

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO**

Memoria de Título

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* EN LA
DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA QUE COMPONE EL
FIELTRO.**

EVELYN DENISSE HERMOSILLA HEINI

**Santiago, Chile
2011**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO**

Memoria de Título

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* EN LA
DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA QUE COMPONE EL
FIELTRO.**

**EFFECT OF THE APPLICATION OF *Trichoderma harzianum* IN THE ORGANIC
MATTER DECOMPOSITION COMPRISING THE THATCH.**

EVELYN DENISSE HERMOSILLA HEINI

**Santiago, Chile
2011**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* EN LA
DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA QUE COMPONE EL
FIELTRO.**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Fitotecnia

Evelyn Denisse Hermosilla Heini

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Sr. Carol Müller Turina Ingeniero Agrónomo M.Sc.	6,8
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Oscar Seguel S. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,5
Sr. Ian Homer B. Dr. Ingeniero Agrónomo	6,4

**Santiago, Chile
2011**

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Hipótesis.....	6
Objetivo general.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Lugar de estudio.....	7
Materiales.....	7
Métodos.....	7
Tratamientos y diseño experimental.....	7
Procedimiento.....	8
Variables a medir.....	8
Análisis estadístico.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
Altura de fieltro.....	10
Contenido de materia orgánica.....	11
Altura v/s materia orgánica.....	12
Consolidación.....	13
Altura v/s consolidación.....	15
CONCLUSIONES.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18
Apéndice I.....	22
Apéndice II.....	23
Apéndice III.....	24

RESUMEN

Uno de los problemas más importantes de manejo dentro de un green de golf, es el manejo del fieltro, que se presenta como una capa entre la parte verde de la planta y la superficie del suelo. La presencia del fieltro le da al green características poco deseables a la hora de jugar, también le confiere una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, baja conductividad hidráulica, mayor susceptibilidad a estrés por frío o calor, etc. Como la capa de fieltro está mayoritariamente compuesta por tejido en descomposición, se planteó la hipótesis que al aplicar *Trichoderma harzianum* esta capa disminuiría su grosor ya que este hongo es capaz de descomponer la materia orgánica presente en el fieltro.

El estudio se realizó en un vivero de pasto de green en el Prince of Wales Country Club, en la Comuna de La Reina desde Noviembre del 2009 a Enero del 2010, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones. El objetivo es evaluar diferentes dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* en la descomposición de la materia orgánica y la reducción de la capa de fieltro, por lo que se probaron dos dosis del producto comercial HARZTOP más un testigo y se realizaron tres mediciones: altura de capa de fieltro, contenido de materia orgánica en el fieltro y una medición de consolidación.

Los resultados arrojaron una disminución de un 40% en la altura del fieltro con el uso del producto comercial, llegando a una altura mínima promedio de 11 mm. La materia orgánica, contrario a lo planteado en la hipótesis, presentó un significativo incremento, se cree que la causa de esto es un aumento en el desarrollo de las raíces estimulado por la presencia del hongo, lo que aumentó la cantidad de residuo orgánico en el fieltro. Finalmente la prueba de consolidación dio como resultado que a mayor fieltro, mayor presión mayor es la deformación de la superficie y mayor es el tiempo que le toma recuperarse y volver a su estado inicial. Esto influye negativamente al green, ya que se presentan hundimientos en la superficie de las pisadas de los jugadores, provocando desvíos en la trayectoria de la pelota sobre el green.

Palabras claves: Fieltro, materia orgánica, green de golf, consolidación, *Agrostis stolonifera*.

ABSTRACT

In this assay it was tested different amounts of a product which have *Trichoderma harzianum* as active ingredient with the purpose of a thatch reduction. These applications were done on *Agrostis stolonifera* nursery in the months of November 2009 until January 2010. The hypothesis raised was that the fungus has the ability to degrade organic matter that decomposes the thatch given a decreasing in the thickness of the layer.

It was used a complete randomized block with five repetitions. The thatch height in millimeters, organic matter content in the thatch and a consolidation test were evaluated.

The results show up a 40% thatch height reduction with the use of the commercial product, reaching up to 11 mm as a mean height. Organic matter, contrary to what was stated in the hypothesis presented a significant increase.

Finally the consolidation test gave as a result that at a higher thatch, higher is the game surface deformation and at a higher pressure the surface deformation is also superior and besides, it takes some time to recover and come back to its initial state.

Keywords: Thatch, organic matter, green de golf, consolidation, *Agrostis stolonifera*.

INTRODUCCIÓN

En práticamente, uno de los problemas de manejo más importante es la formación de la capa de fieltro o “thatch” (Agnew, 1993). Esta se define como una capa de materia orgánica suelta o apretada, formada por una entremezcla de tejidos vegetales vivos y muertos (Beard, 1973; Laundry, 1993; Murphy, 1994; Trape y Patton, sa), que se desarrolla entre la zona de césped y la superficie del suelo (Landschoot, sa). Los tejidos muertos que conforman el fieltro contienen celulosa, hemicelulosa y una cantidad de lignina relativamente alta (Murphy, 1994) ya que éstos tejidos poseen aproximadamente dos veces el contenido de lignina del césped vivo y que se caracteriza por su alto grado de resistencia a la degradación (Lebeboer y Skogley, 1967) por lo tanto contribuye en mayor medida a la formación de fieltro. Entre éstos tejidos podemos encontrar raíces desprendidas o intactas, estolones y rizomas, nudos, coronas, hebras vasculares de tallos y vainas foliares (Hurto *et al*, 1980; Engel 1969, Roberts y Bredakis 1960, citados por McCarty *et al*, 2005). Los restos de hojas usualmente no contribuyen a la acumulación de fieltro, ya que los microorganismos del suelo las descomponen fácilmente (Landschoot, sa). Bajo condiciones ideales, los microorganismos del suelo degradan los residuos orgánicos (materia orgánica) antes que éstos tengan la oportunidad de acumularse y formar la capa de fieltro (Trape y Patton, sa). La acumulación ocurre entonces cuando el porcentaje de producción de materia orgánica excede el porcentaje de descomposición de ésta (Beard, 1973; Murphy, 1994), por medio del bloqueo de la degradación microbiana (Beard, 1973). Según Murphy (1994), este problema es común en muchos lugares con césped pero Beard (1982) lo delimita principalmente a los greens de golf.

