

**EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LA  
TEMPERATURA SOBRE HONGOS EDÁFICOS (CUENCA RÍO BLANCO,  
CUNDINAMARCA)**

**JUAN FELIPE CORREDOR RODRÍGUEZ  
GINA MARCELA CRUZ MORALES**

**TRABAJO DE GRADO  
Presentado como requisito parcial para optar el título de**

**Microbiólogo(a) Industrial**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ, D.C.  
DICIEMBRE DE 2009**

**EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LA  
TEMPERATURA SOBRE HONGOS EDÁFICOS (CUENCA RÍO BLANCO,  
CUNDINAMARCA)**

**JUAN FELIPE CORREDOR RODRÍGUEZ  
GINA MARCELA CRUZ MORALES**

**APROBADO**

---

**Amanda Varela Ramírez, Ph.D.  
Directora**

---

**MARIA XIMENA RODRÍGUEZ, Ph.D.  
Microbióloga Industrial  
Jurado**

---

**ANDREA GARCIA  
Microbióloga Industrial  
Jurado**

**EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LA  
TEMPERATURA SOBRE HONGOS EDÁFICOS (CUENCA RÍO BLANCO,  
CUNDINAMARCA)**

**JUAN FELIPE CORREDOR RODRÍGUEZ  
GINA MARCELA CRUZ MORALES**

**APROBADO**

---

**MARIA XIMENA RODRIGEZ**  
**Microbióloga Industrial**  
**Jurado**

---

**ANDREA GARCIA**  
**Microbióloga Industrial**  
**Jurado**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primero que todo quiero agradecerle a Dios por traerme a este mundo, por darme un hogar, una familia y un estudio, ya que el siempre está a mi lado apoyándome, guiándome y dándome bendiciones y gracias a él pude sacar adelante mi carrera y ser alguien en la vida.*

*A las dos personas más especiales de mi vida como lo son mi mamá y mi abuela, a quienes les agradezco con el alma por apoyarme, por tenerme paciencia y lo más importante, por darme el estudio.*

*A mi familia y a mi novia por el apoyo incondicional sin importar las circunstancias, ya que siempre están ahí presentes para brindarme amor y reconfortarme.*

*Especialmente a mis dos angelitos que aunque están en el cielo, desde allá cuidan, y me mandan muchas bendiciones, las quiero mucho y siempre las voy a llevar en mi corazón.*

**Juan Felipe Corredor Rodríguez**

*A Dios, a la virgen y los ángeles por acompañarme en todo momento y ser mis guías; por que gracias a sus bendiciones hoy estoy aquí, a punto de terminar otra etapa de la vida y comenzar un nuevo camino.*

*A mi mamá porque sin ella nunca hubiera podido llegar hasta acá ni ser la persona que hoy soy, por su comprensión, su apoyo y su esfuerzo por sacarme adelante, por darme todo lo necesario para ser feliz y por ser el mejor ejemplo a seguir y la mejor mamá del mundo.*

*A mis abuelitos Gustavo y Cristina por ser una bendición no solo para mí sino para toda mi familia, por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo momento.*

*A Rubén por su compañía, cariño, buenos consejos y apoyo incondicional.*

**Gina Marcela Cruz Morales**

*A nuestra directora de tesis Amanda Varela por brindarnos su confianza, por transmitirnos sus conocimientos y experiencia, por su colaboración y apoyo durante el desarrollo de este trabajo.*

*A Lina Ordoñez por su ayuda y colaboración, ya que fue de gran apoyo para sacar adelante este trabajo.*

**Juan Felipe Corredor Rodríguez y Gina Marcela Cruz Morales**

## CONTENIDO

	PÁGINA
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
1.1 El suelo .....	11
1.2 Cambio climático.....	14
1.3 Pastizales para ganadería .....	17
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>20</b>
2.1 Planteamiento del problema .....	20
2.2 Justificación .....	20
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
3.1 Objetivo general.....	23
3.2 Objetivos específicos .....	23
3.3 Preguntas de investigación .....	23
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
4.1 Zona de estudio .....	24
4.2 Muestreo.....	24
4.3 Análisis de laboratorio .....	26
4.3.1 Determinación de la densidad de hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado.....	26
4.3.2 Parámetros Físicoquímicos.....	27
4.3.3 Recolección y análisis de la información.....	28
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
5.1 Parámetros microbiológicos.....	29
5.2 Parámetros ambientales y físicoquímicos del suelo .....	33
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>43</b>

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
1. Pastizales para ganadería. Vereda Mundo Nuevo.....	19
2. Zona de Muestreo. Vereda San José.....	24
3. Dispositivo utilizado para aumentar la temperatura del suelo. Pirámide de policarbonato en pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.....	25
4. Microorganismos aislados de las muestras de suelo del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo .....	31
5. Promedio de la desviación estándar de la temperatura ambiental en suelos del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo .....	33
6. Promedio de la desviación estándar de la temperatura del suelo en pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo .....	34
7. Promedio de la desviación estándar del pH del suelo en pastizal para ganadería vereda San José. Mundo Nuevo .....	35
8. Promedio de la desviación estándar de la conductividad eléctrica del suelo en pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo .....	36
9. Promedio de la desviación estándar de la humedad del suelo en pastizal para ganadería vereda San José. Mundo Nuevo.....	37
10. Promedio de la desviación estándar de la materia orgánica del suelo en pastizal para ganadería vereda San José. Mundo Nuevo .....	37
11. Promedio de la desviación estándar de las partículas granulométricas del suelo pastizal en para ganadería vereda San José. Mundo Nuevo .....	38
12. Promedio de la desviación estándar de los microagregados del suelo en pastizal para ganadería vereda San José. Mundo Nuevo .....	39
13. Prueba de correlación para la densidad (Log UFC g) y temperatura del suelo en pastizal para ganadería vereda San José. Mundo Nuevo .....	40

## CONTENIDO DE TABLAS

### PÁGINA

1. Correlación entre la densidad de los hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado; y las variables ambientales y fisicoquímicas en suelos del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.....41

## RESUMEN

Con el fin de analizar el efecto que tiene un dispositivo de policarbonato para establecer la influencia del aumento de temperatura sobre la densidad de hongos antagonistas y el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.) presentes en un pastizal y la relación de esta con algunas características fisicoquímicas del suelo, se realizaron dos muestreos de suelo en un pastizal para ganadería, en la cuenca del río Blanco. Se tomaron muestras de suelo antes de instalar el dispositivo y luego se colocó este sobre el suelo, el cual consistía en una pirámide de policarbonato abierta en la parte superior. Un mes después se realizó un segundo muestreo dentro y fuera de la pirámide. Para cada una de las muestras se cuantificó la densidad de hongos antagonistas y de *Fusarium* sp., el porcentaje de humedad y materia orgánica, el pH, la conductividad eléctrica, textura, porcentaje de distribución de agregados, temperatura de suelo y temperatura ambiental. Los resultados obtenidos mostraron que el dispositivo no permitió un aumento significativo de la temperatura del suelo (0,1 °C), debido a que el diseño de éste favoreció la condensación de la humedad y no el aumento de la variable en estudio, por tal motivo no hubo ninguna diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la densidad de hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado causada por la variable temperatura. Adicionalmente se encontraron relaciones débiles entre las variables fisicoquímicas y la densidad de los hongos. Se sugiere modificar el dispositivo y monitorear la temperatura y humedad dentro de la pirámide para evaluar posteriormente su efectividad en el aumento de la temperatura.



## INTRODUCCIÓN

A medida que ha transcurrido el tiempo el clima ha sufrido grandes cambios atribuidos directa o indirectamente a la actividad humana, alterando así la composición de la atmósfera mundial y la variabilidad natural del clima. Los estudios acerca del efecto del cambio climático sobre los suelos han sido dirigidos especialmente a aquellas funciones de interés para la producción agrícola, y casi nada se ha realizado dentro del contexto de la dinámica de los ecosistemas naturales. Dentro de los diferentes usos que se le ha dado a los suelos en Colombia, se encuentran los pastizales, ampliamente utilizados en unos de los sectores económicos más grandes del país, la ganadería. Además de estos beneficios, los pastos hacen parte de una agroecosistema ampliamente distribuido, por lo cual su estudio es importante para fines ecológicos, económicos y/o de conservación. Diferentes tipos de microorganismos y especies animales hacen parte del pastizal y, crean relaciones ecológicas en la medida en que aquel les ofrece un lugar donde alimentarse, refugiarse y/o reproducirse.

Dentro de los diferentes microorganismos se encuentran los hongos antagonistas y fitopatógenos, los cuales desempeñan un papel importante en los suelos. Esta acción es conducida por numerosos metabolitos secundarios que les permiten desarrollarse y a su vez colonizar nuevos hospederos. Los hongos fitopatógenos en muchos de los usos de suelo han generado grandes pérdidas económicas; sin embargo gracias al uso de sustancias químicas como fertilizantes y plaguicidas se ha logrado disminuir su crecimiento y acción; esto a su vez ha traído grandes problemas, ya que estas sustancias han afectado negativamente la calidad de los suelos. Por esta razón actualmente se habla del control biológico como un mecanismo de control de los patógenos por uno o más organismos, logrado de forma natural o a través de la manipulación del medio ambiente, hospedero o antagonistas o, por la introducción masiva de uno o más antagonistas. Sin embargo, es necesario considerar que las interacciones de múltiples variables presentes en el medio ambiente pueden modificar las interacciones entre los

microorganismos y su entorno muchas de las cuáles pueden favorecer o impedir un control biológico efectivo. Este problema se está viendo actualmente con gran intensidad debido al cambio climático que se genera con el paso del tiempo, lo cual según las investigaciones puede llevar no solamente a la extinción de especies animales, vegetales y microorganismos sino también a la aparición de nuevos organismos y con ellos nuevas enfermedades.

En tal sentido el objetivo de este trabajo de investigación es evaluar el efecto del uso de un dispositivo en condiciones de campo sobre el aumento de la temperatura y, la densidad de hongos antagonistas y el hongo fitopatógenos evaluado (*Fusarium* spp.) presentes en un pastizal para ganadería, ubicado en la Cuenca Río Blanco (Cundinamarca).

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 El suelo

El suelo es un sistema natural abierto y complejo, que se forma en la superficie de la corteza terrestre donde viven las plantas y gran diversidad de seres vivos y cuyas características y propiedades se desarrollan por la acción de los agentes climáticos y bióticos (López y Rijo 1994). En el suelo se llevan a cabo dos procesos vitales: la descomposición y el flujo de nutrientes. Estos procesos son controlados principalmente por la actividad biológica, la cual depende en última instancia de la temperatura y la humedad (Fragoso 2001).

Dentro de las propiedades físicas la temperatura del suelo que es una de las importantes ya que no sólo controla el crecimiento de las plantas, sino también el crecimiento de los microorganismos, su distribución geográfica y los procesos que definen su formación; además de esto la temperatura controla gran parte de la actividad biológica (Pulido *et al.* 1995; Allen *et al.* 2000).

Otro de los factores importantes que afectan la composición, estructura y funcionamiento el suelo es la presencia de casi todos los grupos taxonómicos de organismos que viven en este (Pulido *et al.* 1995). Estos organismos pueden dividirse en tres grandes grupos: bacterias, hongos y fauna, en donde las asociaciones entre macroorganismos, mesoorganismos y microorganismos, varían de acuerdo al suelo, a sus entradas y salidas energéticas y al uso del mismo. En cuanto al crecimiento microbiano, se sabe que éste tiene lugar en la superficie de las partículas del suelo, normalmente en la rizosfera, que es la región del suelo inmediata a la raíz de vegetales superiores (Madigan *et al.* 1999).

