suelo hechas por la Sección de Campos de Golf de la USGA (1993) (Tabla 1).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Tratamientos experimentales

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Propiedades Físicas del Suelo del STRI, en Bingley (Reino Unido). Se prepararon 15 tratamientos experimentales con cinco proporciones de espuma Fytogreen (0, 7,5, 15, 22,5 y 30% del volumen), que se añadieron a arena pura, a una mezcla de 80:20 arena:turba, y a una mezcla de 80:20 arena:marga arenosa. El nivel de compresión se puede deducir si se tiene en cuenta que un 30% de espuma Fytogreen en volumen corresponde **aproximadamente a un 2% de espuma Fytogreen en peso**. Estos tratamientos se reprodujeron cinco veces en un diseño factorial. Se obtuvo un total de 75 muestras, que se colocaron en cilindros de 72 mm de diámetro y se compactaron con una energía de aglomeración de 30,30 kJ m<sup>-2</sup> antes de medir las propiedades físicas. La distribución del tamaño de las partículas de arena y de las enmiendas empleadas en los materiales de zonas radicales se muestran en la Tabla 2. La arena utilizada en el estudio es una mezcla 50:50 de arena mediana (Rufford 1742) y de mediana a gruesa (Chelford 30), de acuerdo con las recomendaciones de la USGA relativas a la distribución del tamaño de partículas de mezclas en zonas radicales. La enmienda del suelo era una capa superior de marga arenosa obtenida en los campos de ensayo del STRI de Bingley. La enmienda de turba era un musgo *Sphagnum* facilitado por Shamrock Peat Ltd.

### Mediciones

Se llevaron a cabo las mediciones siguientes en todas las mezclas de zonas radicales. El procedimiento de trabajo estándar para cada método se detalla en el Apéndice I.

- Conductividad hidráulica saturada
- Retención de agua
- Densidad total
- Porosidad total, eficaz y capilar a una tensión de 30 y 40 cm
- Resistencia a la cizalla y dureza a una tensión de 40 cm

Todos los datos se sometieron a un análisis estadístico de varianza con el modelo factorial, y se estableció la menor diferencia significativa (MDS) con una probabilidad del 5% ( $P=0,05$ ). Se llevó a cabo un análisis de regresión con una probabilidad del 5% para estudiar la relevancia de las relaciones halladas.

TABLA 1

Límites recomendados por la USGA para las propiedades físicas elegidas de las mezclas de zonas radicales

Propiedad física	Límites recomendados
------------------	----------------------

Conductividad hidráulica saturada (mm h <sup>-1</sup> ) acelerados	Límites normales Límites	150-300 300-600
Porosidad total (%)		35-55
Porosidad eficaz (%)		15-30
Porosidad capilar (%)		15-25

TABLA 2

Distribución del tamaño de partículas y contenido de materia orgánica de las mezclas de zonas radiculares (mm)

Mezcla zona radicular	Arena muy gruesa (2-1)	Arena gruesa (1-0,5)	Arena mediana (0,5-0,25)	Arena fina (0,25-0,125)	Arena muy fina (0,125-0,025)	Limo y arcilla (<0,05)	Materia orgánica (%)
Arena pura	0,3	17,3	71,2	10,5	0,4	0,5	SD
80:20 Arena:suelo *	0,9	16,6	63,2	10,5	2,1	6,1	1,2
80:20 Arena:turba	0,4	19,5	67,5	10,5	0,8	1,7	2,4

SD: Sin determinar

\*0,6 % era > 2 mm (es decir, grava)

## RESULTADOS

Los valores medios, los errores estándar y las MDS obtenidos en la reproducción de los cinco experimentos para las propiedades físicas elegidas se presentan en las Figuras 1-6 y en el Apéndice II. En resumen, se puede concluir que, cuanto mayor era la proporción de espuma Fytogreen, se producía una disminución de la densidad total, la conductividad hidráulica, la porosidad eficaz y la dureza, y un aumento de la retención de agua. No se pudo establecer ninguna relación con respecto a la resistencia a la cizalla. En la Tabla 4 se puede ver un análisis de varianza que ilustra la importancia de los efectos del tratamiento principal, es decir, el material de enmienda, la proporción de espuma Fytogreen y la interacción de ambos. El tipo de material de enmienda poseía un efecto muy significativo ( $P < 0,001$ ) sobre todas las propiedades medidas, excepto la resistencia a la cizalla, para la cual se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ).