Beard (1982) además señala que una acumulación de fieltro es benéfica si no excede los 7,6 milímetros. Si se acumula en forma excesiva, tiene consecuencias negativas que pueden afectar el medioambiente del suelo y del césped (Trape y Patton, sa), ya que los puntos de crecimiento de la planta (coronas, rizomas y estolones) se elevan, haciéndolos más susceptibles a las heridas invernales o por segado. Puede obstaculizar el movimiento de aire, agua, fertilizantes y pesticidas en el suelo y también reducir la conductividad hidráulica en éste (Harris 1978, citado por McCarty *et al.*, 2007). También se puede producir un bajo enraizamiento, dado que las raíces del césped comenzarán a crecer en el fieltro y no en el suelo (Trape y Patton, sa; Murphy, 1994; Landry, 1993). Tiende además a incrementar la susceptibilidad del césped al estrés por calor, frío y sequía. Otros problemas asociados pueden ser manchas secas localizadas, escarpado y susceptibilidad a plagas y enfermedades. Por el contrario, una menor acumulación de fieltro mejora la resiliencia o elasticidad del césped, aísla al suelo de extremas en la temperatura del aire y le da una menor susceptibilidad a la compactación (Beard, 1982; Murphy, 1994).

Las prácticas que comúnmente se realizan para prevenir o reducir la capa de fieltro en greens de golf son más bien del tipo mecánico como la aireación, el verticorte y el

grooming (McCarty *et al.*, 2005), sin embargo son caros, demandan mucho tiempo y lo más importante es que existe una interrupción temporal de la superficie del green. De las labores del tipo mecánicas, el verticorte es el más utilizado en la remoción del fieltro (Landry, 1993; Trappe and Patton, sa), éste se realiza con un aparato especializado que tiene cuchillas verticales rotativas que penetran en profundidad hasta el área de la corona de la planta y posiblemente más abajo removiendo estolones, tallos y material orgánico acumulado. En el grooming se utilizan cuchillas verticales más cortas que periódicamente recortan el crecimiento horizontal de la planta (guías), por lo que es una práctica menos agresiva para la superficie del green en comparación con el verticorte. En cuanto a la aireación, Landry (1993), asegura que beneficia la descomposición del fieltro a través de un efecto indirecto por estimulación de la actividad bacteriana y que esta práctica además reduce la compactación y provee un movimiento más rápido del agua, aire y nutrientes en el suelo (Trappe and Patton, sa). Otro método utilizado es el “topdressing” o “topeado”, esta práctica consiste en la aplicación en superficie de una capa del mismo sustrato del que está compuesto el green, generalmente consiste en arena, la que luego se incorpora en forma mecánica con rodillos o cuando la capa es delgada se incorpora mediante riego. Según Engel (1969) y Landry (1993), es el método más efectivo cuando se aplica una o dos veces por año una capa de suelo superficial de 6 mm. Según el autor, ésta práctica incrementa el rango de descomposición del fieltro.

Como se puede observar, la acumulación de fieltro puede minimizarse usando buenas prácticas culturales y además seleccionando céspedes apropiados (Murphy, 1994). La selección de los pastos puede ser un proceso complicado, ya que las especies de césped difieren en su tendencia a la acumulación de fieltro como consecuencia de sus diferentes tasas y hábitos de crecimiento y diferentes porcentajes de componentes en sus paredes celulares (Murphy, 1994). Las especies de césped que se propagan mediante rizomas y estolones como *Cynodon dactylon* y *Zoysia sp.*, son las más propensas a la acumulación excesiva de fieltro. El *Agrostis stolonifera* L. var A-1, es un césped de estación fría y es una de las especies más utilizadas en greens de golf, ya que provee una superficie densa, uniforme, suave y con una excelente rodada de la pelota (Salaiz *et al.*, 1995). Esta especie presenta una tendencia media a la acumulación de fieltro (Trappe and Patton, sa). Por otro lado McCarty *et al.* (2005) señalan que esta especie se caracteriza por tener un crecimiento vertical limitado y su crecimiento horizontal agresivo resulta en el desarrollo de una capa de fieltro excesiva.

Bajo este escenario, los encargados de las canchas enfrentan la difícil tarea de producir y mantener céspedes de alta calidad (Salaiz *et al.*, 1995) evitando la formación excesiva de fieltro. Es por esto que constantemente se están buscando soluciones de manejo a este problema, y es en ésta búsqueda donde aparece como posible solución las aplicaciones de productos que contengan microorganismos que sean capaces de disminuir la capa fieltro por medio de la degradación de la materia orgánica que la conforma, donde el principal candidato es el hongo saprófito de suelo *Trichoderma harzianum* (Sorensen, 1997).

El género *Trichoderma* es reconocido por la diversidad de sustratos que pueden metabolizar (Klein y Eveleigh, 1998), es cosmopolita en suelos, madera y material vegetal en descomposición. Esta afirmación es corroborada por Thorn (1997), quien encontró especies de *Trichoderma* asociadas a hojas de *Populus* en descomposición y además por Whipps (1997) quien encontró a *Trichoderma harzianum* asociado a una corteza de madera también en descomposición. Son frecuentemente componentes dominantes de la microflora del suelo en diversos hábitats. Esto podría ser atribuido a la diversa capacidad metabólica que poseen, como por ejemplo su actividad celulolítica significativa (Ljungdahl y Ericsson 1985, citados por Atlas 2002), siendo capaces de degradar celulosa, aunque también Domsch *et al.*, (1980, citados por Valenzuela *et al.*, 2001) demostraron la producción de amilasa, proteasa y pectinasa por parte de éste hongo.

Valenzuela *et al.* (2001) señalan que en la mayoría de las especies de *Trichoderma* utilizadas en su ensayo, se les determinaron potenciales enzimáticos para amilasa y celulasa, y en menor grado para las enzimas del complejo lignina. Es importante señalar que éste género se caracteriza además por su agresividad competitiva natural (Gams y Bissett, 1998) ya que son conocidos como invasores tempranos de las raíces y rápidamente ocupan un nicho ecológico en éstas, proporcionándoles un mayor vigor y crecimiento (Chang *et al.*, 1986, citados por Galeano *et al.*, 2002). Además algunas especies pueden también ser agresivos degradadores de la materia orgánica y actuar como competidores naturales de patógenos fungosos, especialmente cuando los nutrientes son un factor limitante (Monte, 2001).

El hongo crece a medida que crece el sistema radicular de la planta al cual se encuentra asociado, y la planta se beneficia al poder colonizar mayor cantidad de suelo por el conjunto de hifas del hongo, aumentado así su crecimiento. Como una consecuencia de su habilidad para utilizar sustratos complejos, estos microorganismos no dependen completamente de la planta en su ciclo de vida (Sorensen, 1997), ya que se alimenta de los productos de desecho y de los exudados que excreta la planta.

