

Efecto del herbicida atrazina sobre la población de hongos y actinomicetos en un suelo del municipio de Saldaña, Tolima

Jesús Alberto Lagos Caballero* / Ricardo Campos S.** / Cilia L. Fuentes***

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la atrazina en la dinámica de las poblaciones de microorganismos de un suelo de Saldaña, Tolima. Los grupos de microorganismos estudiados fueron: hongos en general, y actinomicetos (el conjunto de los anteriores organismos fue analizado y catalogado como población microbial total). Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados se sometieron al análisis de varianza. Además se compararon poblaciones de los microorganismos a los 60 días, en suelo cercano a la rizósfera (0,5 cm y 1 cm de distancia de la raíz) y el tomado a 8 cm de distancia del tallo. Cuando se adicionó sustrato con atrazina aumentó las U.F.C./g de suelo a través del tiempo, más que al adicionar solo el herbicida. Al aplicar solo sustrato, las poblaciones presentaron aumento de U.F.C./g de suelo a través del tiempo en forma parecida pero menor al observado cuando se adicionó este último

con atrazina. Lo anterior sucedió en el suelo cercano a la rizósfera. En el suelo analizado a 8 cm de distancia del tallo, el sustrato al igual que la atrazina como la mezcla de los dos, causan efecto adverso manifestado en un bajo número de esporas de MA en el suelo tomado a 8 cm de distancia del tallo. Se observó además un establecimiento superior de hongos de los géneros *Rhizopus sp*, *Mucor sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp* y *Cephalosporium sp*. en suelo cercano a la rizósfera como el tomado a 8 cm de distancia del tallo. En cuanto a los grupos de microorganismos, la mayoría se estableció en cercanía al suelo de la rizosfera exceptuando hongos los cuales se localizaron en mayor cantidad en el suelo estudiado a 8 cm de distancia del tallo.

Palabras clave: atrazina, Saldaña, hongos, actinomicetos, rizosfera, herbicida.

* Ingeniero Agrónomo, MSc. Universidad Nacional de Colombia; Profesor Área Suelos y Química, Facultad Ingeniería Ambiental. Universidad de La Salle. Correo electrónico: jlagos@lasalle.edu.co

** Ingeniero Agrónomo, MSc. Profesor Asociado Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.

*** Ingeniero Agrónomo, MSc., Ph D. Profesor Asociado Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.

Fecha de recepción: septiembre 12 de 2005.

Fecha de aprobación: septiembre 26 de 2005

EFFECTS OF ATRAZINE ON THE POPULATION OF FUNGI AND ACTINOMYCETES ON A SOIL IN SALDAÑA, TOLIMA

ABSTRACT

We evaluated the effect of atrazine in the dynamics of microorganisms' populations of a soil in Saldaña, Tolima. The groups of microorganisms studied were: Fungi in general, and actinomycetes (This group of organisms was analyzed and considered the total microbial population). We used a random design with five treatments and four repetitions. The results were studied with the variance analysis. Besides we compare the microorganism populations 60 days later in soil close to the rhizosphere (0.5 cm and 1 cm of the root distance) and the other one was taken to 8 cm of the soil of the stem. When we applied substrate with atrazine the U.F.C./g. of soil increased through the time, more than when the herbicide was added. When we only applied substrate, the populations showed an increase of U.F.C. /g. of soil through the time in similar way

but in a lesser degree when we added atrazine and substrate. It happened in the soil next to the rhizosphere. In the soil analyzed to 8 cm of distance the substrate, the atrazine and a mix of both, caused an adverse effect showed in a lower number of spores of MA in the soil taken at 8 cm of distance from the stem. We observed an increase in the establishment of the following fungi *Rhizopus sp*, *Mucor sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp* and *Cephalosporium sp*. in the soil close to the rhizosphere as well as in the one obtained at 8 cm from the stem. In relation with the groups of microorganisms, most of them were established next to the rhizosphere soil, excluding the fungi which were located in higher quantity in the soil studied to 8 cm from stem.