La proporción de espuma Fytogreen añadida a las mezclas de las zonas radiculares era muy significativa ( $P < 0,001$ ) para todas las propiedades físicas medidas salvo la dureza y la resistencia a **la cizalla**. Los valores de la dureza eran estadísticamente significativos con respecto a la proporción de espuma Fytogreen ( $P < 0,05$ ), mientras que las

variaciones en la resistencia a la cizalla no eran significativas. La interacción entre los materiales de enmienda y la proporción de espuma Fytogreen representa el efecto combinado de ambos factores sobre las propiedades medidas que, en caso de ser significativo, indica que el efecto combinado de ambos factores es distinto del efecto de cada factor por separado. La densidad total, la porosidad total, la dureza y la resistencia a la cizalla no resultaban afectadas de forma distinta por la interacción entre el material de enmienda y la proporción de espuma Fytogreen, y por cada factor por separado. En cuanto al resto de propiedades, se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) con respecto a la interacción de los efectos del tratamiento principal.

TABLA 4

Resumen de los resultados significativos con respecto a los efectos del tratamiento obtenidos a partir del análisis estadístico

Propiedad medida	Material de enmienda	Proporción de espuma Fytogreen	Interacción entre material de enmienda y proporción de espuma Fytogreen
Densidad total	***	***	NS
Conductividad hidráulica	***	***	***
Porosidad total	***	***	NS
Porosidad eficaz a 3 kPa	***	***	*
Porosidad capilar a 3 kPa	***	***	*
Porosidad eficaz a 4 kPa	***	***	*
Porosidad capilar a 4 kPa	***	***	*
Dureza	***	*	NS
Resistencia a la cizalla	*	NS	NS

\*\*\* < 0,001

\*\* < 0,01

\* < 0,05

NS No significativa

### **Conductividad hidráulica**

Una mayor proporción de espuma Fytogreen reducía de forma significativa la conductividad hidráulica del orden de unos 50 mm h<sup>-1</sup> por cada incremento, aunque se registró una caída de aproximadamente 200 mm h<sup>-1</sup> en aplicaciones de entre 0 y 7,5%

de espuma Fytogreen en la zona radicular de arena pura (Figura 1). Al comparar los materiales de la zona radicular con la misma proporción de espuma Fytogreen, se observó que los valores más altos se correspondían con la zona radicular de arena pura, y los valores eran ligeramente superiores en la zona radicular con enmienda de turba que en la zona radicular con enmienda de suelo. De las 15 mezclas de zona radicular, **11 cumplían las recomendaciones de la USGA**, y cuatro de ellas entraban en los límites normales establecidos (las otras siete entraban en los límites acelerados). De las cuatro mezclas de zona radicular que no cumplían los criterios de la USGA, tres superaban los límites acelerados (zonas radiculares de arena pura con una proporción de espuma Fytogreen de 0, 7,5 y 15%), y una se situaba por debajo de los límites normales (enmienda de suelo con un 30% de espuma Fytogreen).

### **Porosidad total**

Una mayor proporción de espuma Fytogreen reducía de forma significativa la porosidad total, aunque al observar la Figura 2 las diferencias parecen escasas. La diferencia en los valores de porosidad medios entre las zonas radiculares con 0 y 30% de espuma Fytogreen nunca superaron el 5%. Los valores más altos de porosidad total se registraron en la zona radicular con enmienda de turba, y se observó un comportamiento similar en zonas radiculares de arena pura y suelo. De los 15 materiales de zonas radiculares, cuatro no cumplían las recomendaciones de la USGA: dos de arena pura (22,5 y 30% de espuma Fytogreen) y dos de enmienda de suelo (22,5 y 30% de espuma Fytogreen).