Estos microorganismos son usados en variadas industrias, como por ejemplo en la industria textil, donde sus enzimas se utilizan para disminuir fibras celulósicas, que causan una rápida abrasión de las telas (Galante *et al.*, 1998). El mismo autor señala que otros usos para estas especies se encontraron en la industria alimenticia ya que se utilizan en la elaboración de cerveza, vino, aceite de oliva y alimento para animales. Por otro lado Buchert *et al.*, (1998) señala que como las especies de *Trichoderma* pueden degradar celulosa y hemicelulosa y además degradar o al menos modificar la lignina, se pueden utilizar en la hidrólisis o modificación específica de fibras de carbohidratos para diferentes propósitos en la industria de pulpa de papel y de papel propiamente tal. Otro uso se puede demostrar por un ensayo realizado por Cabeza *et al.* (2002), utilizando especies de este género dio resultados satisfactorios utilizándolas en la biodegradación de la paja de trigo, demostrando que son capaces de degradar parcialmente este rastrojo.

Hasta este momento los estudios realizados con especies *Trichoderma harzianum* están en su mayoría enfocados a su habilidad como antagonista de enfermedades fungosas de suelos. Se encontró registro de su utilización como descomponedor de materia orgánica, aplicado como inóculo para acelerar los procesos de degradación en compostaje (Santibáñez, 2002), por lo que podría tener un potencial uso en procesos tecnológicos en la degradación de residuos.

Hipótesis

La aplicación al suelo de *Trichoderma harzianum* disminuye el grosor de la capa de fieltro mediante la descomposición de la materia orgánica que lo conforma.

Objetivo General

Evaluar diferentes dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* en la descomposición de la materia orgánica y la reducción de la capa de fieltro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El ensayo se realizó en el Prince of Wales Country Club (PWCC), ubicado en la Región Metropolitana (33°25'57" S y 70°33'56" O), Provincia de Santiago, Comuna de La Reina. Este ensayo se llevó a cabo desde Noviembre del 2009 a Enero del 2010.

Materiales

Se utilizó un vivero de pasto green ya establecido hace dos años con *Agrostis stolonifera* cv. A-1, al cual se le aplicó el producto comercial HARZTOP que contiene 1×10^9 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de *Trichoderma harzianum* por ml de producto. Al vivero se le realizaron los mismos manejos que a un green de golf y solamente se excluyeron las aplicaciones de fungicidas un mes antes y durante todo el ensayo, para que el hongo de la formulación del producto no se viera afectado por estas aplicaciones. Otro punto importante es señalar que en el vivero no existe presión de juego ya que sólo se utiliza para reemplazar zonas dañadas de los green de la cancha.

Métodos

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluó el efecto de distintas dosis de HARZTOP en la disminución de la altura de la capa de fieltro del vivero, el contenido de materia orgánica y la consolidación del mismo. En el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 5 repeticiones. La descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Dosis del producto comercial para cada tratamiento.

Tratamientos	Dosis (L·ha ⁻¹)
T ₀	Testigo sin aplicación
T ₁	2* (2 x 10 ¹² UFC)
T ₂	6 (6 x 10 ¹² UFC)

(*) Dosis comercial

Cada bloque estuvo constituido por tres parcelas, una por cada tratamiento. Como unidad experimental se consideró una parcela de 1 m de largo por 1,3 m de ancho.

Procedimiento

Se realizaron dos aplicaciones del producto con un intervalo de 15 días entre aplicaciones con las dosis correspondientes, siguiendo las instrucciones de la etiqueta. Para la dilución del producto se utilizó agua del canal de riego, ya que el agua potable, al poseer cloro, podría afectar al hongo. Para aplicar el producto se utilizó una bomba manual proporcionada por el PWCC. Una vez aplicado el producto, se aplicó un riego equivalente a 9,5 mm mediante aspersores de impacto marca RainBird, modelo 47A SAM. Los riegos a lo largo de todo el ensayo se realizaron a diario.

Las primeras muestras se tomaron 3 días antes de la primera aplicación del producto. Una vez realizada la primera aplicación se dejaron pasar 15 días para realizar la segunda toma de muestras y la segunda aplicación del producto. Una vez finalizadas las dos aplicaciones, se realizaron 4 muestreos más separados por 15 días entre ellos, lo que dio un total de 6 mediciones a lo largo de todo el ensayo. Las muestras se tomaron del centro de la parcela, por posibles derivas del producto entre las parcelas.

Variables a medir

Para las mediciones descritas a continuación se consideró como unidad muestral, tres cilindros de suelo obtenidos con un sacabocado de ½" de diámetro y de 5 cm de profundidad. Es importante señalar que tanto para la medición de altura y contenido de materia orgánica del fieltro, se eliminó del cilindro todo el excedente de suelo, raíces y follaje, dejando solo el fieltro propiamente tal para realizar las mediciones (Apéndice I).

1.- Altura de fieltro: Se utilizó una regla para medir la altura milimétrica de la capa de fieltro. Esta medición se realizó en terreno (Apéndice I).

2.- Contenido de materia orgánica por pérdida de peso por calcinación: La medición se realizó en el Laboratorio de Química de Suelos de la Universidad de Chile siguiendo el protocolo recomendado por la Comisión de Normalización y Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo (Sadzawka *et al.*, 2004).

Se colocaron entre 5 y 10 g (exactitud 0,01g) de suelo seco en un crisol pre-pesado, éste se secó en estufa a 105 °C durante 2 horas, después de cumplido este tiempo se dejó enfriar en un desecador y se pesó (exactitud 0,01g). Luego se colocó el crisol en una mufla w.c.

Herseus GMBH.Hanau de fabricación en Alemania a 360 °C por 16 horas, la cual una vez cumplido el tiempo se dejó enfriar hasta 150 °C. Finalmente se llevó el crisol al desecador y se pesó (exactitud 0,01g) (Sadzawka *et al.*, 2004).