Key words: atrazine, Saldaña, fungi, actinomycetes, rhizosphere, herbicide

INTRODUCCIÓN HONGOS

Los hongos incluyen a las setas, levaduras y mohos. Son eucarióticas y no realizan fotosíntesis. Hay hongos tanto microscópicos como macroscópicos. La mayoría de hongos son saprófitos (Ingraham *et al.*, 1998). Constituyen el reino *Fungi*, y pueden ser unicelulares o pluricelulares. Los hongos verdaderos tienen sus paredes celulares compuestas por una sustancia llamada quitina. Las levaduras, formas unicelulares de hongos, son microorganismos ovoides de mayor tamaño que las bacterias. Los mohos son los hongos más característicos o típicos y forman micelios largos, filamentosos, ramificados y entrelazados. Se nutren al absorber materia orgánica en solución de su medio ambiente: suelo, agua o un huésped animal o vegetal (Tortora *et al.*, 1993). Son protistas eucarióticos, heterotróficos, compuestos por filamentos o hifas que son ramificadas; además son pluricelulares, formando una estructura de aspecto algodonosa denominada micelio. El micelio produce células de resistencia llamadas esporas. Algunas tienen un ciclo sexual, pero en la mayoría de estos organismos, existe alguna forma de reproducción asexual. Se caracterizan por resistir la acidez y deficiencia de agua, pero no crecen en medios mal aireados (IGAC, 1995).

ACTINOMICETOS

El término actinomiceto, taxonomicamente no tiene mayor validez, ya que éstos son clasificados como bacterias del orden *Actinomycetales*. Se caracteriza por ser un grupo transicional entre las bacterias simples y los hongos, con atributos de ser organismos muy primitivos, y a la vez de los más evolucionados. La mayoría produce esporas simples, denominadas conidias en pares o cadenas asexuales sobre hifas; otras desarrollan sus esporas en una estructura llamada *esporangium*. Son

heterotróficos y su permanencia se condiciona a la disponibilidad de sustratos orgánicos al utilizar fuentes de carbón y a partir de complejos moleculares simples y elaborados, como azúcares, ácidos orgánicos, polisacáridos, lípidos, proteínas e hidrocarburos alifáticos. Es importante aclarar que la celulosa es descompuesta por varias especies en cultivo puro, pero a una tasa baja; además se tiene especial interés en el orden *Actinomycetales* por sintetizar metabolitos tóxicos (IGAC, 1995).

Tortora *et al.* (1993) resaltan la importancia del género *Streptomyces* por ser uno de los más estudiados del suelo. Las esporas reproductivas asexuales o conidiosporas se forman en los extremos de los filamentos aéreos. Si cae sobre un sustrato adecuado, cada conidiospora es capaz de germinar formando una nueva colonia. Además, se caracteriza por ser aerobio estricto. Suele producir enzimas extracelulares que les permiten utilizar proteínas, polisacáridos como almidón o celulosa y otros compuestos orgánicos que se encuentran en el suelo.

HERBICIDAS ATRAZINA

Generalidades: Ahrens (1994) define a la atrazina como un herbicida selectivo y sistémico, se puede absorber por el follaje, pero principalmente es por la raíz. Se trasloca principalmente vía xilema en forma acropétala, acumulándose en hojas y meristemos.

Se utiliza para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas en cultivos de caña de azúcar, maíz, sorgo, y piña (HC, 1994). También se emplea en cultivos como espárrago, banano, uva, cítricos, rosa y palma africana. Se considera fitotóxico en cultivos de arroz, trigo, papa y leguminosas, entre otros (Ahrens, 1994). Nelson y Jones (1994) afirman que

dependiendo del tipo de suelo, de la planta cultivada y del objetivo, la dosis de atrazina es de 1 hasta 6 kilogramos (Kg) de ingrediente activo (ia) por hectarea (Ha).

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

La muestra de suelo para establecer el ensayo fue obtenida de una parcela que no había sido nunca tratada con atrazina anexa a la sede de Usuarios del Distrito de Riego del río Saldaña (USOSALDAÑA), ubicado en el municipio de Saldaña, Tolima, a una altura de 310 msnm con temperatura promedio de 27°C, y humedad relativa del 70%¹.

SUELO

El suelo se tomó en distintos sitios ubicados equidistantemente dentro de la parcela; a una profundidad de 0-20 cm. Las muestras se empacaron en costales de polietileno y llevadas al invernadero de vidrio anexo a la Facultad de Agronomía. Posteriormente se uniformó el suelo, tamizándolo en una malla de 2 milímetros (mm) de diámetro.

Taxonómicamente el suelo, donde se extrajo la muestra, fue clasificado como Ustropet Fluvaquent.

PLANTA

Se utilizó maíz, variedad Caribe, siendo una de las más comunes para las zonas productoras del Tolima y la Costa Atlántica.