Los estudios sobre la presencia de los microorganismos en el suelo son numerosos; sin embargo a la fecha no existe ningún ejemplo en el que se haya determinado completamente la diversidad de un suelo (Stewart 1991). Se sabe que los microorganismos presentes en el suelo son vitales para la fertilidad,

degradación de materia orgánica y contaminantes, como también en el papel que desempeñan en los ciclos biogeoquímicos, tanto del carbono, nitrógeno como de muchos otros elementos (Van Beelen *et al.* 1997).

En realidad en el conocimiento actual se ha identificado el significado funcional de grupos particulares que afectan la productividad de las plantas en un contexto agrícola, y se han definido algunas de las actividades en las que participan los microorganismos del suelo: fijación de nitrógeno, degradación de celulosa, hemicelulosa o ácidos húmicos, incorporación de fósforo a la planta, interacción con otros microorganismos, y control biológico. Además de estos efectos positivos algunos microorganismos como los hongos provocan enfermedades en las plantas cultivadas por el hombre, produciendo grandes pérdidas económicas y de rendimiento (Stewart 1991; Bethlenfalvay 1993).

En comparación con algunos otros hábitats de los hongos, el suelo ha demostrado ser de difícil estudio. Esto es una consecuencia de la multitud de organismos que se encuentran en el mismo, la complejidad de los ciclos biológicos de los hongos y las dificultades inherentes a la investigación del suelo por su naturaleza heterogénea y su estructura compleja (Honorato 2000). Todas las plantas superiores pueden ser infectadas y dañadas por más de una especie de hongo fitopatógeno, y una especie de hongo fitopatógeno puede atacar a más de una especie de planta (National Academy of Sciences 1980; Agrios 1988).

Con respecto a la relación que establecen los hongos fitopatógenos con las raíces de las plantas, una característica es que invaden y se alimentan sobre tejidos vegetales vivos, por lo cual es muy importante que puedan rebasar todos los mecanismos de resistencia de las plantas (Garret 1981, Parisi 1979, Griffin 1972). Estos hongos fitopatógenos pueden mantener algún tipo de contacto con el suelo y obtener los nutrientes directamente de él, pueden ser suministrados por la absorción pasiva de los tejidos vegetales de la raíz, como lo son los nutrientes y agua para el crecimiento y el desarrollo de la planta. Por otro lado, estos hongos

retardan el desarrollo de la planta retardándole la viabilidad o causándole enfermedad o hasta la muerte (Isaac 1992).

Dentro de los hongos fitopatógenos de la raíz que invaden y provocan pudriciones en el sistema vascular se encuentran los géneros *Lecanicillium* y *Fusarium* (Galindo *et al.* 1995; Garret 1981). La invasión de los tejidos vegetales vivos por estos microorganismos ocurre en forma muy similar a la colonización del tejido vegetal muerto; es decir se presenta todo un despliegue de enzimas degradantes de tejidos y algunas veces también de fitotoxinas. Bajo esta perspectiva, estos hongos del suelo muestran un alto grado de habilidad competitiva saprofítica (Garret 1981). A nivel mundial la mayor cantidad de trabajos de investigación se han realizado sobre *Phytophthora infestans*, *P. cinnamomi*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp., teniendo en cuenta que este último ataca a más de 900 hospedantes, y por esto se ha convertido en uno de los hongos fitopatógenos del suelo más estudiado (Zentmyer 1980; Erwin *et al.* 1983).

*Fusarium* es un extenso género de hongos filamentosos ampliamente distribuido en el suelo y en asociación con plantas. Si bien la mayoría de las especies son más comunes en áreas tropicales y subtropicales, algunos habitan en el suelo en los climas fríos (Larone 1995). Esta especie es seguida en importancia por *P. infestans*, el patógeno que ocasiona el tizón tardío de la papa (Bourke 1964; Campbell & Madden 1990).

Las enfermedades de las plantas ocasionadas por muchos de los hongos fitopatógenos mencionados anteriormente, están asociadas directamente con la destrucción de los recursos naturales en la agricultura. Por tal motivo se han utilizado compuestos químicos para el control de estas enfermedades (control químico); sin embargo con el paso del tiempo se ha visto que el abuso en el empleo de éstos compuestos han favorecido el desarrollo de agentes patógenos resistentes a los fungicidas (Benítez *et al.* 2004). Lamentablemente cuanto más específico sea el efecto de un producto químico en un organismo, mayor será la probabilidad de disminuir el efecto a través de cambios genéticos en la población,

mientras que los fungicidas de amplio espectro pueden llegar a producir grandes problemas sobre el organismo blanco (Benítez *et al.* 2004). Por tal motivo, se ha buscado una solución mediante la utilización de microorganismos antagonistas sobre las plantas infectadas (control biológico) que da como resultado un mejor control y menores posibilidades de que el microorganismo al cual se está atacando adquiera algún tipo de resistencia. Además, la combinación de tales agentes de control biológico (BCAs) promueve un grado de represión de las enfermedades similares a los obtenidos con el tratamiento completo de fungicidas (Benítez *et al.* 2004).

Los antagonistas fúngicos pueden controlar el desarrollo de fitopatógenos a través de mecanismos como el micoparasitismo, competencia por nutrientes y espacio, secreción de inactivadores de los sistemas de infección del patógeno y de enzimas que hidrolizan a los componentes de las paredes celulares de los patógenos (Harman 2004). De ahí que sea importante poder establecer cuántos y cuáles mecanismos está expresando un hongo antagonista frente a un determinado fitopatógeno, y si tiene la capacidad de expresar esos mismos mecanismos frente a otros patógenos (Howell 2003), hecho que está relacionado con la composición de la pared celular del fitopatógeno (Bartnicki-García 1968), y la inducción de la secreción de enzimas desde el biocontrolador para la degradación de esta estructura. Es así como se ha descrito la síntesis de proteínas como las que hidrolizan derivados del xilano presentes en la pared celular de hongos fitopatógenos como *R. solani* xilanasas (Hanson *et al.* 2004).

## **1.2 Cambio climático**

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas descrito a partir de variables como la temperatura y la precipitación, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y en un lugar o región dada, y controlado por los denominados factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático, como son la atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera

(IDEAM 2001). El término cambio climático denota un cambio en el estado del clima identificable a raíz de un cambio en el valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante un período prolongado (IPCC 2007).

Los impactos del cambio climático futuro sobre sistemas y sectores llevarán a un aumento de la temperatura y a la aparición de perturbaciones asociadas como por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios, cambio de uso de la tierra, entre otros (Gómez 2002). Otros de los posibles efectos será que entre un 20% y 30% aproximadamente de las especies vegetales y animales estudiadas hasta la fecha estarán probablemente expuestas a un mayor riesgo de extinción si los aumentos del promedio mundial de temperatura exceden de entre 1,5 y 2,5°C. Para las correspondientes concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, las proyecciones indican importantes cambios en la estructura y función de los ecosistemas, en las interacciones ecológicas y desplazamientos de ámbito geográfico de las especies, con consecuencias predominantemente negativas para la biodiversidad y para los bienes y servicios ecosistémicos (IPCC 2007).

Otros estudios realizados han concluido que otro problema unido al cambio de temperatura es que los microorganismos se verán seriamente afectados, pues su crecimiento está determinado por la temperatura y humedad principalmente (Espinosa 2008). Es probable que con el cambio de clima especies que antes no aparecían en algunas zonas aparezcan. Con ello sucederá un movimiento de flujo de microorganismos, el cual ya se está documentando en varios países, en donde virus y bacterias entre 100.000 y 8.000.000 de años de antigüedad volvieron a la vida tras un proceso de descongelación (Consumer 2007). Sin embargo en México también han señalado que así como los microorganismos tienen mucho que ver con el cambio climático, también pueden ser una vía de solución al mismo. Esto ya es una alternativa que se está utilizando, lo cual no deja de lado que el clima sí está afectando considerablemente los microorganismos del suelo (Espinosa 2008).

De igual manera, se ha visto que la temperatura puede no solo traer consecuencias negativas para el medio ambiente, sino también puede llevar a la eliminación o debilitamiento de los organismos nocivos presentes en el suelo a través del aumento de la misma, combinado con la humedad, teniendo en cuenta que la mayoría de los microorganismos, incluyendo los hongos del suelo son mesófilos, es decir, crecen a temperaturas entre 25 y 30 °C (Alexander, 1980).

Como medios de control físicos más utilizados para el aumento de la temperatura está el acolchamiento donde se colocan cubiertas de polietileno transparentes o plástico fotodegradables sobre el suelo húmedo durante los días cálidos de verano, la temperatura que prevalece en los primeros 5 cm en la parte superficial del suelo puede elevarse hasta 52°C, comparada con un máximo de 37°C en los suelos que carecen de acolchado. Estas características se mantiene cuando el calentamiento es generado por el sol conocido con el nombre de “Solarización”, el cual es un proceso hidrotérmico utilizado en suelos mediante el calor solar retenido bajo una película de plástico transparente y expuesto a la luz del sol durante meses con altas radiaciones, con el fin de inactivar a muchos patógenos incluyendo hongos y bacterias que habitan en el suelo (Cassanello 2004).

La acción de la solarización actúa bajo dos efectos directos e indirectos; en cuanto a los directos se refieren al efecto hidrotérmico de la solarización del suelo, ya que la dosis letal de calor es función de la temperatura del aire y del tiempo de incidencia solar, los efectos indirectos se refieren a que el aumento de la temperatura en el suelo induce alteraciones microbiológicas que contribuyen al control de los patógenos. Finalmente es importante resaltar los efectos de las temperaturas sub-letales de la solarización sobre los microorganismos del suelo aumentan su sensibilidad tanto en los hongos como en las bacterias (Cassanello 2004).

Se ha reportado que de una solarización de 20 días, se obtiene una mortalidad de los esclerotes de 80% de 5 a 20 cm de profundidad (Rodríguez 2002).



Así mismo, diversos autores han reportado que éstos aumentos de las temperaturas del suelo bajo condiciones de solarización, debe superar la amplitud y oscilación térmica de 10°C, teniendo en cuenta que el tiempo del tratamiento debe ser mayor a 1 mes (Bohra *et al.*, 1996), para permitir cambios tanto en la superficie como en el interior del suelo que efectúen una acción antimicrobiana eficiente (González *et al.* 2002).

En Colombia el efecto del cambio climático en los suelos ha sido dirigido especialmente a aquellas funciones de interés para la producción agrícola y, casi nada ha sido hecho en relación con los suelos y la dinámica de los ecosistemas naturales. Por este motivo, es muy difícil prever cualquier tipo de efecto del cambio climático sobre el suelo, y su incidencia sobre los demás componentes de los ecosistemas (Castaño 2002).

### **1.3 Pastizales para ganadería**

El pastizal en general es un ecosistema y un lugar productor de forraje natural, donde los animales pueden alimentarse. La biodiversidad vegetal está representada por numerosas familias vegetales, entre las cuales se destaca de manera importante la familia Poaceae (Gramineae) y la leguminoseae (Fabaceae) con flores perfectas y fructificación muy diferenciada (Sierra 2002).