Con los datos obtenidos se calculó la pérdida por calcinación mediante:

$$\text{Pérdida por calcinación (\%)} = (a - b / a - c) \times 100$$

Donde:

a = masa en g del suelo seco a 105 °C + recipiente

b = masa en g del residuo de calcinación + recipiente

c = masa en g del recipiente

Lo que permite obtener una estimación de la materia orgánica a través de:

$$\text{Materia orgánica (\%)} = \text{pérdida por calcinación (\%)} \times 0,8$$

3.- Prueba de consolidación confinada con drenaje libre: Para esta medición la unidad muestral estuvo constituida por una muestra de suelo obtenida con un cilindro metálico. Se realizó en el Laboratorio de Física de Suelos de la Universidad de Chile y se determinó mediante el método descrito por Kézdi (1980), para el cual se utilizó un consolidómetro marca Heinz Schilling de fabricación Alemana. Se tomó una muestra no alterada de suelo con un cilindro metálico de 10 cm de diámetro y 3 cm de altura. La muestra se dejó por 24 horas a saturación, transcurrido este tiempo se pasaron las muestras a una cama de arena a 60 hPa de tensión, las que luego se colocaron en el consolidómetro donde se les aplicó presiones creciente (30, 60, 100, 150, 200, 300 y 400 kiloPascuales, kPa) con un intervalo de 10 minutos entre cargas, y se midió la deformación vertical en milímetros (mm). Posteriormente se realizó la descarga de presión desde los 400 kPa, obteniendo la curva de recuperación del sustrato. Con la curva de consolidación-descarga se obtuvieron parámetros de elasticidad.

Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y cuando se presentaron diferencias estadísticas significativas se realizaron la prueba de comparaciones de rangos múltiples de Tukey, para un nivel de 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSION

Altura de fieltro

Se comenzó el ensayo con una altura de fieltro promedio de 18,08 mm, la que luego de la aplicación del producto fue disminuyendo de forma lineal hasta alcanzar una altura de 11 milímetros, lo que equivale a una disminución del 40% respecto a la altura inicial. En la Figura 1 se puede observar cómo el tratamiento sin aplicación (T_0) mantuvo una altura constante durante todo el ensayo y para el caso del T_1 y T_2 , ambos tratamientos se comportaron de igual manera, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero sí diferentes con respecto al T_0 a partir de la segunda medición (Apéndice II). El aumento en la altura que se aprecia luego de la medición realizada el 28 de diciembre podría ser debido a que el producto ya había dejado de actuar.

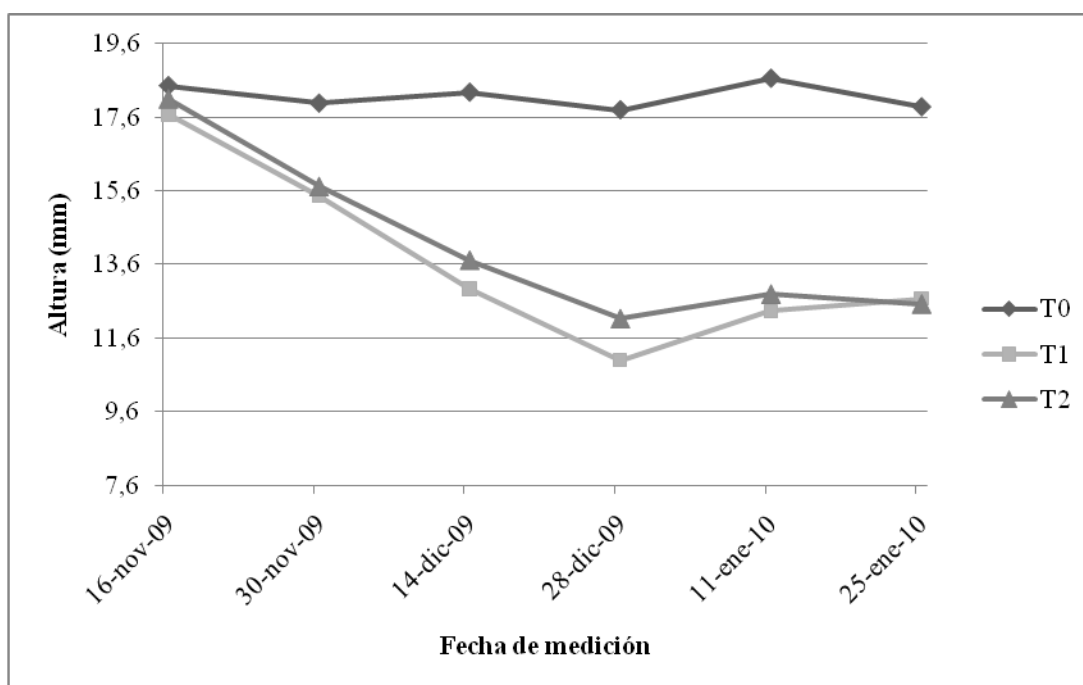


Figura 1. Altura de fieltro por tratamiento medida durante el ensayo

En un ensayo realizado por McCarty *et al.* (2005) en un green recién establecido (1 año), probaron distintos mecanismos para prevenir la acumulación de fieltro, entre ellos un agente biológico controlador de fieltro (Thatch-X) que contiene según su fabricante “microorganismos seleccionados y otros ingredientes bioactivos”. El producto no previno la acumulación de fieltro y cuando se probó en otro ensayo en un green de 3 años de edad

que ya presentaba acumulación de fieltro (McCarty *et al.*, 2007), tampoco tuvo efecto en la disminución de la capa. Igualmente, Murdoch y Barr (1976) observaron que los inóculos de microorganismos evaluados por ellos en bermuda común no redujeron el fieltro en un periodo de tiempo de 5 meses. Por otro lado, Martin y Dale (1980) probaron trece tratamientos biológicos con los cuales obtuvieron iguales resultados. En el presente ensayo, la acción del *Trichoderma harzianum* fue efectivo en reducir la altura del fieltro, no siendo necesarias dosis de aplicación mayores de $2 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ del producto comercial.

Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica medido durante el ensayo se presenta en la Figura 2; en ella se puede ver que este porcentaje fue aumentando de manera significativa hasta llegar a un máximo de 53% para el caso del tratamiento con $6 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ de producto. En la hipótesis se planteó que el porcentaje de materia orgánica disminuiría en el tiempo, lo cual no ocurrió, por lo que se pueden dar dos posibles explicaciones. Si se considera que en la época que se realizó el ensayo las frecuencias de corte aumentan (de cortes día por medio a cortes diarios) por el aumento de la tasa de crecimiento del pasto, el aporte de residuos aumenta considerablemente, es decir los residuos orgánicos fácilmente descomponibles aumentaron, principalmente restos de hojas y raíces. Desde la medición del mes de Diciembre se puede apreciar más claramente este aumento en el contenido de materia orgánica tanto para el testigo como para los tratamientos con aplicación de producto. Según Buckman y Brady (1970), la fuente originaria de materia orgánica del suelo es el tejido vegetal y que bajo condiciones naturales la parte aérea y raíces de las plantas proveen anualmente grandes cantidades de residuos orgánicos. Como estos materiales son descompuestos y digeridos por los organismos del suelo, llegan a constituir un aporte a los horizontes subyacentes, por infiltración o por incorporación física. Si a esto además agregamos que *Trichoderma harzianum* estimula o promueve el crecimiento radicular (Windham *et al.*, 1986; Harman, 2000; Donoso *et al.*, 2008) supuestamente por medio de liberación de nutrientes desde el suelo o de la materia orgánica (Kleifeld y Chet, 1992; Sambrook *et al.*, 1989, citados por Altomare *et al.*, 1999) se puede deducir que el aumento en el contenido de materia orgánica que se midió refleja el aumento en éstos dos aportes, restos de corte de las hojas y aumento de la masa radicular.