SEMILLA

La semilla Caribe V-108, indica según características de las cifras numéricas: 1, para clima caliente, de 0 a 600 msnm; 08, color del grano amarillo (Quevedo, 1992).

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se estableció un experimento bajo un diseño completamente aleatorizado para evaluar el efecto de cinco tratamientos en cuatro repeticiones. Los resultados se sometieron al análisis de varianza.

Se partió de la hipótesis nula según la cual, la diferencia de promedios entre grupos en comparación, se puede explicar por variaciones muestrales en dos poblaciones con una media común. La hipótesis alternativa es que existe diferencia entre las medias poblacionales. Como criterio de decisión, se utilizó la prueba F al 5% de significancia. Adicionalmente, se aplicó la prueba de Tukey al mismo nivel de significancia para la separación de medias de tratamientos.

UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por un matero, con su correspondiente planta de maíz sembrada en el centro del mismo.

TRATAMIENTOS

El estudio incluyó los cinco (5) tratamientos siguientes:

- T1: suelo no esterilizado, sin atrazina y sustrato (testigo uno).
- T2: suelo esterilizado, sin atrazina y sustrato (testigo dos).
- T3: suelo con sustrato, sin atrazina y no esterilizado.
- T4: suelo con atrazina, sin sustrato y no esterilizado.
- T5: suelo con atrazina y sustrato, sin esterilizar.

El sustrato que se utilizó fue bagazo de maíz, en cantidades de 50 g por matero. Se decidió colocar

¹ Datos climatológicos tomados de promedios acumulados de 10 años, IDEAM.

esta cantidad, ya que al hacer un muestreo en campo de 20 sitios escogidos al azar donde se incorpora al suelo el mencionado bagazo, el promedio se acercaba a este valor. Teniendo en cuenta lo anterior, se molió y fue mezclado con el suelo. Se aclara que los sitios del muestreo fueron muy similares al volumen de cada matero.

La atrazina se aplicó sobre la superficie del suelo de los materos en cantidades equivalentes a 1,5 Kg de ingrediente activo (ia) por hectárea (Ha), la cual está en el rango de la dosis comercial utilizada corrientemente.

METODOLOGÍA

Se realizó un análisis preliminar del suelo: microbiológico. Posteriormente, se hicieron para cada uno de los tratamientos, análisis microbiológicos a los 30, 40 y 60 días y del metabolismo del suelo a los 10, 22, 30, 45 y 60 días. Terminada la investigación se efectuó un último análisis de suelo para cada tratamiento.

SITIOS DE EVALUACIÓN

Las unidades experimentales o materos, fueron marcados de acuerdo con las características de cada tratamiento y repetición.

PARÁMETROS DE MEDICIÓN Y DETERMINACIONES LABORATORIO

Se desarrollaron mediciones; a nivel microbiológico, se realizaron en el laboratorio de malherbología y microbiología. Las mediciones se ejecutaron en la Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, D.C.

MICROBIOLÓGICOS MEDIOS SÓLIDOS Y ORGANISMOS A EVALUAR

Se utilizaron dos tipos de medios sólidos, los cuales fueron los siguientes (Tabla 1):

TABLA 1. MEDIOS SÓLIDOS.

ORGANISMO	MEDIO
Hongos	Agar saboraud
Actinomicetos	Zapek

PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA DE SUELO

En los distintos muestreos de suelo que se efectuaron (inicio, 30, 45 y 60 días), se tomaron muestras aproximadamente a 8 cm de distancia del tallo de la planta, en cantidades de 10 g de suelo por matero o unidad experimental. Se utilizó una espátula y se introdujo hasta 5 cm y 10 cm de profundidad. Una vez tomada la muestra, la espátula era desinfectada con hipoclorito, luego lavada con agua deionizada y posteriormente secada con toalla desechable. El objetivo de lo anterior, era no mezclar el suelo entre tratamientos.

ESTUDIO DEL SUELO CERCANO A LA RIZOSFERA

Al cabo de 60 días, se procedió a retirar las raíces de cada matero, y se separó muy cuidadosamente el suelo que estaba cercano a estas. Dicha proximidad comprendía entre 0,5 cm y 1 cm. De cada raíz se logró extraer de entre 10 a 15 g de suelo. Se aclara que el suelo extraído en su gran mayoría es cercano a la rizosfera y no propiamente de la rizosfera en sí, ya que esta se define como: «el suelo influido de forma inmediata por las raíces de

las plantas» según concepto aplicado por Burges y Raw (1971). Se tomó la anterior decisión para poder extraer una cantidad suficiente de suelo por raíz para lograr hacer diluciones por cada grupo de microorganismos.