La gran diversidad de especies en este agrosistema, no se reduce a especies vegetales, pues coexisten animales como controladores biológicos, plagas nocivas para cultivos y el pastizal mismo o descomponedores, entre otros. En los pastizales, es común encontrar diversas relaciones ecológicas bien sea de competencia o mutualismo, entre otras, que al final determinan el comportamiento y las adaptaciones de algunas especies (Estrada 2002).

Colombia es un país que se caracteriza por su amplia diversidad tanto animal como vegetal. La ganadería colombiana es una actividad dotada con una alta proporción de los recursos productivos del país. El área total de pasturas

representa el 88% de la superficie agropecuaria nacional utilizada productivamente (Rivas 1999). Desde el punto de vista de la ganadería y la producción de pastos se han propuesto distintos sistemas de clasificación de formaciones ecológicas para el cultivo de pasto. La Sabana de Bogotá cuenta con unas 290.000 ha en praderas de diferentes especies dependiendo de la zona; sin embargo, en muchas ocasiones como consecuencia de un manejo inapropiado, los pastizales son atacados por una serie de enfermedades que causan la disminución de su calidad y en algunas ocasiones la aparición de enfermedades en los rebaños (Bernal y Granda 1997). Estas enfermedades son causadas por bacterias, hongos, virus o deficiencias nutricionales en el terreno (Gelvez 2009). Se estima que entre un 20 y un 30% de los pastos de climas templados/templado-fríos se asocian de manera mutualista con hongos endófitos del género *Neotyphodium* (antes *Acremonium*). La simbiosis es considerada como mutualista debido a que ambos socios obtiene beneficios. La asociación entre los hongos y las forrajeras no es vital para éstas, y como consecuencia, existen plantas no infectadas e infectadas en un mismo cultivo (Gundel 2008).

La cuenca del Río Blanco tiene un área total de 40,528 ha, de la cual 1,386 ha están cubiertas por pastos limpios, 3,567 ha cubiertas por pastos enmalezados, 7.669 ha corresponden a mosaico de pastos y cultivos, 4,279 ha a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, y 3,217 ha cubiertas por una mosaico de pastos con espacios naturales (INAP 2007). La cuenca se encuentra protegida bajo el sistema de PNN Chingaza y sólo en un 12,35%, correspondiente a 5,006 ha.; y el Área de Reserva Forestal Protectora Cuencas de Río Blanco y Río Negro, en un 20,12%, correspondiente a 8,155 ha (INAP 2007). Lo anteriormente expuesto muestra que la cuenca únicamente se encuentra protegida en un 32,48%, el resto de la cuenca se encuentra dedicada a sistemas agrícolas y ganaderos, lo cual ha traído beneficios para la economía de la misma pero a su vez ha impactado negativamente debido al mal uso de los suelos y a la introducción de la ganadería en los bosques débiles (INAP 2007).



**Figura 1:** Pastizales para ganadería. Mundo Nuevo.  
**Fuente:** Corredor y Cruz 2009

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

### **2.1 Planteamiento del problema**

Se ha detectado un incremento en la temperatura media global del aire y del mar, el derretimiento generalizado del hielo y el incremento global del nivel medio del mar, causado no sólo por efectos naturales sino también por la acción del hombre. En particular en Colombia se desconocen los efectos particulares que esto pueda causar al nivel del suelo, recurso del que dependen las actividades agrícolas y ganaderas. Aunque se predice que en definitiva va a haber una alteración de las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos en función del cambio climático, se considera que debido a que el cambio climático es un fenómeno que se ha venido desarrollando poco a poco, de la misma manera las propiedades del suelo van a llegar paulatinamente a un equilibrio bajo las nuevas condiciones climáticas. Adicionalmente de los efectos en los trópicos se sabe muy poco, pues muchos de los estudios se han realizado en la zona templada y o necesariamente las expuestas serán las mismas y, no es posible generalizar los efectos a los diferentes ecosistemas que existen en el trópico.

Diferentes estudios señalan que el cambio climático conducirá a la alteración del rendimiento final de los cultivos agrícolas, tales como rendimiento potencial, índice de disponibilidad de agua en el suelo e índice de fertilidad del suelo, debido a que sus efectos no serán iguales en todas las regiones del mundo. Esto probablemente inducirá cambios en las poblaciones de microorganismos del suelo y resulta primordial comenzar a estudiar la respuesta de los que tienen un efecto directo sobre las plantas de cultivo y los que regulan sus poblaciones.

### **2.2 Justificación**

De los diferentes microorganismos presentes en el suelo como los fitopatógenos, se señala que estos organismos han sido muy estudiados desde el punto de vista de su biología, los daños que ocasionan y su control, pero que se sabe poco sobre su diversidad y papel en las microcadenas tróficas del suelo (Fragoso

2001). Según Rodríguez (2001) el papel parasítico de estos hongos es una consecuencia de la clase de agricultura desarrollada. Señala que en suelos ricos en materia orgánica y con gran cantidad de descomponedores primarios y secundarios, el daño a las plantas generalmente se atenúa, demostrado así que los resultados positivos del manejo de una plaga están directamente relacionados con prácticas que maximizan la diversidad y funcionamiento biológicos del suelo (Rodríguez 2001).

En el control biológico de los fitopatógenos juegan, entre otros, un papel muy importante los hongos antagonistas debido a características tales como crecimiento y desarrollo rápido, agresividad, persistencia y capacidad de colonizar el medio aún en condiciones de estrés nutricional (Correa 2002). Sin embargo, en Colombia se ha observado que estos organismos patógenos son afectados por las condiciones ambientales actuales influyendo directamente sobre los agentes causantes de enfermedades, favoreciendo la dispersión y activación de hongos, bacterias e insectos que ocasionan el desarrollo de enfermedades y ataques de plagas en los cultivos (ICA 2008). Así mismo otros estudios afirman que estos cambios ambientales generados en todo el mundo representan un peligro para la supervivencia de determinadas especies y al mismo tiempo repercute en la interacción de distintos elementos de los ecosistemas agrícolas (Espinosa 2008).

Dentro del proyecto financiado por el Programa Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático llevado a cabo en la vereda Mundo Nuevo (La Calera-Cundinamarca), se ha buscado la manera de organizar la población humana con el fin prevenir que las modificaciones que pueda traer el cambio climático en su territorio no afecte la seguridad alimentaria y la salud de la población humana. Para lograr este objetivo, el proyecto busca un manejo sostenible de los sistemas productivo de agricultura como son la ganadería, y los cultivos de papa y hortalizas, los cuales no sólo se han visto afectados por el mal uso y manejo de los suelo con pastizal y bosque, sino también por la presencia de hongos patógenos que ya han causado pérdidas económicas de algunos cultivos (INAP

2007). Para tal efecto es necesario comenzar a realizar experimentos directamente en condiciones de campo y evaluar el uso propuesto de dispositivos de policarbonato para la elevación del aumento de la temperatura del suelo con el fin de establecer si existe algún tipo de influencia de esta variable sobre la densidad de hongos antagonistas y fitopatógenos (*Fusarium* sp.) presentes en un pastizal ubicado en la Cuenca Río Blanco (Cundinamarca).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Establecer el efecto que tiene un dispositivo de policarbonato para establecer la influencia del aumento de temperatura sobre la densidad de hongos antagonistas y el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.) presentes en un pastizal ubicado en la Cuenca Río Blanco (Cundinamarca).

#### **3.2 Objetivos específicos**

Determinar si el dispositivo cambió la temperatura de suelo con el fin de evaluar la influencia del aumento de esta variable sobre la densidad de los hongos antagonistas y el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.) presentes en el pastizal.

Determinar la influencia de las variables ambientales y las características fisicoquímicas del suelo con pastizal, sobre la densidad fúngica con relación a hongos antagonistas y el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp).

#### **3.3 Preguntas de investigación**

1. ¿El dispositivo cambia la temperatura del suelo y tiene algún efecto sobre la densidad de hongos antagonistas y sobre el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.), presentes en el pastizal?
2. ¿La temperatura, la humedad del suelo, pH, distribución de agregados, materia orgánica, conductividad eléctrica y textura del suelo están relacionados con la densidad de hongos antagonistas y el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.) presentes en el pastizal?

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Zona de estudio

El trabajo se realizó en la vereda Mundo Nuevo ubicada en la cuenca del Río Blanco, departamento de Cundinamarca, mas exactamente en la vereda de San José (Cuenca Río Blanco), que se caracteriza por tener una temperatura media anual alrededor de 13°C, tiene un total de 40,528 ha que se dividen en 1,386 ha para pastos limpios, 7,669 ha. para pastos y cultivos, 4,279 ha. para cultivos, pastos y espacios naturales, 3,217 ha. de pastos con espacios naturales.



**Figura 2.** Zona de muestreo. Vereda San José. Mundo Nuevo  
**Fuente:** Corredor y Cruz 2009

### 4.2 Muestreo

El muestreo fue *ad libitum* restringido. Se seleccionaron nueve puntos en un área de pastizal para ganadería, con una distancia de separación entre uno y otro de 30 m. Posteriormente se realizó un primer muestreo a partir del cual se extrajeron las muestras de suelo. Dichas muestras fueron tomadas con ayuda de un barreno manual (ICONTEC 1997) a una profundidad entre 0 y 20 cm, las cuales fueron empacadas en bolsas ziploc y transportadas en neveras de icopor a 4°C para



evitar que las condiciones del suelo variaran durante el transporte hasta el laboratorio.

Posteriormente se colocaron en cada uno de los puntos pirámides de policarbonato en forma truncadas en la parte superior para permitir el flujo del aire, de un tamaño de 60 cm de ancho x 40 cm de largo, con el fin establecer la influencia del dispositivo sobre el cambio de la temperatura del suelo dentro de las mismas (Figura 3).



**Figura 3:** Dispositivo utilizado para aumentar la temperatura del suelo. Pirámide de Policarbonato en pastizal para ganadería de la vereda San José. Mundo Nuevo.

**Fuente:** Corredor y Cruz 2009

Un mes después se realizó el segundo muestreo, tomando muestras tanto del interior de la pirámide, como del exterior de la misma, a una distancia de aproximadamente 1 m. El empaque y transporte se realizó en las mismas condiciones descritas anteriormente. Así mismo durante el primer y segundo muestreo se tomó la temperatura ambiental y temperatura de suelo en cada uno de los puntos de muestreo. Posteriormente las muestras fueron mantenidas a una temperatura aproximada de 4°C hasta el momento de su análisis.

### **4.3 Análisis de laboratorio**

#### **4.3.1 Determinación de la densidad de hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado**

Se utilizó la metodología de diluciones seriadas con solución salina al 0,85% para la estandarización microbiológica de cada uno de los medios de cultivo con el fin de evaluar a que dilución se debían sembrar las muestras de suelo recogidas. Una vez conocidas las diluciones se sembró por triplicado en profundidad 1 ml de la dilución  $10^{-2}$  para hongos antagonistas en medio PDA de casa comercial (Scharlau) ya que es un medio nutritivo en donde pueden crecer toda clase de hongos, el cual fué acidificado con ácido láctico (5.5) para inhibir el crecimiento bacteriano, y dilución  $10^{-3}$  en medio Rosa de bengala de casa comercial (Scharlau), la presencia de rosa de bengala inhibe el crecimiento bacteriano y restringe el tamaño de los hongos. Para el aislamiento de *Fusarium* sp. se sembró cada una de las muestras a partir de la dilución  $10^{-3}$  en medio PCNB el cual es un medio selectivo para este microorganismo, fue elaborado en el laboratorio por componentes de diferentes casas comerciales (Thrane 1996). Posteriormente se llevó a incubar a 15°C por 8 días y se determinó la densidad de hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.).