Otro aporte importante es la masa orgánica que constituye el hongo en sí, y que se suma también a lo que puedan aportar otros microorganismos presentes en el fieltro, ya que según Norman (1942, citado por Buckman y Brady, 1970) este tejido microbiano puede llegar a alcanzar la mitad de la fracción orgánica del suelo. Mancino *et al.*, (1993) afirman que el fieltro contiene un mayor o igual número de microorganismo que el suelo mineral bajo él. Estos organismos, una vez muertos, están sujetos a su propia desintegración, siendo descompuestos por los microorganismos aun vivos.

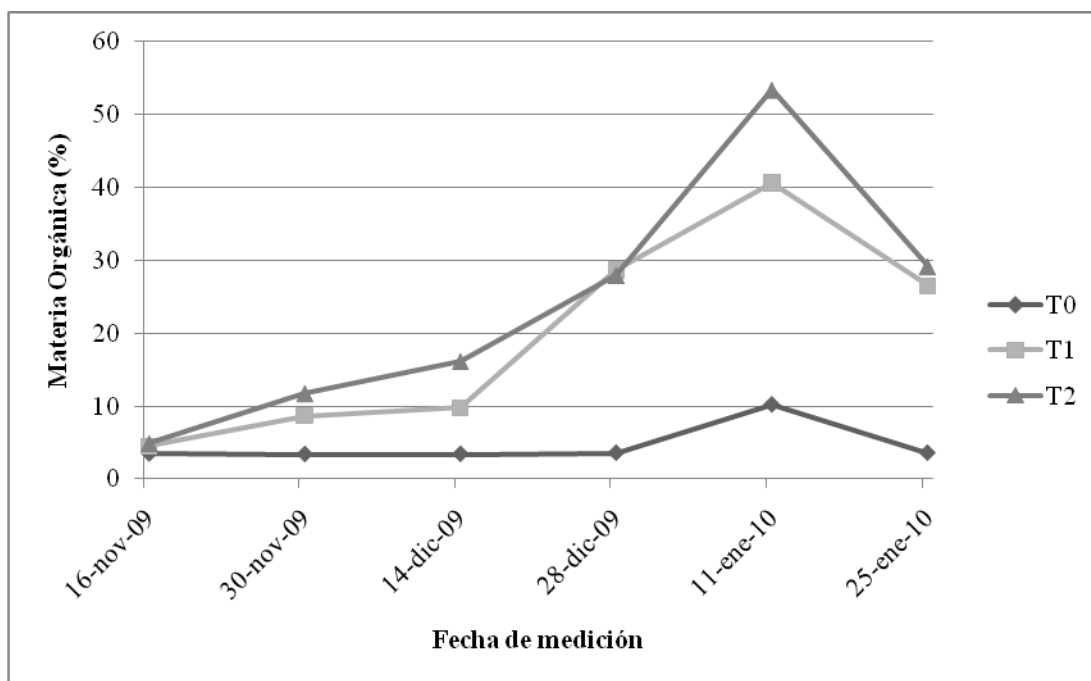


Figura 2. Contenido de materia orgánica por tratamiento medido durante el ensayo.

Finalmente, los resultados de las comparaciones estadísticas se presentan en el Apéndice III.

Altura v/s Materia orgánica

Al hacer un análisis de la Figura 1 y 2, inicialmente a medida que la altura de fieltro disminuye, el contenido de materia orgánica aumenta. A diferencia de esto, Willis *et al.* (2006), encontraron que el contenido de materia orgánica disminuye a medida que disminuye la altura de fieltro. Una posible explicación a los resultados obtenidos en este ensayo, es que en un comienzo, cuando la capa de fieltro era más gruesa, fue fácil extraer raíces desde ella, pero a medida que fue disminuyendo esta capa era casi imposible sacarlas, porque estaban muy bien sujetas entre ellas, como consecuencia se incluyeron dentro de la medición de contenido de materia orgánica. Además de esto, el aumento de la cantidad de raíces de las plantas dio como resultado una gran cantidad de materia orgánica proveniente de restos de estructura radical y la disminución del fieltro se pudo deber a la degradación de material sin descomponer que existía desde antes que se empezara el ensayo y que ocupaba una gran parte del fieltro.

Consolidación

El suelo posee dos propiedades que interesan para este ensayo: elasticidad y plasticidad. La elasticidad es la tendencia o predisposición del suelo a recuperar su forma original luego de liberar la carga a la cual fue sometido, en cambio la plasticidad es la capacidad del suelo de deformarse (sin disgregarse) en forma no reversible (Kézdi, 1980). Estos dos fenómenos se pueden observar en el ejemplo de la Figura 3 realizada con los datos obtenidos del T_0 al final del ensayo, donde se muestra la deformación cuando se aplican presiones crecientes (kPa) a la superficie del césped (deformación plástica) y la capacidad de recuperación (recuperación elástica) que posee cuando se descargan estas presiones.

La elasticidad se observa en la primera etapa de la curva de deformación plástica, en esta etapa el suelo aun puede recuperar su forma original si se le deja de ejercer una presión, a modo de analogía el suelo actuaría al igual que cuando se estira un elástico y al soltarlo, este vuelve a su forma original. La plasticidad por otro lado, representa la situación cuando tomamos por ejemplo arcilla, podemos moldearla pero esta nunca vuelve a su forma original. Esta situación está reflejada en la parte final de la curva de deformación, donde al pasar de una presión a otra el suelo no tiene la capacidad de recuperarse y volver a su forma original. El punto de quiebre entre estas dos propiedades se denomina capacidad de soporte. En el Cuadro 2 se presentan las pendientes respectivas de los comportamientos plástico y elástico de cada tratamiento.