Se aclara además, que todas las muestras de suelo obtenidas para análisis microbiológico fueron recogidas en bolsas de plástico y almacenadas en nevera a temperatura de 4 °C (IGAC, 1990).

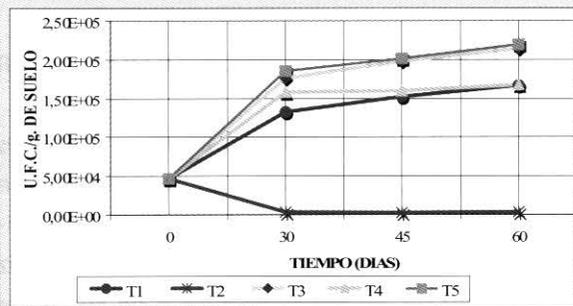
DISCUSIÓN DE RESULTADOS ACTINOMICETOS

La Tabla 2 presenta los valores iniciales de U.F.C./g de suelo. El Gráfico 1 los datos obtenidos de U.F.C./g de suelo a los 30, 45 y 60 días en muestras de suelo tomadas a 8 cm de distancia del tallo de la planta. A los 30 días todos los tratamientos aumentaron sus U.F.C./g. de suelo comparado con el suelo inicial, excepto el tratamiento T2 (suelo esterilizado, sin atrazina y sustrato), que produjo los valores más bajos de U.F.C./g de suelo debido al procedimiento aplicado de esterilización.

TABLA 2. U.F.C./G DE SUELO DE ACTINOMICETOS INICIALES.

TIEMPO	INICIO				
REPETICIÓN	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
SUELO INICIAL	9,00E+04	7,50E+03	8,30E+04	8,10E+03	4,72E+04

GRÁFICO 1. U.F.C./G DE SUELO DE ACTINOMICETOS A LOS 30, 45 Y 60 DÍAS POR TRATAMIENTO, EN MUESTRAS TOMADAS A 8 CM DE DISTANCIA DEL TALLO DE LA PLANTA.



Los máximos valores de U.F.C./g de suelo a través del tiempo, los presenta el tratamiento T5 (suelo con sustrato y atrazina, sin esterilización), seguido del T3 (suelo con sustrato, sin atrazina y no esterilizado). En tercer orden sigue el tratamiento T4

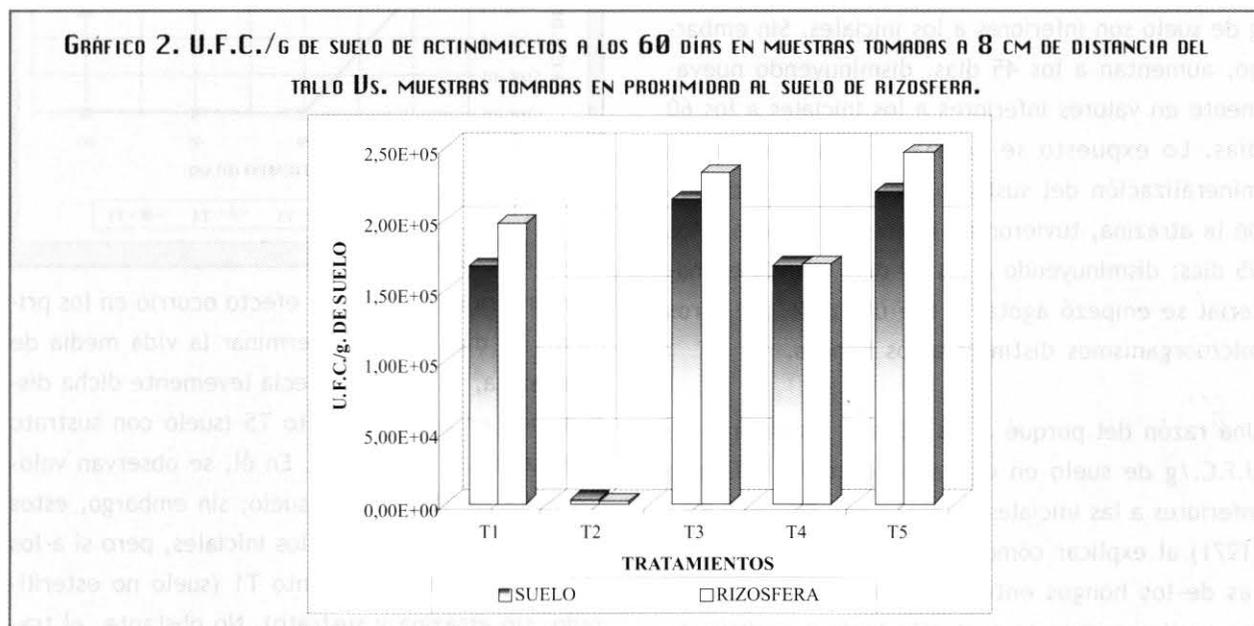
(suelo con atrazina, sin sustrato y no esterilizado). Lo anterior indica que, tanto el sustrato como la atrazina, actúan como fuente de alimento a los microorganismos. Se cumple con lo afirmado por Ingraham (1998) al confirmar que el material aplicado como sustrato (bagazo de maíz) sirve como elemento para el crecimiento de la población microbial. A su vez, la atrazina cumple en su medida con el comportamiento adaptativo por parte de la población de microorganismos, ya que estos presentan un incremento de U.F.C./g de suelo (ver tratamiento T4) superior durante el transcurso del tiempo al tratamiento T1 (suelo no esterilizado, sin atrazina y sustrato). En general, se incrementa la población en mayor proporción por el sustrato (bagazo de maíz), además, el mencionado incremento se intensifica al unir el sustrato con la atrazina (tratamiento T5).