Finalmente se realizó la identificación con base en características macroscópicas y microscópicas de algunos de los géneros de hongos crecidos sobre cada uno de los medios utilizados y por literatura se clasificaron como hongos antagonistas o fitopatógenos. Los hongos aislados fueron caracterizados con ayuda de la clave taxonómica de (Samson y Pitt 2000), mediante la identificación microscópica de características tales como tipo de colonia, micelio grueso y delgado, esporas o conidios, esporangios, hifas hialinas o demateáceas, cuerpo fructífero. En cuanto a las características macroscópicas tales como densidad de micelio, micelio algodonoso, pulverulento, correoso, pigmentación.

### 4.3.2 Parámetros fisicoquímicos

**Textura:** Se tomó 25 g de suelo para cada uno de los puntos de muestreo y se dejaron secar a 22°C por 24h. Posteriormente cada muestra se disolvió en 5ml de solución dispersante con 18.75g de tripolifosfato de sodio, 3.75g de carbonato de sodio y 60ml de agua destilada durante 24 horas y con ayuda de un hidrómetro se procedió a realizar la lectura, para finalmente hallar el porcentaje de arena, arcilla y limo según las fórmulas descritas por Cooper (1982) y Norambuena *et al.* (2002).

**Porcentaje de humedad:** Se tomó 5 g de suelo de cada una de las muestras y se depositaron en bolsas de papel las cuales fueron llevadas al horno de secado a 105°C por 24 horas. Pasado este tiempo se registró el peso del suelo seco ( $\pm 0,001g$ ), con el fin de calcular el porcentaje de humedad a partir de las fórmulas descritas por Andrades (1996) y Pikul (2003).

**Distribución de agregados del suelo:** Para estimar el tamaño de los micro y macro agregados cuantitativamente se tomó una muestra de suelo con un cilindro metálico a una profundidad de 20 cm y almacenada en bolsas papel a 22°C por tres días. Transcurrido el tiempo se tomó la muestra (peso seco) y se procedió a pasar las fracciones de suelo por cada uno de los tamices con el fin de hallar el porcentaje de peso de los diferentes tamaños de partículas del suelo según las fórmulas descritas por Cavazos (1992).

**Porcentaje de materia orgánica:** se empleó el método de pérdidas de peso por ignición descrito por Faithfull (2005). Se pesó en balanza analítica 5g de muestra seca, la cual se calcinó 550°C en una mufla durante 2 horas. Finalmente se tomó nuevamente el peso del suelo con el fin de hallar el porcentaje de pérdida por ignición a partir de las fórmulas descritas por Faithfull (2005).

**pH:** se midió con la ayuda de un potenciómetro a partir de una suspensión de suelo 1:1 en agua desmineralizada, obtenida después de agitarla en un agitador orbital por 5 minutos, a 150 rpm y dejar reposar por 30 minutos (Andrades 1996, EPA 1999).

**Conductividad eléctrica:** Se pesó el equivalente a un volumen de 30 ml de la muestra de suelo. Posteriormente se agregó 30 ml de agua destilada y se agitó a 150 rpm durante 5 minutos, para finalmente realizar la medición con ayuda del conductímetro (Andrade 1996, USDA 1999).

**Temperatura ambiente:** En cada una de los puntos de muestreo se midió la temperatura ambiental por medio un termómetro colocado a 1 m de altura. La medición fue tomada una vez tanto para el primero muestreo como para el segundo.

**Temperatura de suelo:** En cada una de los puntos de muestreo se midió la temperatura del suelo por medio un termómetro de suelo una vez tanto para el primero muestreo como para el segundo.

#### **4.3.3 Recolección y análisis de la información**

Los datos de la identificación y cuantificación de hongos fitopatógenos y hongos antagonistas, así como también de las variables fisicoquímicas evaluadas fueron recopiladas en matrices. Para el análisis de los datos se usó la prueba de Shapiro-Wilks para determinar si los datos para cada variable respuesta se distribuían normalmente y se empleó el Test de Levene para homogeneidad de varianzas, posteriormente se utilizó un análisis de varianza de Kruskal Wallis para determinar si existían o no diferencias estadísticamente significativas. Para entender el comportamiento de la densidad fúngica frente a las variables fisicoquímicas y ambientales se utilizó el modelo de correlación de Spearman. El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico Mini-Tab con una confianza del 95%.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Parámetros microbiológicos

Se evidenció la densidad de los hongos antagonistas mediante diluciones seriadas dentro del orden de  $10^2$  y  $10^3$ . Para el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* spp.) se realizó mediante el mismo tipo de dilución dentro del orden de  $10^3$ .

Se encontró que en promedio para los muestreos realizados fuera de las pirámides de policarbonato la densidad de hongos antagonistas fue de 4,29  $\text{Log}_{10}$  UFC/g y para adentro de las pirámides 4,03  $\text{Log}_{10}$  UFC/g; así mismo se evidenció que para el hongo fitopatógeno evaluado, la densidad fuera de las pirámides fue 4,08  $\text{Log}_{10}$  UCF/g de suelo y dentro 3,74  $\text{Log}_{10}$  UFC/g. Otros estudios evidencian una tendencia en cuanto a densidad fúngica muy similar a la del presente estudio, con un valor de 4,79  $\text{Log}_{10}$  UCF/g (Locarno *et al.* 2006) para hongos presentes en un pastizal cafetero ubicado a vereda de Villa Rosario un corregimiento de La Paz del municipio de Cali.

Así mismo, en un estudio realizado en Venezuela con respecto a la ocurrencia de *Fusarium* en plantaciones de Cambur “Manzano” se observan recuentos de 3,85  $\text{Log}_{10}$  UFC/g (Rodríguez 2000), lo cual a pesar de que las condiciones y sitios de muestreo son diferentes, evidencia cercanía con los datos encontrados en el presente estudio. Sin embargo, en un estudio realizado en la provincia de Buenos Aires, Argentina, se encontró un menor número (2,39  $\text{Log}_{10}$  UFC/g) de hongos de este género a partir de la rizósfera de plantas del género *Lilium* (Wolcan *et al.* 1999).

Los resultados anteriormente descritos evidencian que las pirámides colocadas en cada uno de los puntos de muestreo no permitieron el cambio la temperatura del suelo, debido a que la forma como estaba elaborado el dispositivo favoreció la condensación de la humedad, lo cual impidió un cambio en la variable a evaluar.

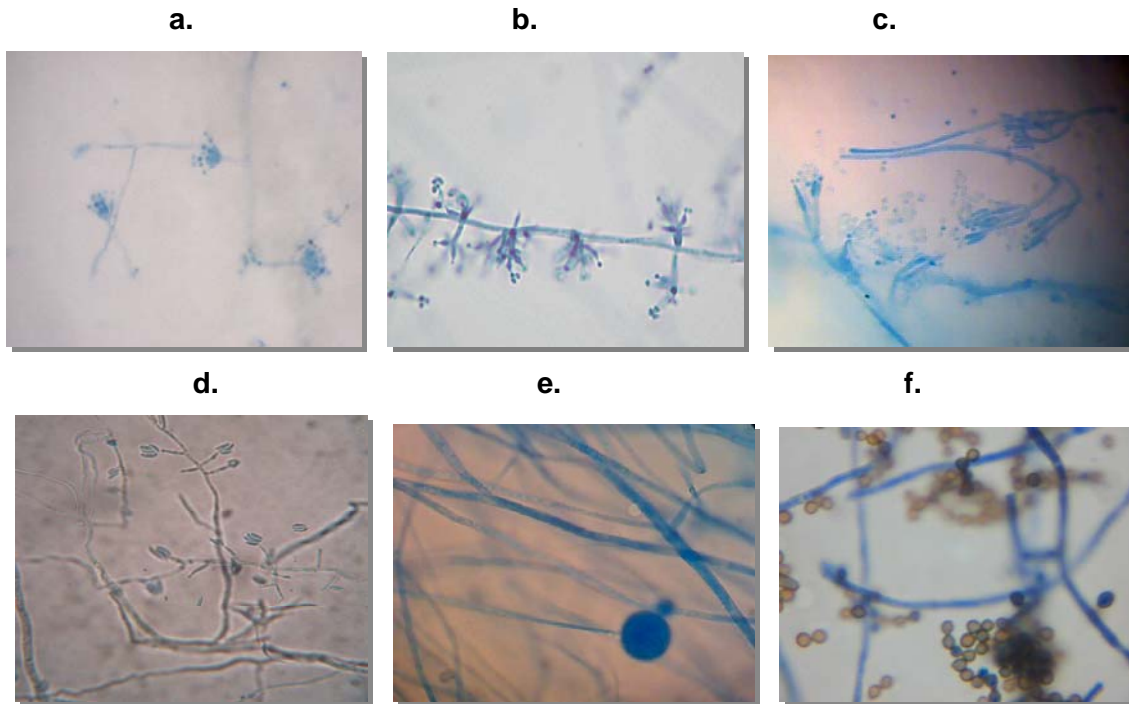
Sin embargo diversos autores han reportado aumentos de las temperatura del suelo mediante métodos físicos como el acolchamiento en el que se colocan cubiertas de polietileno transparentes o plástico fotodegradables sobre el suelo húmedo durante los días cálidos de verano, la temperatura que prevalece en los primeros 5 cm en la parte superficial del suelo puede elevarse hasta 52°C, comparada con un máximo de 37°C en los suelos que carecen de acolchado. Se ha reportado que de una solarización de 20 días, se obtiene una mortalidad de los esclerocios de *Rhizoctonia sp* del 80% de 5 a 20 cm de profundidad (Rodríguez 2002).

Otros autores coinciden en que la amplitud y oscilación térmica debe superar los 10 °C, teniendo en cuenta que el tiempo del tratamiento debe ser mayor a 1 mes (Bohra *et al.*, 1996), para permitir conocer que la temperatura que se produce tanto en la superficie como en el interior del suelo, permite efectuar una acción antimicrobiana eficiente, ya que los valores alcanzados y mantenidos durante períodos entre 30 y 60 días, provocan valores letales que actúan en la eliminación o el letargo de numerosos organismos nocivos para las plantas, principalmente bacterias, hongos y nematodos (González *et al.* 2002).

Por otro lado, se ha demostrado que la temperatura no sólo ejerce un efecto negativo sobre los microorganismos directamente, sino también puede llegar a la activación de mecanismos de defensa de las plantas que conllevan a la inhibición del fitopatógeno. Es el caso de *Phytophthora capsici* causante de tristeza, enfermedad mortal en plantas de pimiento, quien se ve inhibido a 23 °C, debido a que a esta temperatura las células vivas adyacentes al tejido necrótico de la planta ponen en marcha las defensas que determinan las resistencias y de esta manera impiden el crecimiento del patógeno (Ezziyyani *et al.* 2005).

En cuanto a los diferentes géneros encontrados de hongos antagonistas y el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium sp.*) para los dos muestreos, se usó un microscopio de contraste con un objetivo de (40x) y se observaron los diferentes

hongos por medio de una coloración de azul de lactofenol. Los resultados obtenidos evidenciaron la presencia de hongos antagonistas como *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Paecilomyces* sp., y hongos fitopatógenos como *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp. y *Cladosporium* sp. (Figura 4).