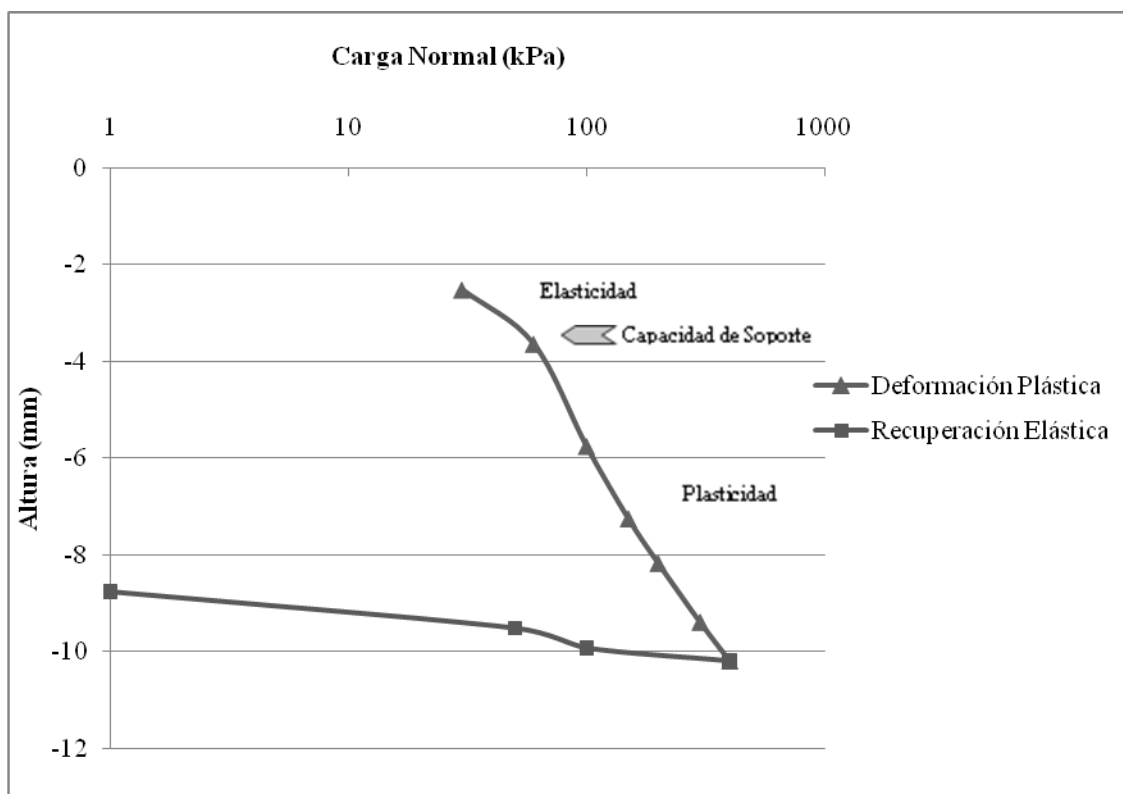


Figura 3. Ejemplo de curva de consolidación de una superficie de green, con muestra del tratamiento T_0 al final del ensayo.

Cuadro 2. Pendientes de las curvas promedio de deformación plástica y recuperación elástica medidas para cada tratamiento en diferentes fechas.

Fecha	Tratamiento 0		Tratamiento 1		Tratamiento 2	
	Deformación	Recuperación	Deformación	Recuperación	Deformación	Recuperación
	Plástica	Elástica	Plástica	Elástica	Plástica	Elástica
	mm · kPa ⁻¹					
16-nov-09	0,01248	0,00300	0,01200	0,00391	0,01587	0,00610
14-dic-09	0,01306	0,00523	0,01254	0,00506	0,01354	0,00478
11-ene-10	0,01097	0,00358	0,01126	0,00375	0,01191	0,00487

De acuerdo a la Figura 1, dada la presencia de una menor capa de fieltro en el tratamiento T_2 , este tiende a presentar una mayor deformación plástica, ya que las cargas se transmitirán al suelo mineral, que al ser un sustrato arenoso tenderá a asentarse y no recuperarse. La mayor proliferación de raíces en T_2 no es suficiente para generar una mayor capacidad de recuperación elástica, aunque ninguno de los parámetros evaluados tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Altura v/s Consolidación

La altura mínima alcanzada en el ensayo (11 mm) no entra en el rango de lo permitido como capa de fieltro en un green (7,6 mm), ya que además de los problemas antes mencionados cuando se presenta un excesivo fieltro en una superficie cespitosa, se le puede sumar las dificultades o molestias que esto causa en el correcto desarrollo del juego de golf. Cuando un jugador pisa el green ejerce distintas presiones, dependiendo de cómo se pare sobre éste. Cuando el jugador tiene apoyados sus dos pies en el green y está parado erguido, ejerce una presión aproximada de 7,6 kPa. Otra presión distinta es cuando el jugador se pone en cuclillas para mirar la superficie del green, la cual corresponde aproximadamente a 39,2 kPa, esta presión es mucho mayor que la anterior, ya que la superficie de apoyo disminuye, por lo que la deformación en mm es mucho mayor y el tiempo de recuperación también lo es. Si extrapolamos ambas presiones con los datos obtenidos en la medición de consolidación, obtenemos las deformaciones en la superficie del green que provocaría el jugador con estas dos acciones (Figura 4).