### **Porosidad eficaz (a 3 y 4 kPa)**

La porosidad eficaz se reducía de forma significativa a medida que aumentaba la proporción de espuma Fytogreen a 3 y 4 kPa (Figuras 3 y 4). Los valores más altos se correspondían con las zonas radiculares de arena pura, mientras que las zonas radiculares de enmienda de suelo solían tener unos valores ligeramente mayores que las zonas de enmienda de turba. A una tensión de 3 kPa, siete de las 15 zonas radiculares entraban en los límites recomendados por la USGA: de arena pura (0-22,5 % de espuma Fytogreen), de enmienda de turba (7,5% de espuma Fytogreen) y de enmienda de suelo (0-7,5% de espuma Fytogreen). Las mezclas de zona radicular que no cumplían estos criterios se situaban por debajo del límite inferior del 15%. A una tensión de 4 kPa, 11 de las 15 zonas radiculares entraban en los límites recomendados por la USGA. De las cuatro mezclas que no cumplían estos criterios, una sobrepasaba el límite superior (arena pura con 0% de espuma Fytogreen), y tres se situaban por debajo del límite inferior (enmienda de turba con un 30% de espuma Fytogreen y enmienda de suelo con un 22,5 y un 30% de espuma Fytogreen).

### **Porosidad capilar (a 3 y 4 kPa)**

La porosidad capilar aumentó de forma significativa al incrementar la proporción de espuma Fytogreen (Figuras 5 y 6). Los valores más altos se observaron en las zonas radiculares de enmienda de turba, y los más bajos, en las zonas radiculares de arena pura. A una tensión de 3 kPa, sólo siete de las 15 mezclas de zona radicular se ajustaban a los límites recomendados por la USGA. Todas las zonas radiculares con enmienda de turba y la zona radicular con enmienda de suelo con un 30% de espuma Fytogreen

sobrepasaron el límite superior del 25%, mientras que la zona radicular de arena pura con una proporción de espuma Fytogreen de 0 y 7, 5% se situaba por debajo del límite inferior del 15%. A una tensión de 4 kPa, nueve de las 15 zonas radiculares entraban en los límites establecidos por la USGA. Al ser tan bajos los valores de porosidad capilar, sólo una mezcla de zona radicular con enmienda de turba superaba el límite (30% de espuma Fytogreen). Sin embargo, la mezcla de enmienda de suelo con un 0% de espuma Fytogreen y todas las zonas radiculares de arena pura excepto una (30% de espuma Fytogreen) se situaban por debajo del límite inferior.

### **Cumplimiento de las recomendaciones de la USGA**

De las 15 zonas radiculares, sólo una cumplía menos de dos de los límites para las cuatro propiedades físicas recomendados por la USGA (conductividad hidráulica, porosidad total, porosidad eficaz y capilar con dos tensiones). Por otro lado, siete zonas radiculares se ajustaban a los valores óptimos de las cuatro propiedades. Cinco de estas zonas contenían espuma Fytogreen en distintas proporciones. Ninguna de las zonas radiculares de arena pura entraba dentro de los límites recomendados para las cuatro propiedades físicas.

### **CONCLUSIÓN FINAL**

La incorporación de espuma Fytogreen en mezclas de zonas radiculares de arena pura y de arena y enmiendas se tradujo en un aumento de la porosidad capilar y, por consiguiente, de la retención de agua en la zona radicular. Consecuencia directa de una mayor retención de agua, la porosidad eficaz y la conductividad hidráulica de las mezclas de zonas radiculares disminuyó. Por contraste, los cambios observados en la porosidad total eran relativamente pequeños, aunque se halló una disminución estadísticamente significativa en la porosidad total al aumentar la proporción de espuma Fytogreen. También se constató que el aumento de la proporción de espuma Fytogreen provocaba una reducción de la dureza de la superficie y de la densidad total, debido al mayor volumen de un material que absorbe energía.

Ninguna de las mezclas de zonas radiculares de arena pura se ajustaba por completo a los límites recomendados para las cuatro propiedades físicas principales del suelo (conductividad hidráulica, porosidad total, eficaz y capilar). Esto era debido a que los valores de flujo del agua sobrepasaban los límites superiores recomendados en las tres proporciones menores de espuma Fytogreen (0-15%). Además, las mezclas de zonas radiculares con mayor proporción de espuma Fytogreen (22,5 y 30%) se situaban por debajo del límite inferior de porosidad total (aunque en menos de un 3%).