**Figura 4:** Microorganismos aislados de las muestras de suelo 4a. *Penicillium* sp., 4b. *Trichoderma* sp., 4c. *Paecilomyces* sp., 4d. *Fusarium* sp., 4e. *Rhizopus* sp. y 4f. *Cladosporium* sp. en pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

**Fuente:** Corredor y Cruz 2009

En cuanto a *Penicillium* sp., se sabe que estos microorganismos son saprófitos, y sus conidios son fácilmente distribuidos a través de la atmósfera y son comunes en los suelos. Sin embargo, son muy pocas las interacciones entre las especies de *Penicillium* y otros hongos, aunque se conoce que éstas se llevan a cabo a mayores profundidades del suelo que las especies de otros géneros, y se encuentran en bajas concentraciones en la rizosfera (Phuwiwat and Soyong 2001). Dentro de estas interacciones se ha reportado que *Penicillium chrysogenum* puede ser capaz de controlar la verticilosis del tomate producida por *Lecanicillium* (Phuwiwat and Soyong 2001).

Por otro lado, el hecho de haber encontrado un hongo como *Paecilomyces* sp., en las muestras de suelo analizadas confirman lo reportado por Vera *et al.* 2007; quien afirma que la mayoría de géneros de este tipo de hongos se encuentran en suelos ácidos, lo cual corresponde con las características del pastizal, el cual presentó un pH entre 4,88 a 5,58.

Así mismo es de gran importancia haber encontrado a *Fusarium* spp., ya que es uno de los hongos fitopatógenos más estudiados debido su capacidad de atacar a más de 900 hospedantes (Zentmyer 1980; Erwin *et al.* 1983). Se sabe que *Fusarium* spp. tiene un rápido crecimiento y que sus condiciones óptimas para el desarrollo de enfermedades en los cultivos o plantas como la del tomate, se ve favorecida por el calor temperaturas (27-28°C), y el pH del suelo el cual debe estar en un rango entre 5-5.6 (AVRDC 2005), lo cual comparado con las condiciones del presente estudio sería una respuesta del porque se encontró este hongo, ya que el pH del suelo con pastizal para ganado de la vereda San José como se mencionó anteriormente fue altamente ácido. Esto demuestra la facilidad de encontrar un tipo de hongo como este, aislados de muestras de suelo con pastizal, sin embargo, aún el papel de *Fusarium* spp. en los sistemas naturales y en la colonización de las raíces de los pastos es poco estudiada, a pesar de la extensa literatura sobre su importancia como patógeno (Wilberforce *et al.* 2003).

En cuanto a la presencia de *Cladosporium* sp. en este estudio, es de gran interés resaltar que al igual que la mayoría de hongos, este crece a temperaturas entre 20 y 30°C; sin embargo existen reportes en los que se afirma que este microorganismo puede crecer en pastizales a temperaturas altas entre 37y 38°C, con humedad relativa y densidad de siembra alta, y exceso de agua en el suelo, condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades en las plantas principalmente sobre el tejido vegetal (Apinis 1972).



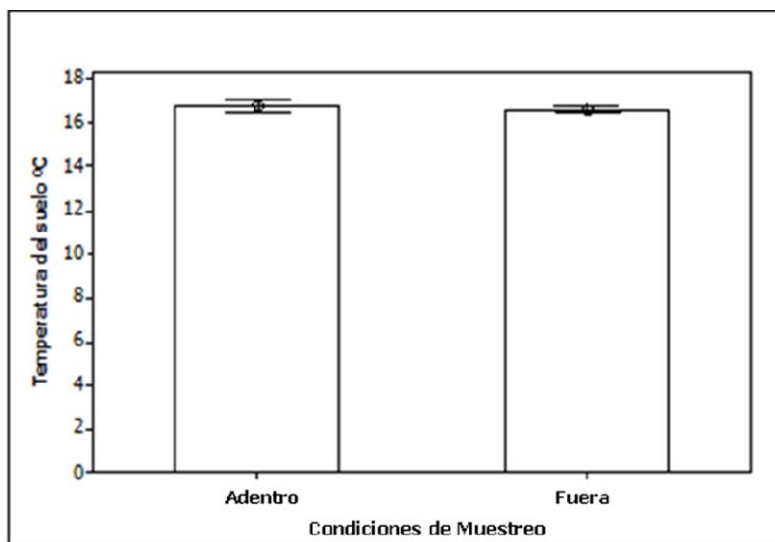
## 5.2 Parámetros ambientales y fisicoquímicos del suelo

Para las variables ambientales se encontró que existen diferencias significativas de los valores de temperatura ambiental ( $L= 17,31$ ;  $P=0,00$ ) tanto para el muestreo del área fuera de la pirámide como de adentro de la misma, siendo mayor la temperatura ambiental para las muestras tomadas del interior con un promedio de  $22^{\circ}\text{C}$  comparado con la temperatura ambiental de fuera de la misma ( $19^{\circ}\text{C}$ ) (Figura 5).



**Figura 5:** Promedio  $\pm$  desviación estándar de temperatura ambiente en suelos del pastizal para ganadería de la vereda San José. Mundo Nuevo.

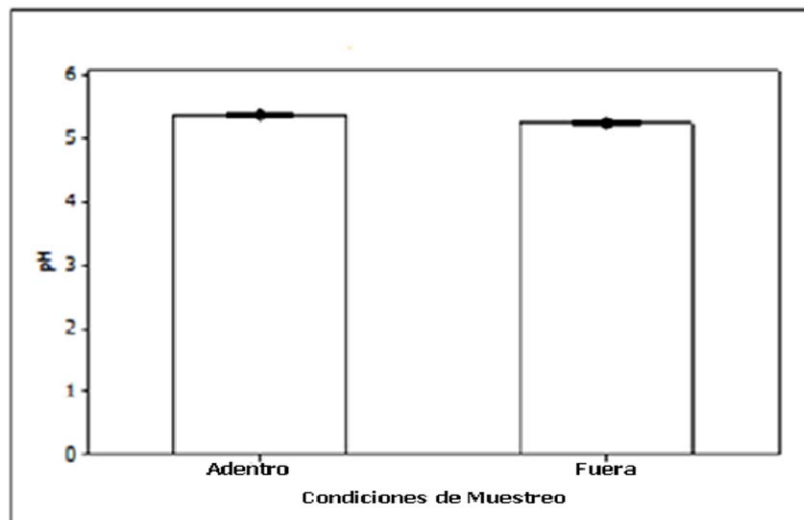
La temperatura del suelo no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $L=1,30$ ;  $P=0,255$ ) entre los muestreos de fuera y dentro de las pirámides (Figura 6); observándose valores promedios de aproximadamente  $17^{\circ}\text{C}$ . Estos resultados evidenciarían que el dispositivo como esta diseñado no permitió el aumento de la temperatura del suelo.



**Figura 6:** Promedio  $\pm$  desviación estándar de temperatura del suelo del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

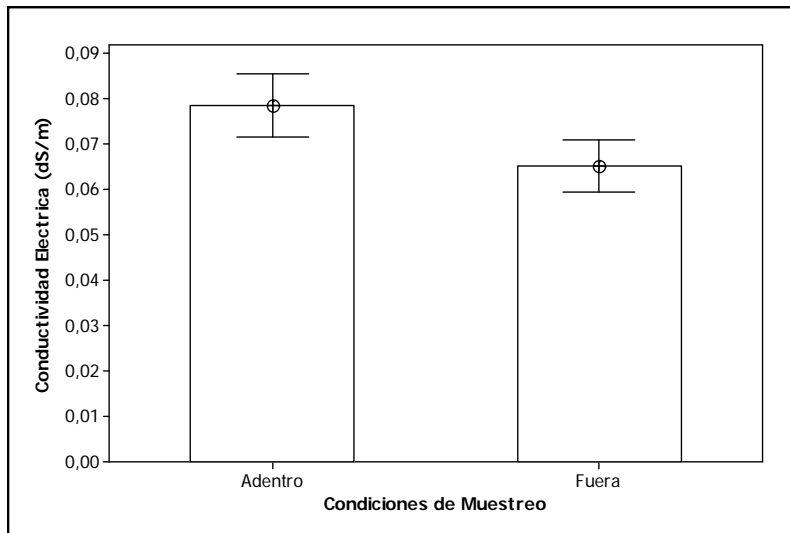
Para el pH (Figura 7) entre las muestras de fuera y de adentro de las pirámides, no se evidenciaron diferencias significativas ( $L= 4,27$ ;  $P=0,040$ ), obteniéndose valores entre 5,2 para adentro de la pirámide y 5,4 para fuera de la pirámide. Lo anteriormente mencionado tanto para las muestras tomadas del área de afuera de la pirámide como las de adentro, evidencian que el pH del suelo bajo pastizal es fuertemente ácido, lo cual puede representar una posible toxicidad del suelo por Al y exceso de Co, Cu, Fe, Mn y Zn. De igual manera, estos resultados pueden representar deficiencias de Ca, K, N, Mg, Mo, P y S, lo cual lleva a que la actividad bacteriana del suelo sea escasa y se favorezca el crecimiento de los hongos (Lillo 2000). Otros estudios reportan que un cambio de pH entre 3,5 y 6,0 induce el crecimiento de hongos fitopatógenos (Arévalo *et al.* 2006), razón por la cual ésta variable no tuvo ninguna influencia sobre la densidad de los hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado, ya que los valores se mantuvieron estables durante los dos muestreos. Esta tendencia ácida del suelo con valores entre 4,0 y 5,0 corresponden con los estudios realizados por González *et al.* (2007) quienes afirman que los suelos inalterados con pastizales presentan valores de pH menos variables, para los cuales sus medias son de aproximadamente 5,24. Lo anteriormente expuesto podría ser comparado con las

medias obtenidas en el presente estudio, tanto para el muestreo de fuera (5,2), como de adentro de las pirámides (5,3), ya que se obtuvieron valores muy cercanos a los del estudio reportado. Así mismo, estas condiciones en cuanto al pH del pastizal de la Cuenca Río Blanco son similares a los de otros estudios realizados por Locarno *et al.* (2006), en los cuales se evidencian valores de de pH muy ácidos (5,75) para un pastizal en los Andes colombianos.



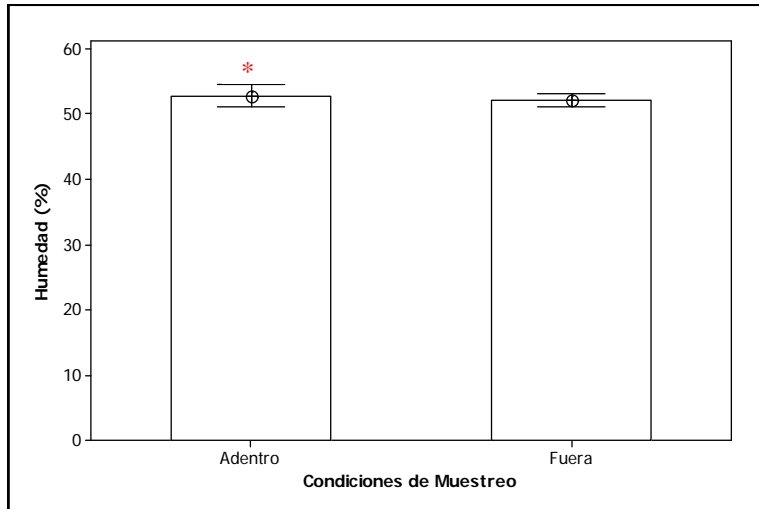
**Figura 7:** Promedio  $\pm$  desviación estándar del pH en suelos del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

Con respecto a la conductividad eléctrica (Figura 8) se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el suelo con pastizal entre las muestras de fuera y dentro de las pirámides ( $L= 3,81$ ;  $P=0,052$ ). Los valores obtenidos en cuanto a esta variable fueron muy bajos para todas las muestras de suelo con pastizal; sin embargo se evidenció que para las muestras dentro de las pirámides la conductividad eléctrica fue mayor (0,08 dS/m), que para fuera de las mismas (0,06 dS/m), lo cual pudo ser debido a la acidez del suelo en donde se realizaron los dos muestreos teniendo en cuenta lo descrito por Steubing *et al.* (2002), quien afirma que normalmente la acidez del suelo está asociada con una disminución de sales minerales y un consecuente decrecimiento de la conductividad eléctrica de los suelos, condición favorable para el crecimiento de los hongos.