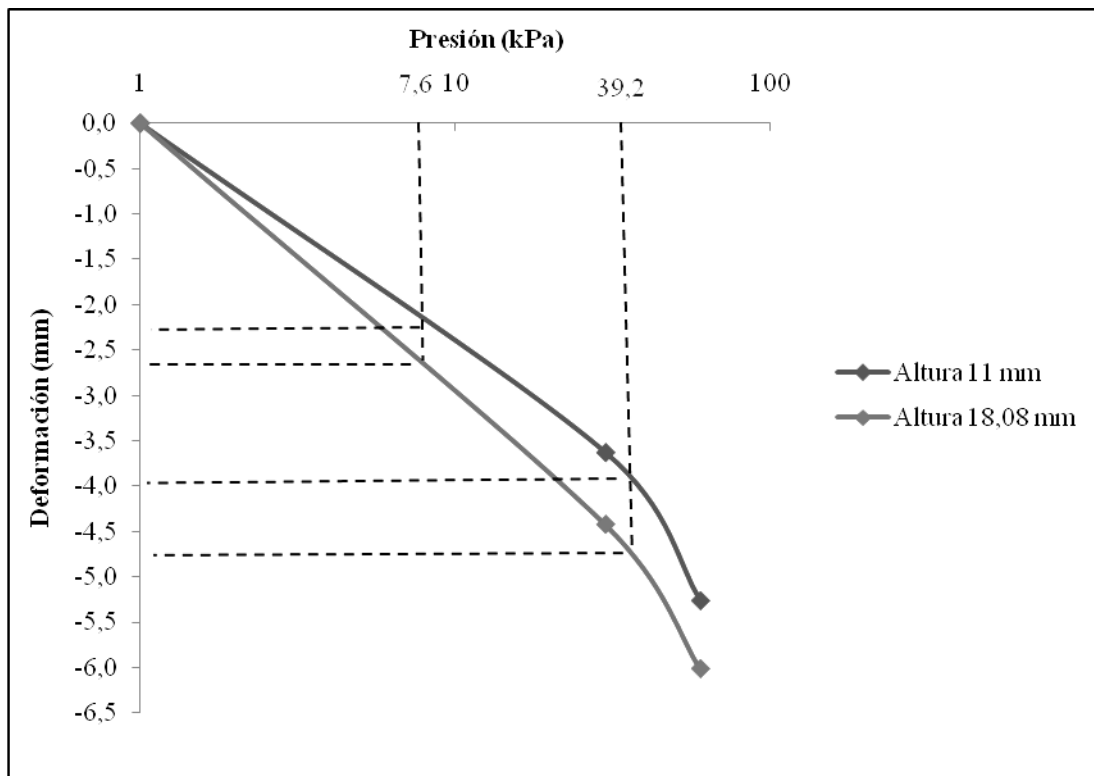


Figura 4. Deformación de la superficie de un green al aplicar presiones diferentes según la postura del jugador sobre éste.

En la Figura 4 se puede observar claramente cómo influye la altura del fieltro y la presión ejercida en la deformación de la superficie, a mayor altura y presión, mayor deformación. El jugador, al aplicar una presión igual a 39,2 kPa, es decir, estando él en cuclillas sobre el green, provoca una deformación o en este caso un hundimiento de la superficie de alrededor de 3,9 mm si la capa de fieltro es de 11 mm y de 4,8 mm si la capa es de 18,08 mm. Esta deformación provoca desvíos de la pelota en el caso de venir con la rapidez suficiente para pasar este “obstáculo” o bien queda estancada en la depresión formada si ésta viene muy lento. A modo gráfico, en la Figura 5 se muestra una fotografía tomada a una superficie de un green con una aplicación de presión igual a 39,2 kPa en una capa de fieltro de 18,08 mm. La pelota de la izquierda es la situación normal sin presión y la pelota de la derecha se ubicó luego de haber ejercido la presión señalada anteriormente.



Figura 5. Izquierda: Sin presión sobre el green.
Derecha: Deformación de la superficie luego de aplicar una presión igual a 39,2 kPa.

Las pequeñas diferencias en éste resultado pueden llegar a ser importantes si se proyectan en el tiempo, pues nuevas aplicaciones del producto utilizado en este estudio asegurarán continuar con la tendencia de disminuir el fieltro hasta niveles aceptables, proporcionando al green una mayor calidad. Al respecto, la estabilización de la altura del fieltro al cabo de un mes y medio en los tratamientos T_1 y T_2 (Figura 1) amerita estudiar la necesidad de periodicidad de la aplicación del producto.

CONCLUSIONES

La aplicación del producto en base a *Trichoderma harzianum* disminuye la altura del fieltro presente en una superficie con césped. Por los resultados obtenidos es muy probable que con más de 2 aplicaciones separadas en la misma cantidad de días (15 días), la capa de fieltro llegue a medir los 7,6 mm esperados. Es posible que para mantener o seguir disminuyendo el fieltro se deban realizar más de 2 aplicaciones y además incluirlas dentro del programa anual de manejo, ya sea en aplicaciones preventivas o curativas como en el caso de este ensayo. El producto no ocasionó ningún tipo de problema o reacción indeseada a la cubierta de césped, por lo que se puede considerar que su utilización es segura para este tipo de pastos. Como se trata de un producto en base a un hongo, las aplicaciones de fungicidas se deben coordinar con las aplicaciones de este producto, tomando en cuenta la residualidad del fungicida para que el hongo no se vea afectado.

En lo que se refiere a las dosis, como se vio en el ensayo, no existe diferencia significativa al utilizar una dosis de $2 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ (dosis comercial) o una de $6 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ por lo que la dosis que hasta ahora se recomienda es acertada.

Finalmente, la hipótesis planteada se rechaza, ya que si bien la altura de fieltro disminuyó, el contenido de materia orgánica aumentó considerablemente. Este aumento, según lo observado en el ensayo, no influye de forma negativa al green en ningún aspecto pero la disminución de la altura elevó la calidad de la superficie del green en relación a lo que se tenía inicialmente. Si bien no se llegó al objetivo de alcanzar los 7,6 mm de altura de fieltro, considerados como óptimos para un green, al tomar en cuenta el tiempo que demoró llegar a ésta altura y el número de aplicaciones realizadas, el uso del producto es una alternativa real y efectiva en la disminución del fieltro.

BIBLIOGRAFÍA

Agnew, M. 1993. Thatch Control: An integrated system that includes biological, mechanical and preventive controls will produce the best results. *Golf Course Management* (August): 62-64.

Altomare, C., W.A. Norvell, T. Björkman and G.E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology* 65(7):2926-2933.

Atlas, R. M. 2002. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 4 ed. Adisson-Wesley Iberoamericana, Madrid, España. 677p.

Beard, J. B. 1973. *Turfgrass: Science and culture*. Prentice Hall, Engelwood Cliffs. New Jersey. EEUU. 658p.

Beard, J. B. 1982. *Turf management for Golf courses*. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minesota. EEUU. 642p.

Buchert, J., T. Oksanen, J. Pere, M. Siika-aho, A. Suurnäkki and L.Viikari. 1998. Applications of *Trichoderma reesei* enzymes in the pulp and paper industry. Pp: 343-363. In: Harman, G.E. and C.P. Kubicek (Eds). *Trichoderma and Gliocladium* Vol. 2: Enzymes, biological control and commercial applications, Taylor & Francis Ltd. Bristol, EEUU. 400p.

Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1970. *Naturaleza y propiedades de los suelos: texto de edafología para la enseñanza*. Montaner y Simon, Barcelona, España. 590p.

Cabeza, R., D. Pinochet y E. Valenzuela. 2002. Biodegradación de paja de trigo por cepas fúngicas seleccionadas. Universidad Austral de Chile, Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. *Boletín Micológico* 17:69-74.

Donoso, E., G.A. Lobos y N. Rojas. 2008. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. *Bosque* 29(1): 52-57.

Engel, R.E. 1969. Thatch, cultivation and topdressing of closely-cut turf. First International Turfgrass Reserch Conference. 496-501.