En el análisis de varianza no existen diferencias significativas entre tratamientos, a excepción del T2 (suelo esterilizado, sin atrazina y sustrato). No se encontraron efectos significativos al analizar la atrazina, el sustrato, la interacción atrazina por sustrato, la evaluación y la interacción evaluación por tratamiento.

ACTINOMICETOS EN SUELO CERCANO A LA RIZOSFERA

El Gráfico 2 compara los valores de U.F.C./g de suelo que se encontraron en muestras de suelo cercano a la rizosfera contra las muestras de suelo

tomadas a 8 cm de distancia del tallo. Al observar los resultados, se corrobora lo afirmado por Burges y Raw (1971), donde la raíz exuda sustancias orgánicas e inorgánicas que refuerzan la actividad microbiana. Igualmente la atrazina refuerza esta acción (Jrodahl *et al.*, 1997). En general, el valor de U.F.C./g de suelo es mayor en la rizosfera a excepción del tratamiento T2 donde el valor de U.F.C./g de suelo es mayor en el suelo tomado a 8 cm de distancia del tallo de la planta. Lo anterior puede suceder debido a que la raíz en este tratamiento exuda sustancias que actúan en contra de los microorganismos (Burges y Raw, 1971).



En la estadística no hay diferencias significativas entre tratamientos, a excepción del T2 (suelo estéril, sin atrazina y sustrato), el cual si las presenta. De igual forma, existe efecto altamente significativo entre tratamientos que explican su comportamiento. No se encontró efectos significativos al analizar la atrazina, el sustrato, y el efecto de la atrazina por sustrato.

HONGOS

La Tabla 3 presenta el total de U.F.C./g de suelo que se encontraron al inicio de la investigación.

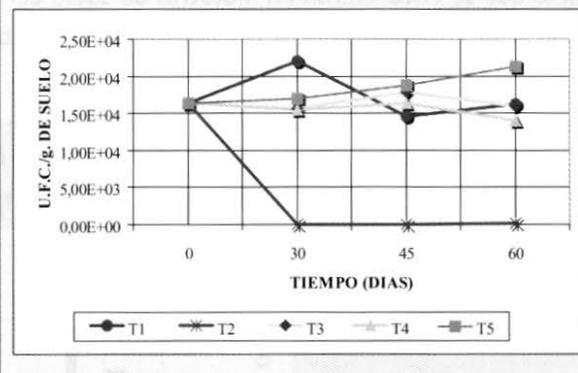
TABLA 2. U.F.C./G DE SUELO DE HONGOS INICIALES.