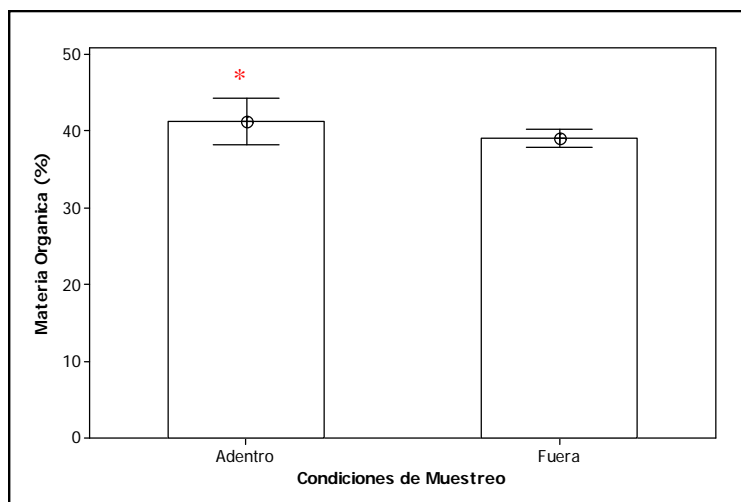
**Figura 8** Promedio  $\pm$  desviación estándar de conductividad eléctrica en suelos del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

En cuanto al porcentaje de humedad (Figura 9) se pudo apreciar que para el suelo con pastizal dentro y fuera de la pirámide existen diferencias significativas ( $L= 6,47$ ;  $P=0,012$ ), observándose mayores resultados de humedad en los muestreos de adentro de las pirámides; sin embargo esta diferencia no es significativa, al igual que para la temperatura y el pH. Así mismo estos altos porcentajes de humedad en el pastizal de la Cuenca Río Blanco demuestran ser superiores a los encontrados en el estudio realizado por Locarno *et al.* (2006) donde se observa un rango aceptable de humedad entre 30,87 y 40,60%, en un pastizal cafetal ubicado en el corregimiento de la Paz, del municipio de Santiago de Cali.



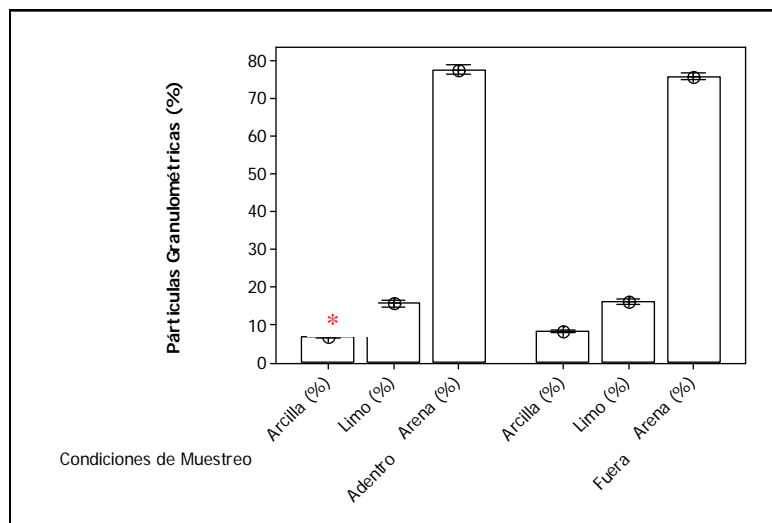
**Figura 9:** Promedio  $\pm$  desviación estándar de la humedad en suelos del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

Para el caso del porcentaje de materia orgánica (Figura 10) se observó que existen diferencias estadísticamente significativas para las muestras suelo tomadas fuera y dentro de la pirámide ( $L= 10,88$ ;  $P=0,001$ ), encontrándose que en cuanto al promedio de materia orgánica las muestras de adentro (41%) de las pirámides son mayores que las de afuera (39%).



**Figura 10:** Promedio  $\pm$  desviación estándar de la materia orgánica en suelos del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

La cantidad de arena ( $L= 1,69$ ;  $P=0,194$ ) y limo ( $L= 0,00$ ;  $P=0,945$ ) no mostraron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, los promedios de arcilla evidenciaron diferencia significativa ( $L= 4,96$ ;  $P=0,027$ ) (Figura 11). En lo que respecta a los promedios de limo (7,45%), arcilla (15,98%) y arena (75,16%), tanto fuera como adentro de las pirámides, se infirió que el pastizal pertenecen a la categoría arenoso franco, lo cual puede dar respuesta a los altos porcentajes de materia orgánica encontrados en las dos condiciones de muestreo. Lo anteriormente mencionado responde a lo descrito por Hassink *et al.* 1997 quien afirma que al ser el suelo de tipo arenoso, las fracciones de arcilla y limo se encuentran más libres, mientras que en suelos arcillosos forman densos paquetes de agregados y por lo tanto, la superficie específica disponible para retener materia orgánica del suelo es superior (Matus y Maire. 2000).

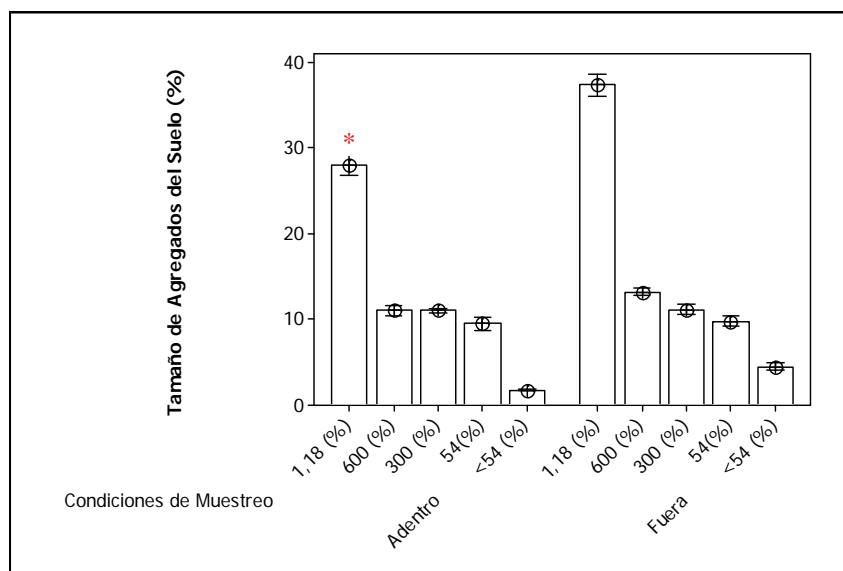


**Figura 11:** Promedio  $\pm$  desviación estándar de las partículas granulométricas arena, limo y arcilla del suelo del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

Estos datos evidencian que la textura del pastizal de la Cuenca Río blanco no coinciden con los expuestos por Locarno *et al.* (2006) donde los porcentajes de arcilla fueron mayores (44%) que los de arena (31%) y limo (25%) en un pastizal de los Andes Colombianos. Estas diferencias de textura se deben posiblemente

las diferencias en cuanto a la variación del clima, el sobrepastoreo, la quema, entre otras razones propias de cada suelo (Quiroga *et al.* 2006).

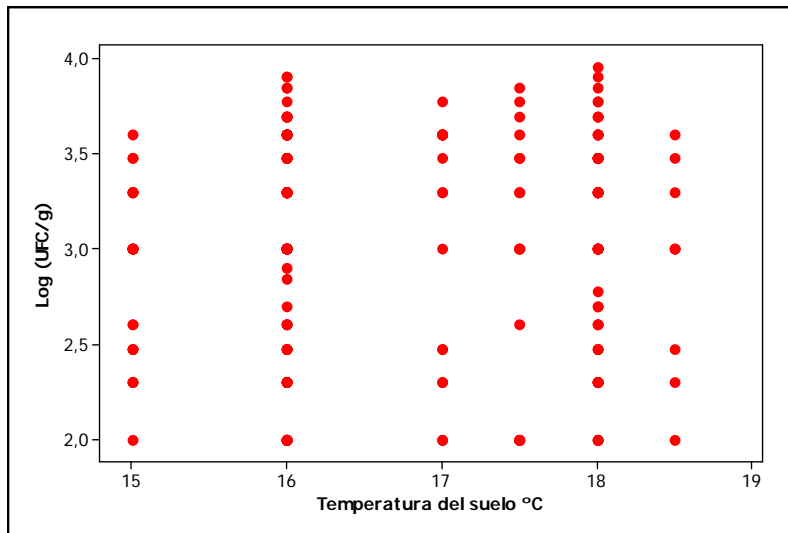
Finalmente se encontró que para la distribución de agregados se presentaron diferencias significativas en el tamiz de 1,18 mm ( $L= 27,41$ ;  $P=0,00$ ), de 600 $\mu\text{m}$  ( $L= 22,50$ ;  $P=0,00$ ), de 300  $\mu\text{m}$  ( $L= 49,41$ ;  $P=0,00$ ), de 54 $\mu\text{m}$  ( $L= 4,86$ ;  $P=0,028$ ) y <54 $\mu\text{m}$  ( $L= 251,23$ ;  $P=0,00$ ) (Figura 12), encontrándose una mayor proporción de macroagregados de tamaño 1,8 mm tanto en las muestras de fuera como de adentro de la pirámide, lo cual según lo descrito por Udawatta *et al.* (2008) corresponde al mismo tiempo con los altos valores de materia orgánica y humedad encontrados, teniendo en cuenta que estas dos variables son promotoras de la agregación del suelo.



**Figura 12:** Promedio  $\pm$  desviación estándar del tamaño de los agregados 1.18 mm, 600  $\mu\text{m}$ , 300  $\mu\text{m}$ , 54  $\mu\text{m}$ , <54  $\mu\text{m}$  del suelo del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

Para fines de la investigación se realizó un análisis de correlación con la prueba de Spearman. Se encontró una correlación positiva estadísticamente no significativa entre la densidad de los hongos (antagonistas y *Fusarium spp.*) con la temperatura del suelo (Figura 13), ( $r_s= 0,051$   $p= 0,427$ ), lo cual indica que no existe relación entre la densidad de los hongos y las variables fisicoquímicas y

ambientales del suelo. Además aún si existiese evidencia estadística de correlación está sería de un efecto muy débil por lo cual se asumiría como despreciable, para la generación de un modelo explicativo entre las variables.