La enmienda arena:turba resultó ser la más adecuada de todos los materiales de zona radicular, ya que cuatro de las cinco mezclas cumplían los criterios correspondientes a las cuatro propiedades físicas (con ambas tensiones). Las principales exclusiones se correspondían con la proporción del 30% de espuma Fytogreen, en la cual la porosidad capilar (retención de agua) sobrepasaba el límite superior y, por consiguiente, la porosidad eficaz se situaba por debajo del límite indicado. Esto es debido a la combinación de las propiedades de retención de agua de la turba y las de la espuma

Fytogreen. También se observó que a una tensión de 3 kPa, las mezclas de zona radicular de arena:turba tendían a sobrepasar el límite de porosidad capilar y a situarse por debajo del límite de porosidad eficaz, mientras que a una tensión de 4 kPa sólo la zona radicular con un 30% de espuma Fytogreen no entraba en los límites recomendados. La arena pura utilizada en el estudio era una mezcla 50:50 de arena mediana y de mediana a gruesa que cumple las recomendaciones de la USGA. Se podría especular que el uso de arena ligeramente gruesa o una ligera reducción del volumen de espuma Fytogreen habría creado una serie de mezclas de zona radicular que cumplieran los criterios indicados.

Tres de las cinco mezclas arena:suelo se ajustaban a los límites recomendados para las principales propiedades físicas, y dos de ellas (7,5 y 15%) cumplían perfectamente los valores óptimos para todas las medidas (con las dos tensiones). **En las proporciones de espuma Fytogreen de 22,5 y 30%, la retención de agua aumentaba de forma significativa y, por consiguiente, los valores de porosidad total y eficaz se situaban por debajo del límite indicado.**

**El presente estudio ha demostrado que la espuma Fytogreen puede tener un efecto positivo sobre las mezclas de zonas radiculares en lo que se refiere a la conformidad con las recomendaciones de la USGA para las propiedades físicas del suelo, y a la hora de crear un medio adecuado para la construcción de campos de golf. Las principales ventajas son la mejora de la retención de agua y la consiguiente reducción del drenaje rápido de sustancias disueltas. Esto tiene numerosas implicaciones importantes a la hora de evitar la sequía y la tensión de nutrientes.** Las mezclas de arena y enmiendas resultaron las más adecuadas, dado que la conductividad hidráulica normalmente era demasiado rápida en arena pura para las especificaciones de la USGA. Las enmiendas de suelo y turba se comportaban de forma bastante similar, aunque la capacidad de retención de agua y la elevada porosidad de la turba parecían complementar adecuadamente la aplicación de espuma Fytogreen. No obstante, se observó una tendencia a retener demasiada agua en las mezclas con mayor proporción de espuma Fytogreen. También se ha de mostrar que la espuma Fytogreen se podría utilizar con arena como enmienda única de un material de zona radicular para un campo de golf, en lo que respecta a las propiedades físicas evaluadas, aunque sería necesario hacer ajustes en el porcentaje añadido por volumen para satisfacer los criterios de la USGA. Una consideración importante de una buena superficie de juego es poder crear y mantener un césped en buenas condiciones durante un periodo de tiempo considerable. Con este objetivo, se deberá establecer una prueba sobre el terreno para estudiar los efectos de la espuma Fytogreen a la hora de crear y mantener un césped en buenas condiciones durante un periodo de diez meses. Transcurrido dicho periodo, las cualidades de retención de agua específicas de la espuma Fytogreen deberán comprobarse mediante el estudio de la respuesta del césped y su resistencia a la sequía.

## REFERENCIAS

Hummel, NW. 1993 Métodos de laboratorio para la evaluación de mezclas de zonas radiculares para campos de golf. Publicado en *USGA Green Section Record*, Marzo-



abril. Unites States Golf Association, Golf House, Far Hills, New Jersey (Estados Unidos).

USGA Green Section Staff 1993. Recomendaciones de la USGA para un método de construcción de campos de golf. Publicado en *USGA Green Section Record*, Marzo-abril. Unites States Golf Association, Golf House, Far Hills, New Jersey (Estados Unidos).