TIEMPO	INICIO				
REPETICIÓN	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
SUELO INICIAL	2,80E+04	2,60E+03	3,00E+03	3,20E+04	1,64E+04

El Gráfico 3, indica los valores obtenidos de U.F.C./g de suelo de hongos en muestras obtenidas a 8 cm de distancia del tallo de la raíz, a los 30, 45 y 60 días. En estos, se evidencia que el tratamiento T3 (suelo con sustrato, sin atrazina y no esterilizado) al igual que el T4 (suelo con atrazina, sin sustrato y no esterilizado) a los 30 días los valores de U.F.C./g de suelo son inferiores a los iniciales. Sin embargo, aumentan a los 45 días, disminuyendo nuevamente en valores inferiores a los iniciales a los 60 días. Lo expuesto se podría explicar porque la mineralización del sustrato, como la degradación de la atrazina, tuvieron un momento máximo a los 45 días; disminuyendo a los 60 días cuando el material se empezó agotar o fue utilizado por otros microorganismos distintos a los hongos.

Una razón del porqué a los 30 días los valores de U.F.C./g de suelo en el tratamiento T3 y T4 son inferiores a las iniciales, la sustentan Burges y Raw (1971) al explicar cómo se destruyen las estructuras de los hongos entre procesos distintos. Lisis (se explica como una evolución lenta y positiva de la destrucción de la membrana celular) como resultado de cambios puramente metabólicos internos (autólisis) o del contacto con enzimas de otros organismos y también a la exposición a sustancias tóxicas. Esta última razón podría señalar a la atrazina como agente causante de daño en poblaciones de hongos al verse disminuido el número U.F.C./g de suelo, a los 30 días.

GRÁFICO 3: U.F.C./G DE SUELO DE HONGOS A LOS 30, 45 Y 60 DÍAS POR TRATAMIENTO EN MUESTRAS TOMADAS A 8 CM DE DISTANCIA DEL TALLO DE LA PLANTA.



Si lo anterior es cierto, el efecto ocurrió en los primeros 30 días antes de terminar la vida media de la atrazina, ya que se aprecia levemente dicha disminución en el tratamiento T5 (suelo con sustrato y atrazina sin esterilizar). En él, se observan valores bajos de U.F.C./g de suelo; sin embargo, estos datos no son inferiores a los iniciales, pero sí a los obtenidos en el tratamiento T1 (suelo no esterilizado, sin atrazina y sustrato). No obstante, el tratamiento T5, al igual que el T3 y T4 aumentan su número de U.F.C./g de suelo a los 45 días siguiendo en ascenso el T5 hacia los 60 días; corroborando una continua degradación de la atrazina como del sustrato.

Otras de las razones dadas por Burges y Raw (1971), se fundamentan en procesos de parasitismo entre hongos y depredación por parte de miembros de la fauna del suelo, los cuales se alimentan de estruc-

turas de los hongos. Estas dos últimas razones también explicarían la mencionada disminución a los 30 días de los tratamientos T3 y T4.

Teniendo en cuenta lo anterior, es interesante analizar la razón por la cual el tratamiento T1 (suelo no esterilizado, sin atrazina y sustrato) tuvo el más alto valor de U.F.C./g de suelo a los 30 días entre tratamientos. La respuesta se da, porque según lo expuesto anteriormente, existió un efecto detrimental en la población microbiana total, que hizo que los hongos disminuyeran a los 30 días en los tratamientos con atrazina (T4) y sustrato (T3).

Se resaltan además, los valores de U.F.C./g de suelo del tratamiento T5, donde a los 45 y 60 días se obtienen los valores más altos entre tratamientos, como si explicara que la acción mixta de sustrato más atrazina, aumenta la población de hongos.