**Figura 13:** Prueba de correlación para densidad (Log UFC/g) y temperatura del suelo del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

Así mismo no se encontró una correlación positiva significativa entre las variables temperatura ambiental ( $r_s=0,001$   $p=0,983$ ), pH ( $r_s=0,021$   $p=0,747$ ), conductividad eléctrica ( $r_s=0,050$   $p=0,436$ ), porcentaje de limo ( $r_s=0,044$   $p=0,497$ ) y microagregados de tamaño  $54\mu\text{m}$  ( $r_s=0,043$   $p=0,50$ ). De igual manera los porcentajes de arcilla ( $r_s=0,021$   $p=0,760$ ), porcentaje de arena ( $r_s=0,030$   $p=0,640$ ), porcentaje de humedad ( $r_s=0,100$   $p=0,118$ ), porcentaje de materia orgánica ( $r_s=0,029$   $p=0,656$ ), tamaño de macroagregados de  $1.18\mu\text{m}$  ( $r_s=0,065$   $p=0,313$ ),  $600\mu\text{m}$  ( $r_s=0,023$   $p=0,717$ ),  $300\mu\text{m}$  ( $r_s=0,018$   $p=0,777$ ) y microagregados de tamaño  $<54\mu\text{m}$  ( $r_s=0,050$   $p=0,427$ ) evidenciaron una correlación negativa, por lo tanto estos resultados nos indican que las relaciones existentes entre las variables evaluadas son débiles y no permite sugerir que la densidad de los hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.) se



vean relacionadas por las propiedades ambientales ni fisicoquímicas del suelo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Correlación entre la densidad de los hongos antagonistas y el fitopatógeno evaluado; y las variables ambientales y fisicoquímicas en suelos del pastizal para ganadería, vereda San José. Mundo Nuevo.

<b>Log (UFC/g)</b>	<b>r Spearman</b>	<b>p-value</b>	<b>Efecto</b>
<b>Temperatura ambiental °C</b>	0,001	0,983	DESPRECIABLE
<b>Temperatura del suelo °C</b>	0,051	0,427	DESPRECIABLE
<b>pH</b>	0,021	0,747	DESPRECIABLE
<b>Conductividad Eléctrica (dS/m)</b>	0,050	0,436	DESPRECIABLE
<b>Arcilla (%)</b>	-0,021	0,760	DESPRECIABLE
<b>Limo (%)</b>	0,044	0,497	DESPRECIABLE
<b>Arena (%)</b>	-0,030	0,640	DESPRECIABLE
<b>Humedad (%)</b>	-0,100	0,118	DESPRECIABLE
<b>Materia Orgánica (%)</b>	-0,029	0,656	DESPRECIABLE
<b>1,18 (%)</b>	-0,065	0,313	DESPRECIABLE
<b>600 (%)</b>	-0,023	0,717	DESPRECIABLE
<b>300 (%)</b>	-0,018	0,777	DESPRECIABLE
<b>54(%)</b>	0,043	0,500	DESPRECIABLE
<b>&lt;54 (%)</b>	-0,051	0,427	DESPRECIABLE

Como se mencionó anteriormente, para analizar el efecto de un dispositivo de policarbonato para establecer la influencia del aumento de temperatura sobre la densidad de hongos antagonistas y el hongo fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.) presentes en un pastizal y la relación de esta con algunas características fisicoquímicas del suelo, se realizaron dos muestreos de suelo en un pastizal para ganadería. Los resultados obtenidos no permitieron evidenciar ningún cambio de temperatura de suelo generado por el dispositivo, debido a que se favoreció el aumento de la humedad y no de la variable en estudio, por tal motivo no hubo ninguna relación entre la densidad de los hongos evaluados y las variables ambientales y fisicoquímicas de suelo; lo cual sugirió modificar el dispositivo y monitorear la temperatura y humedad dentro del mismo. Sin embargo se pudo

observar que existieron diferencias significativas entre la temperatura ambiental tomada dentro y fuera del dispositivo, siendo mayor para las muestras tomadas al interior. Esta misma relación pudo ser observada en cuanto a las variables conductividad, humedad y materia orgánica.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

No fue posible cambiar la temperatura del suelo con ayuda del dispositivo de policarbonato utilizado, debido a que la variable que se favoreció fue la humedad y no la temperatura y por ende no hubo ningún cambio en la densidad de los hongos antagonistas ni sobre el fitopatógeno evaluado (*Fusarium* sp.), presentes en el suelo con pastizal debido a esta variable.

No existen relaciones entre las variables fisicoquímicas y la densidad de los hongos evaluados del suelo.

Se sugiere modificar el dispositivo con orificios en las paredes con el fin de permitir más flujo de aire y no favorecer la condensación de la humedad y así volver a evaluar el aumento de la temperatura sobre la densidad de hongos antagonistas y fitopatógenos presentes en el suelo con pastizal de la Cuenca Río Blanco.

Se recomienda realizar este mismo trabajo de investigación con la evaluación de otros medios de cultivos selectivos para hongos fitopatógenos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. 2008. Cambio climático y problemas fitosanitarios. [En línea]: <http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2008/Cambio-climatico-trae-consigo-problemas-fitosanita.aspx>. [Consulta: Julio 27 de 2009].
- Adams, P., Fravel, D. 1990. Economical biological control of *Sclerotinia* lettuce drop by *Sporidesmium sclerotivorum*. *Phytopathol.* Marseille, France. 80:1120-1124.
- Agrios, G. 1988. *Plant Pathology*. Third Edition. Academic Press. New York, United States. p. 803.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M. 2000. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Irrigation and Drainage paper. Rome. 56:329.
- Alexander, M. (1980): *Introducción a la microbiología del suelo*. AGT Editorial S.A., 2da edición. Mexico. p. 13-116.
- Andrades, M. 1996. *Prácticas de Edafología y Climatología*. Universidad de la Rioja. Servicio de Publicaciones. Logroño, España. p. 80.
- Apinis, A. 1972. Thermophilous Fungi in Certain Grasslands. *Micopathologia et Mycologia applicata*, Edition Springer. Netherlands. Vol 48 No. 1. England, United Kingdom, p. 63.
- Arévalo, k., Andrades, C., Morales, E., Morales, N., Ortega, j y Briceño, B. El pH y la fuente nitrogenada como modulares del crecimiento de la macrófita *Lemna* sp. *Revista de la facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*. Vol. 23, No. 1. Venezuela.
- Atlas, R. Y Bartha, R. 2005. *Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental*. Quinta Edición. Pearson Education, S. A. España. p. 620.
- AVRDC-The World Vegetable Center. Fact Sheet. Tomato Diseases *Fusarium* Wilt. [En línea]: <http://www.avrdc.org/pdf/tomato/fusarium.pdf>. [Consulta: Noviembre 20 de 2009].
- Barnett, H, Hunter, B. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Third edition. United States. p 110-200
- Bartnicki-Garcia, S. 1968. Cell Wall Chemistry, Morphogenesis, and Taxonomy of Fungi. *Annual Review of Microbiology*. California, United States. 22: 87-108.

Barreto, N. 1996. Estudios básicos para el manejo de poblaciones de la chinche de los pastos *Collaria columbiensis* en la Sabana de Bogotá. Tesis Magister en Ciencias Agropecuarias con énfasis en Fitoprotección Integral. Postgrado facultad de agronomía. Universidad nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. p. 69.

Benítez, T., Rincón, A., Limon, M. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. Review article. *International Microbiology* 7:249-260.

BetaAmbiental. 2000. Plan de manejo Ambiental Indicativo para el Sistema Río Blanco. Bogotá, Colombia. p. 64.

Bethlenfalvay, G. 1993. The mycorrhizal plant-soil system in sustainable agriculture. *Agroecología, sostenible y educacion*. Colegio de Postgraduados, Montesillo, Estado de Mexico. p. 290.

Bohra, M., Harsh, L., y Lodha, S. 1996. "Solar heating for controlling pathogens of jojoba (*Simmondsia chinensis*) in nursery soils". *Indian Journal of Agricultural Sciences*. Jodhpur, Rajasthan, India. 66 (11): 679-683.

Bourke, P. 1964. Emergence of potato blight. *Nature* 203: 805-808.

Campbell, C; Madden, L. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons. New York, United States. p. 532.

Cassanello, M. 2004. Solarizacion. Bases conceptuales para el manejo ecológico de plagas y enfermedades. Departamento de protección vegetal. Facultad de Agronomía. Capítulo 5.12. p 244-247.

Castaño-Uribe, Carlos. 1996. El hombre y el continuum del páramo. El páramo ecosistema a proteger. Serie montañas tropandinas. Vol. II. Fundación Ecosistemas Andinos. Editorial Códice Ltda. Bogotá, Colombia. p. 751-758.

Castaño, C. 2002. Paramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor. IDEAM. Bogotá, Colombia. p. 71-123.

Cavazos, T. 1992. Manual de prácticas de física de suelos. Editorial Trillas. México D.F., México. pp 63-65.

Ciancas, J., Alvarez, T., Matitiasson, Bo., y Gimenez, A. 2005. Hongos saprófitos com actividad biológica frente a los fitopatógenos *Botrytis cinérea* y *Alternaria solani*. BIOFARBO. La Paz, Bolivia. Vol. XIII, p. 88.

CONSUMER. 2007. Devuelven a la vida microorganismos que estaban congelados bajo el hielo de la Antártida. [En línea]: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/2007/08/09/165894.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2007/08/09/165894.php). [Consulta: 1 Abril de 2009].

Cooper, T. 1982. Learning center laboratory manual for soil science. University of Minnesota. Minnesota, United States of America. p. 10-17.

Correa, M., y Peñuela, A. aspectos de la biología de un hongo del género *Rhizoctonia* y de su interacción *in Vitro* con *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi*. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Acta Biológica Colombiana, Vol. 7 No. 1.

Díaz, R. 2005. Utilización de pastizales naturales. Editorial Encuentro, Capítulo VI. Córdoba, Argentina. p. 94.

Erwin, D. 1983. Variability Within and Among Species of *Phytophthora*. In: *Phytophthora*. The American Phytopathological Society. Saint Paul, Minnesota. p. 149-166.

Espinosa, A. 2008. Afectará el cambio climático diversidad de microorganismos. Universo. El periódico de los universitarios. Publicación Semanal Xalapa, Veracruz, México No. 302. [En línea]: <http://zapateando2.wordpress.com/2008/03/06/afectara-el-cambio-climatico-diversidad-de-microorganismos>. [Consulta: 1 Abril de 2009].

Estrada, J. 2002. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Centro editorial Universidad de Caldas. Primera edición. Colección Ciencias Agrpecualias. Manizales, Colombia. p. 31-62.

Ezziyyani, M., Requena, M., Pérez-Sánchez, C., y Candela, M. 2005. Efecto del sustrato y la temperatura en el control biológico de *Phytophthora capsici* en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Espinardo (Murcia), España. Anales de Biología 27: 119-126.

Fragoso, C., Reyes, P., y Rojas, P. 2001. La importancia de la biota edáfica en México. Acta Zoológica Mexicana 1:1-10.

Galindo, C, Arbeláez, G. 1995. Control de la pudrición basal del tallo en *Gypsophila paniculada* L. causada por *Pythium* sp. con tres aislamientos de *Trichoderma harzianum* y con fungicidas. Agronomía colombiana 12: 134-141.

Garret, S. 1981. Soil Fungi and Soil Fertility. An Introduction to Soil Mycology. 2nd edition. Pergamon Press, Oxford. United Kingdom, p. 150.

Gélvez, L. 2009. Enfermedades de los pastos. [En línea]: <http://mundopecuario.com/tema195/enfermedades.html>. [Consulta: 1 Abril de 2009].