- Galante, Y.M., A. De Conti and R. Monteverdi.1998. Application of *Trichoderma* enzymes in the textile industry. Pp:311-324. In: Harman, G.E. and C.P. Kubicek (Eds). *Trichoderma and Gliocladium* Vol. 2: Enzymes, biological control and commercial applications, Taylor & Francis Ltd. Bristol, EEUU. 400p.
- Galeano, M., F. Mendez y A. Urbaneja. 2002. Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai (cepa T-22) sobre cultivos hortícolas. Agrícola Vergel 251: 628 – 632.
- Gams, W. and J. Bissett. 1998. Morphology and identification of *Trichoderma*. Pp: 3-34. In: Kubicek, C. P. and Harman, G. E (Eds). *Trichoderma and Gliocladium*.Vol 1: Basic biology, taxonomy and genetics. Taylor and Francis Ltd. London, United Kingdom. 278p.
- Harman, G.E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol: Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Disease 84: 373-393.
- Hurto, K. A., A. Turgeon and L. Spomer. 1980. Physical characteristics as a turfgrass growing medium. Agronomy Journal 72:165-167.
- Kézdi, A. 1980. Handbook of soil mechanics. Vol 2. Soil testing. Elsevier Publishing Company, The Netherlands, Amsterdam,. 258 p
- Kleifeld, O., I. Chet. 1992. *Trichoderma harzianum* – interaction with plants and effect on growth response. Plant and Soil 144: 267-272.
- Klein, D. and D. Eveleigh.1998. Ecology of *Trichoderma*. Pp: 57-74. In: Kubicek, C. P. and Harman, G. E (Eds). *Trichoderma and Gliocladium* .Vol 1: Basic biology, taxonomy and genetics. Taylor and Francis Ltda. London, United Kingdom. 278p.
- Laundry, G. 1993. Thatch control in turf. Agronomy Fact Sheet. University of Georgia. EEUU. 4p.
- Landshoot, P. s.a. Managing thatch in laws. The Pennsylvania State University Disponible en: http://turfgrassmanagement.psu.edu/managing_thatch_in_lawns.cfm.Leído el 10 de Agosto del 2009.
- Ledeboer,F.B., and C.R. Skogley.1967. Investigations into the nature of thatch and methods for its decomposition. Agronomy Journal 59: 320-323.
- Mancino, C., M. Barakat and A. Maricic. 1993. Soil and thatch microbial populations in an 80% sand: 20% peat Creeping Bentgrass putting green. HortScience 28(3):189-191.
- Martin,S.B. and J. Dale.1980. Biodegradation of turf thatch with wood-decay fungi. Phytopathology 70:297-301.

McCarty, L. B., M. Gregg, J. Toler, J. Camberato and H. Hill. 2005. Minimizing thatch and mat development in a newly seeded Creeping Bentgrass golf green. *Crop. Science* 45:1529-1535.

McCarty, L. B., M. Gregg and J. Toler. 2007. Thatch and mat management in an established Creeping Bentgrass golf green. *Agronomy Journal* 99:1530-1537.

Monte, E. 2001. Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. *International Microbiology* 4: 1-4.

Murdoch, C.L., and J.P. Barr. 1976. Ineffectiveness of commercial microorganism inoculum in breaking down thatch in common bermudagrass in Hawaii. *HortScience* 11: 488-489.

Murphy, J. 1994. Thatch management in turf. The State University of New Jersey. Rutgers NJAES Cooperative Extension. EEUU. 4p.

Sadzawka, A., M. Carrasco, R. Grez y M. Mora. 2004. Métodos de análisis recomendados para suelos chilenos. Comisión de acreditación y normalización. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. 113p.

Salaiz, T. A., G. Horst and R. Shearman. 1995. Mowing height and vertical mowing frequency effects on putting green quality. *Crop Science* 35:1422-1425.

Santibañez, C. V. 2002. Diseño y evaluación de una planta piloto de compostaje para el tratamiento de residuos de origen vegetal. Tesis química ambiental. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. Santiago, Chile. 93p.

Sorensen, J. 1997. The rhizosphere as a habitat for soil microorganisms. Pp: 21-45. *In*: Elsas, J. D. van, Trevors, J. T. and Wellington, E. M. H. (Ed.). *Modern soil microbiology*. 8 ed. Marcel Dekker, New York, EEUU. 683p.

Thorn, G. 1997. The fungi in soil. Pp:63-128. *In*: Elsas, J. D. van, Trevors, J. T. and Wellington, E. M. H. (Ed.). *Modern soil microbiology*. 8 ed. Marcel Dekker, New York, EEUU. 683p.

Trappe, J and Patton, A. s.a. Thatch prevention and control. Agriculture and natural resources. FSA6139. University of Arkansas. EEUU. 3p.

Valenzuela, E., S. Leiva y R. Godoy. 2001. Variación estacional y potencial enzimático de micro hongos asociados con la descomposición de hojarasca de *Nothofagus pumilio*. *Revista Chilena la Historia Natural* 74(4): 737-749.

Whipps, J. M. 1997. Ecological considerations involved in commercial development of biological control agents for soil-borne diseases. Pp: 525-546 *In*: Elsas, J. D. van, Trevors,

J. T. and Wellington, E. M. H. (Ed.) Modern soil microbiology. 8 ed. Marcel Dekker, New York, EEUU. 683p.

Willis, G., L. B. McCarty, A. Estes and H. Liu. 2006. Chemical thatch control in a creeping bentgrass putting green. *Golf Course Management*. 74(10): 96-98.

Windham, M., Y. Elad and R. Baker. 1986. A mechanism for increased plant grow induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 76(5): 518-521.

APÉNDICE I.

Esquema de cómo se midió la altura de fieltro.



APÉNDICE II.

Cuadro resumen de resultados estadísticos para la medición de altura de fieltro. Letras distintas acusan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la misma fecha de medición.

Tratamiento	Fecha de medición					
	16-11-2009	30-11-2009	14-12-2009	28-12-2009	11-01-2010	25-01-2010
T₀	18,5 a	18,2 b	18,3 b	17,8 b	18,7 b	17,9 b
T₁	17,7 a	16,7 a	12,9 a	11,0 a	12,3 a	12,7 a
T₂	18,1 a	16,9 a	13,7 a	12,1 a	12,8 a	12,5 a

APÉNDICE III.

Cuadro resumen de resultados estadísticos para la medición de contenido de materia orgánica (%) en el fieltro. Letras distintas acusan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la misma fecha de medición.

Tratamiento	Fecha de medición					
	16-11-2009	30-11-2009	14-12-2009	28-12-2009	11-01-2010	25-01-2010
T₀	3,46a	3,38 a	3,40 a	3,56a	10,2 a	3,56 a
T₁	4,50a	8,65 b	9,79 b	28,6b	40,6 b	26,4 b
T₂	5,00a	12,0 b	16,0 c	28,0b	53,0 b	29,0 b