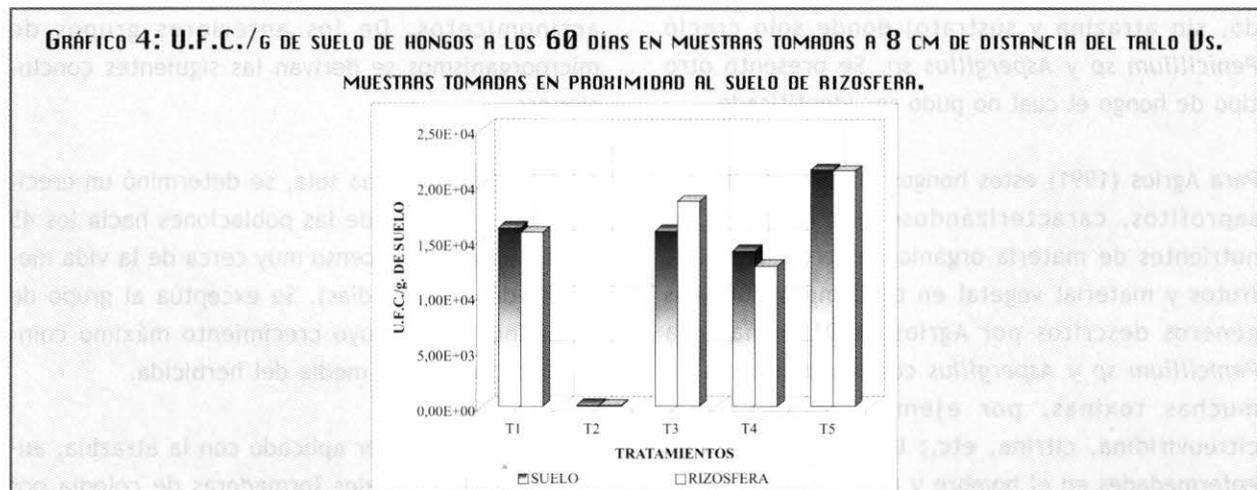
Por último, se aprecia la baja cantidad de U.F.C./g de suelo en el tratamiento T2 (suelo esterilizado, sin atrazina y sustrato) efecto de la misma esterilización. Sin embargo, aparecieron algunas colonias hacia los 60 días que también se observaron en otros tratamientos durante el transcurso de la investigación, con lo cual se presume que quedaron estructuras viables después de la esterilización.

Estadísticamente no hubo diferencias significativas entre tratamientos, excepto el T2; el cual sí presentó diferencias con los demás tratamientos por su condición de suelo estéril.

No se encontraron efectos significativos al analizar la atrazina, el sustrato, la interacción atrazina por sustrato, la evaluación y la interacción evaluación por tratamiento.

HONGOS EN SUELO CERCANO A LA RIZOSFERA

El Gráfico 4, presenta los valores de U.F.C./g de suelo a los 60 días, en suelo cercano a la rizosfera y en otro tomado a 8 cm de distancia del tallo. Igual que el análisis de bacterias en suelo cercano a la rizosfera los valores son muy parecidos. Sin embargo, los datos más altos de U.F.C./g de suelo se registran en la muestra tomada a 8 cm de distancia del tallo, de esta manera no se valida lo explicado por Anderson *et al.* (1994), donde la actividad microbiana aumenta en la rizosfera. El tratamiento T3 (suelo con sustrato, sin atrazina y no esterilizado) presenta valores superiores de U.F.C./g de suelo cerca de la rizosfera; la muestra tomada a 8 cm del tallo de la planta presenta valores inferiores. Lo anterior determina un efecto de degradación mayor del sustrato por los hongos en la zona cercana a la rizosfera.



Al analizar los resultados del tratamiento T4 (suelo con atrazina, sin sustrato y no esterilizado) se aprecia como el número de U.F.C./g de suelo es inferior en la muestra de suelo tomada cerca de la rizosfera, negando lo afirmado por Crowley *et al.* (1997), donde la degradación de atrazina es mayor en la rizosfera y el número de organismos es superior que en el suelo circundante. Sin embargo, en el tratamiento T5 (suelo con atrazina y sustrato, sin esterilizar) se presenta una acción mixta del sustrato y atrazina que permite casi igualar en número de U.F.C./g de suelo, al suelo cercano a la rizosfera como el tomado a 8 cm de distancia del tallo.

El análisis estadístico indica que el único tratamiento que presenta diferencias significativas con los demás es el T2 (suelo estéril, sin atrazina y sustrato): explicándose en un efecto altamente significativo (1%) al analizar la esterilidad vs. los demás tratamientos y los tratamientos en sí que explican el comportamiento de estos. No se encontró efecto significativo al analizar el sustrato y la interacción atrazina por sustrato.

COLONIAS DE HONGOS IDENTIFICADAS

Se observan cinco tipos de hongos que fueron identificados, ellos son: *Rhizopus sp*, *Mucor sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp* y *Cephalosporium sp*.; éstos fueron encontrados en todos los tratamientos, excepto en el tratamiento T2 (suelo esterilizado, sin atrazina y sustrato) donde solo creció *Penicillium sp* y *Aspergillus sp*. Se presentó otro tipo de hongo el cual no pudo ser identificado.