Gómez C. 2002. Características de los suelos de páramos de Colombia: Génesis de una transformación. En: Transformación y cambio en el uso del suelo en los

páramos de Colombia en las últimas décadas. Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condiciones Hotspot & Global Climatic Tensor. IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente. Bogota, Colombia. p. 72-77.

Gonzalez, P., Ordóñez, R., Peregrina, F., y ESpejo, R. 2007. Variación del pH en el horizonte labrado de un suelo ácido cultivado de forma intensiva. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. Vol. VIII. Universidad Politécnica de Madrid, España.

González, R., Herrera, L., Pérez, C., Pérez, J., Díaz, M., y Saucedo, O. 2002. La solarización como medida fitosanitaria III. Efecto sobre la población de nematodos en semilleros de tabaco. Centro Agrícola. La Habana, Cuba. 29 (1): 89-91.

Griffin, D. 1973. Ecology of Soil Fungi. Syracuse University Press. New York, United States. 61(3): 192.

Gundel, P. 2009. Hongos benéficos, para mayor producción forrajera. Producir XXI, Buenos Aires, Argentina. 16(206):24-32.

Hanson, L., Djonovic, S. 2004. Mechanisms of biological control of plant diseases with *Trichoderma*. [En línea]: <http://colostate.edu/Depts/AES/hort/02/Hanson.html>. [Consulta: Julio 28 de 2009].

Harman, G. 2004. *Trichoderma spp.*, including *t. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* and other spp. Deuteromycetes, Moniliales (asexual classification system). Cornell University, Geneva, New York. [En línea]: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/trichoderma.html>. [Consulta: Julio 23 de 2009].

Hartz, S., Loreto, E., Linares, C., Silverira, C., Scheid, L., Pereira, D. & Santurio, J. 2006. Comparison Among Tomato Juice Agar With Other Three Media For Differentiation Of *Candida dubliniensis* from *Candida albicans*. Revista do Instituto de Medicina tropical de Sao Paulo, Brazil. 48(3):119-121.

Hassink, J.; Matus, F. J.; Chenu, C. and Dalenberg, J. 1997. Interaction between soil biota, soil organic matter and soil structure. In: Brussaard, L. and Ferrera-Cerrato, R. (Eds.). Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. Lewis Publishers. New York, USA. p. 15-35.

Hazma, M., Anderson, W. 2005. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage 82: 121-145.

Herrera, F. 1997. El gusano blando de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. CORPOICA. Programa Regional Agrícola. Cundinamarca-Boyacá, Colombia. p. 8-10.

Honorato, R. 2000. Manual de Edafología. Alfaomega. Mexico, D.F., México. p. 113-125.

Howell, C. R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant Disease. Texas, United States. 87:4-10.

ICA. 2008. Cambio climático trae consigo problemas fitosanitarios. [En línea]: <http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2008/Cambio-climatico-trae-consigo-problemas-fitosanita.aspx>. [Consulta: 1 Agosto de 2009].

ICONTEC, 1997. Gestión ambiental. Calidad de suelo. Muestreo. Guía sobre técnicas de muestreo. NTC 4113-2

IDEAM, 2001. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Sistema Nacional Ambiental. [En línea]: <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>. [Consulta: 25 Mayo de 2009].

INAP-Componente B “Alta Montaña”. 2007. Programa piloto nacional de adaptación al cambio climático. Diseño e implementación de un programa de adaptación que soporte el mantenimiento de los servicios ambientales en el Parque Nacional Natural de Chingaza-Cuenca Río Blanco.

IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. p. 26.

Isaac, S. 1992. Fungal- plant interactions. University Cambridge, London, United Kingdom. p. 209-210.

Larone, D, 1995. Médicamente importante Hongos - Guía para la identificación, 3<sup>a</sup> ed. ASM Pres, Washington, DC. p. 48.

Lavelle, P. 1983. The soil fauna of tropical savannas. II. The earthworms. Tropical Savannas. Elsevier. Marseille, France. p. 485-504.

Lecarno, L., Velez, P., Sevilla, F. y Madrid, O. 2006. Abundancia y biomasa de microorganismos edáficos en la temporada lluviosa en tres usos de la tierra en los Andes Colombiano. Revista UNAL. Vol. 3 No. 1. Valle, Colombia.

Lillo 2000. Acidificación de suelos-Gestión y conservación de suelos y aguas. Universidad Rey Juan Carlos [En línea]: <http://www.escet.urjc.es/~jlillo/Acidificacion.pdf>. [Consulta: Noviembre 20 de 2009].

López, M.; RIJO, E. 1994. Manual de Control biológico de enfermedades y plagas en cultivos. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. p. 2.

Lu, Z; Tombolini, R; Woo, S; Zeulinger, S; Lorito, M; Jansson, JK. 2004. In vivo study of *Trichoderma*-pathogen-plant interactions using constitutive and inducible green fluorescent protein reporter systems. Applied and Environmental Microbiology 70(5):1073-3081.

Madigan, Michael, Martinko, John y Parker, Jack. 1999. Brock Biología de los microorganismos. 8<sup>a</sup> ed. Prentice Hall. Madrid, España. p. 1064.

Manual de Micología. 2006. Pontificia Universidad Javeriana. Clave tomada de Samson *et al.* 1981 y modificada por Marcela Franco C.

Matus, F. y Maire, C. 2000. Relación Entre La Materia Orgánica Del Suelo, Textura Del Suelo Y Tasas De Mineralización De Carbono Y Nitrógeno. Agricultura Técnica. Vol. 60, No.2. Chile.

MCD LAB. 1995.

Mónaco C., Perelló A., Rollán M., 1994. Ensayos in vitro del comportamiento antagónico de *Trichoderma* spp. frente a especies patógenas de la zona hortícola de La Plata. Argentina. 10, 423-428.

Montealegre J. R., Henríquez J., 1990. Posibilidades de control integrado de *Sclerotium rolfsii* Sacc. mediante hongos del género *Trichoderma* y fungicidas. Fitopatología, Universidad de Chile. Chile 25(2), 68-74.

Nash, S and Snyder, W. 1962. Quantitative estimations by platecount of propagules of the vean root Fusarium sp in fields soils. Phitopathology. University of California. United States 52: 567-572.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Desarrollo y Control de las Enfermedades de las Plantas. Control de Plagas de Plantas y Animales. Vol. 1. Editorial Limusa. México. p. 223.

Norambuena, P. Luzio, W. Vera, W. 2002. Comparación entre los métodos de la pipeta y bouyoucos y su relación con la retención de agua en ocho suelos de la zona altiplánica de la provincia de parinacota, Chile. Agricultura técnica 62 (1): 150-157.

OXOID. 1995. Manual de medios de cultivo. España. p. 219.

Parisi, V. 1979. Biología y Ecología del Suelo. Editorial Blume. Barcelona, España. p. 169.



Peñuelas, J., Sabaté, S., Iolanda, F., Gracia, C. 2004. Efectos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres: observación, experimentación y simulación. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Madrid, España. p. 429, 432.

Phuwawat, W., and Soyong, K. 2001. The effect of *Penicillium notatum* on plant growth. *Fungal Diversity*. Thailand. 8:143-148

Pikul, J. and Howell, T. 2003 Marcel Dekker. Soil water gravimetric measurement of soil water. In Stewart, *Encyclopedia of water Science*. New York, United States. p. 879-881.

Pulido, C., Malagón, D., Llinas, R., Chamorro, C. 1995. *Suelos de Colombia*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. p. 223-277.

Quintero, L., Soler, M., Rodríguez, R. 2004. *Producción de yuca en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, D.C. Colombia. p. 1,2.

Quiroga, A., Rivera, D. y Morlans, C. 2006. Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbre de Humaya, Catamarca. Argentina. *Revista de Ecosistemas*. Catamarca, Argentina. 15 (3):142-147.

Rodríguez, D. 2000. Ocurrencia de *Fusarium oxysporum* en plantaciones de Cambur "Manzano" en el estado de Trujillo Venezuela. Trujillo, Venezuela. 13:22-24.

Rodríguez, M. 2001. Biodiversidad de los hongos fitopatógenos del suelo de México. *Acta Zoológica Mexicana* 1:53-78.

Rodríguez, V J. 2002. Efectos Antagónico y Biocontrolador de algunos Microorganismos Saprófitos Contra *Rhizoctonia Solani* un Fitopatógeno causante del (Dumping Off) en plantas de Tomate. Universidad Nacional de San Marcos. Tesis de post-grado. Lima, Perú.

Salerno, M., Gianinazzi, S., Gianinazzi-Pearson, V. 2000. Effects on growth and comparison of root tissue colonisation patterns of *Eucalyptus viminalis* by pathogenic and nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *New Phytologist*. United Kingdom. 146, 317–324.

Sampieri R., Collado F., Baptista P. 2006. *Metodología de la investigación*. MacGraw Hill. Bogotá, Colombia. p. 706.

Samson, A y Pitt, L. Integration of modern taxonomic methods for *Penicillium* and *Aspergillus* classification. p 524.

Sierra, J. 2002. Fundamentos para los establecimientos de cultivos y pasturas y cultivos forrajeros. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. p. 91.

Smalley, E. 2007. Fruiting fungi. Nature Reports Climate Change. [En línea]: <http://www.nature.com/climate/2007/0706/full/climate.2007.5.html>. [Consulta: Noviembre 20 de 2009].

Steubing, L., R. Godoy & M. Alberdi. 2002. Métodos de ecología vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. p. 115.

Stewart, W. 1991. The importance to sustainable agriculture of biodiversity among invertebrates and microorganisms. Redwood Press, Melksham, United Kindong. p. 3-5.

Swift, M., O.W. Heal & J.M. Anderson. 1979. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London. 5:372.

Thrane, U. 1996. Comparison of three selective media for detecting *Fusarium* species in foods: a collaborative study. International Journal of Food Microbiology. Lyngby, Denmark. (29):149-156.

Udawatta, R., Kremer, R., Garrett, H., and Anderson, S. 2008. Soil enzyme activities and physical properties una a watershed managed under agroforestry and row-crop systems. Agriculture, Ecosystems & Environment. Columbia, United States (131): 1.

USDA. 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Estados Unidos. p. 82.

Van Beelen, P y Doelman P. 1997. Significance and application of microbial toxicity test in assessing ecotoxicological risks of contaminants in soil and sediment. Chemosphere (4): 455-499.

Van Husen, C. 1967. Klimagliederung in Chile auf der basis von Häufigkeitsverteilungen der Niederschlagssummen. Freiburger Geographische Hefte 4: 1-113.

Vera D., Peña, C. y Cardona, G. 2007. *Paecilomyces* sp. Bainier 1907. [En línea]: <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=540&method=displayAAT>. [Consulta: 20 de Noviembre de 2009].

Vitousek PM, HA Money, J Lubchenco, & JM Melillo (1997) Human domination of earth's ecosystems. Science 277: 494-499.

Wilberforce, E., Boddy, L., Griffiths, R., and Griffiths, G. 2003. Agricultural management affects communities of culturable root-endophytic fungi in temperate grasslands. Soil Biology & Biochemistry. Wales, United Kingdom. (35) 1143-1154

Zentmyer, G. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the Diseases it causes. The American Phytopathological Society. Saint Paul, Minnesota. p. 96.

Wolcan, S., Lori, G., y Monaco, C. 1999. *Fusarium maniliforme*, nuevo patógeno de los cultivares asiáticos de *Lilium*. Revista Investigaciones Agrarias La Plata, Buenos Aires Argentina. 14:1-2.