Para Agrios (1991) estos hongos en su mayoría son saprofitos, caracterizándose por obtener sus nutrientes de materia orgánica muerta, semillas, frutos y material vegetal en descomposición. Los géneros descritos por Agrios (1991) señalan a *Penicillium sp* y *Aspergillus* como productores de muchas toxinas, por ejemplo: ocratoxinas, citreoviridina, citrina, etc.; las cuales producen enfermedades en el hombre y animales. Además el

género *Penicillium* al igual que los actinomicetos, producen antibióticos que son tóxicos para bacterias como rickettsias, micoplasmas y algunos hongos.

Burges y Raw (1971) hacen la observación que para muchos investigadores los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* son de los más dominantes y miembros activos de la población del suelo. Sin embargo, otros investigadores critican los procedimientos de técnicas selectivas como el método de dilución en placa, por el mismo hecho de ser selectiva.

Para la presente investigación, al igual que con las bacterias, no se hizo un análisis de conteo individual de U.F.C./g de suelo para cada uno de los géneros encontrados, sino que este se desarrolló en forma grupal, teniendo en cuenta el alto número de cultivos en placa que se realizaron y la similitud de las distintas colonias.

CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se basan en análisis específicos de cada uno de los miembros de la población microbiana total, al igual que de propiedades químicas y fisiológicas relacionadas con la presente investigación.

La atrazina no causa efecto detrimental a través del tiempo sobre las poblaciones de hongos y actinomicetos. De los anteriores grupos de microorganismos se derivan las siguientes conclusiones:

1. Al aplicar atrazina sola, se determinó un crecimiento máximo de las poblaciones hacia los 45 días, con un descenso muy cerca de la vida media de ésta (55 días). Se exceptúa al grupo de actinomicetos cuyo crecimiento máximo coincide con la vida media del herbicida.
2. El sustrato, al ser aplicado con la atrazina, aumentó las unidades formadoras de colonia por

gramo de suelo (U.F.C./g) a través del tiempo, más que al adicionar solo el herbicida. Lo anterior también sucedido en el suelo cercano a la rizosfera.

3. Al aplicar solo sustrato, las poblaciones presentaron aumento de U.F.C./g de suelo a través del tiempo en forma parecida, pero menor al observado cuando se adicionó este último con atrazina. De igual forma, el suelo cercano a la rizosfera presentó similar comportamiento.
4. No se puede catalogar a la atrazina en un modelo adaptativo con respecto a las poblaciones, ya que estas no demostraron un crecimiento significativo en los tratamientos donde se adicionó el herbicida; a su vez, no se puede clasificar en un modelo no adaptativo, ya que las poblaciones presentaron un crecimiento a través del tiempo muy similar al suelo no tratado.
5. Los hongos que predominaron en todos los tratamientos exceptuando el suelo estéril fueron

Rhizopus sp, *Mucor sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp* y *Cephalosporium sp*.

6. Los géneros *Penicillium sp* y *Aspergillus sp*, además de presentarse en los tratamientos, fueron los únicos que se desarrollaron en el suelo esterilizado.

RECOMENDACIONES

1. Investigar si el aumento de la dosis de atrazina puede causar daño detrimental sobre las poblaciones que no fueron afectadas. De igual forma, analizar si la disminución de dosis de atrazina no causa daño sobre las poblaciones que sí se afectaron.
2. Estudiar con mayor análisis el por qué los géneros *Penicillium sp* y *Aspergillus sp* fueron capaces de resistir la esterilización del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, T., Kruger, E. y Coats, J. *Biological degradation of pesticide wastes in the root zone of soils collected at an agrochemical dealership*. American Chemical Society, 1994.
- Burges, A. y Raw, F. *Biología del suelo, aspecto microbiológico, botánico y zoológico*. Barcelona: Omega, 1971.
- Crowley, D., Alvey, S. y Gilbert, E. *Rhizosphere ecology of xenobiotic-degrading microorganisms*. American Chemical Society, 1997.
- HC. *Diccionario Agropecuario* (9ª edición). Bogotá: Ediciones HC, 1994.
- IGAC. «Caracterización de la génesis y la evolución de los suelos». *Suelos de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Canal Ramírez Antares. Bogotá, (1995): 423.
- Ingraham, J. y Ingraham, C. *Introducción a la Microbiología*. Madrid: Reverte, 1998.
- Jordahl, J. et al. *Effect of hybrid poplar trees on microbial populations important to hazardous waste bioremediation*. SETAC 16 (6). (1997): 1318-1321.
- Quevedo, C. *Manual de Técnicas Agropecuarias*. Bogotá: Canal Ramírez Antares, 1992.
- Tortora, G., Funke, B. y Case Ch. *Introducción a la Microbiología*