

EFFECTO DE PLAGUICIDAS SOBRE LA MICROBIOTA DE SUELOS CON AGRÍCOLAS Y SU IMPACTO AMBIENTAL, EN EL MUNICIPIO DE EL TORNO

EFFECT OF PESTICIDES ON THE MICROBIOTA OF AGRICULTURAL SOILS AND ITS ENVIRONMENTAL IMPACT, IN THE MUNICIPALITY OF EL TORNO.

NÚÑEZ POGGI C.

RESUMEN

Se evalúa el efecto de la aplicación de plaguicidas sobre la microbiota edáfica de suelos con distintos manejos agrícolas. Para eso se seleccionaron dos parcelas, diferenciadas principalmente por la cantidad y frecuencia de aplicación de productos fitosanitarios, una dedicada al cultivo de pimentón rojo, *Capsicum annuum*, (manejo intensivo) y un cultivo de cebolla blanca, *Allium cepa*L., (manejo moderado), utilizando suelo de una zona cercana con vegetación natural como testigo. Se cuantificaron hongos, bacterias y actinomicetos mediante el método Unidades Formadoras de Colonias (UFC 100 g⁻¹ suelo seco), la cantidad de dióxido de carbono en mg CO₂ 100 g⁻¹ suelo seco, emitido por los microorganismos como resultado de sus procesos metabólicos de los suelos. Los resultados obtenidos evidencian que el comportamiento de la microbiota varía en función a los distintos manejos agrícolas, mientras que algunos microorganismos como los hongos y las bacterias presentan un aumento de la población, en otras especies como los actinomicetos se observan reacciones desfavorables. De manera similar, en la respiración microbiana se produjo un aumento de la cantidad de CO₂ producido, evidenciándose la capacidad de los microorganismos para utilizar las fuentes carbonatadas de los pesticidas para realizar sus actividades metabólicas.

PALABRAS CLAVE

Plaguicidas. Respiración microbiana. Bacterias. Hongos. Actinomicetos.

ABSTRACT

The assessment of pesticides effect on the edaphic microbiota from soils with different agricultural managements, two crops were chosen, mainly differentiated for the quantity and frequency of phytosanitary products. One of the crops was red pepper, *Capsicum annuum* (intensive management), the other crop was of white onion *Allium cepal*, (moderate management). Using the soil of a nearby area with natural vegetation as witness. Fungus, bacteria, actinomycetes were quantified through the Colony Formation Units (CFU 100g⁻¹ dry soil) method. The amount of carbon dioxide in mg CO₂ 100 g⁻¹ dry soil, emitted by microorganisms as a result of their metabolic processes from the soils. The results obtained show that the microbiota's behavior varies in function of the different kinds of agricultural managements, whilst some of the microorganisms like fungus, and bacteria present an increase in the population. Some other species like the actinomycetes present adverse reactions. In a similar way the microbial respiration raised the quantity of CO₂ that was produced. Proving the capability of microorganisms to utilize carbonated sources from the pesticides to carry out metabolic activities.

KEYWORDS

Pesticides. Microbial Respiration. Bacteria. Fungus. Actinomycetes.

INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de La Quinta Manantial dedicada a la producción y comercialización de frutas, hortalizas, cítricos y plantas aromáticas se encuentra ubicada en la localidad de San Luis, Municipio El Torno, entre las coordenadas 18° 09' 11,2" de latitud Sur y 63° 29' 25,6" de longitud Oeste, provincia Andrés Báñez del departamento de Santa Cruz. Se encuentra localizada a 50 km de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, sobre la carretera antigua a Cochabamba, en la denominada subregión integrada.

El clima del Municipio del Torno se caracteriza por ser templado, al estar comprendido entre las llanuras y los valles mesotérmicos. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, el clima de este municipio puede ser clasificado como clima tropical de sabana (Aw), (Gobernación de Santa Cruz, 2020).

Según el promedio mensual, en esta zona se tiene una temperatura media de 24,77°C con una variación moderada a lo largo del año. La temperatura máxima media corresponde al mes de diciembre con 29,30 °C y la mínima media al mes de julio con 19,70 °C, (SENAMHI, 2020).

Este municipio tiene un promedio de 1389 mm de precipitación, 75% de las precipitaciones ocurren en los meses de diciembre a marzo y 15 % entre los meses de abril a octubre, (FORTEMU, 2013).

Presenta distintos suelos diversificados por su geografía, desde terrazas recientes, con suelos moderadamente profundos, texturas franco arenosas a areno-francosas y pH ligeramente ácido; y por último terrazas, antiguas con suelos profundos, textura franco arenoso sobre franco arcilloso y pH suave a fuertemente alcalino.

Los cultivos más importantes producidos en la zona son: tomate, maíz, arveja, papa, fréjol, zanahorias, sorgo, cítricos, etc. (FORTEMU, 2013).

Dado que en Bolivia el uso de plaguicidas por parte de los productores se ha incrementado de manera alarmante en los últimos años, se evaluará el efecto de la aplicación de estos sobre la microbiota edáfica de suelos con distintos manejos agrícolas. Se utilizarán suelos de una zona cercana con vegetación natural como testigo.

MÉTODOS Y MATERIALES

El suelo con manejo intensivo corresponde a la parcela cultivada con pimentón rojo y amarillo (*Capsicum annuum*), cuenta con una superficie cultivada de 10800 m² y riego por goteo.

Tabla 1. Plaguicidas aplicados en el suelo con manejo intensivo para el cultivo de pimentón rojo y amarillo (*Capsicum annuum*), en la Quinta Manantial.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis Aplicada en ml/l
Infinito®	Propamocarb + Fluopicolide	2,0
Consento®	Propamocarb + Fenamidona	2,0
Kasugamicina®	Kasugamicina	3,0 – 5,0
Thiametoxan®	Thiametoxan	2,0
Intrepid®	Imidacloprid	1,5 – 2,0

Tabla 1. Plaguicidas aplicados en el suelo con manejo intensivo para el cultivo de pimentón rojo y amarillo (*Capsicum annuum*), en la Quinta Manantial.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis Aplicada en ml/l
Priori Xtra®	Azoxistrobina + Ciproconazol	0,8 – 1,0
Taspa®	Propiconazol + Difenconazol	0,5 – 0,8
Gazare®	Thiametoxan +	2,0
Vertimec®	Abamectina	0,7
Acarol plus®	Abamectina	1,0 – 1,5
Acaren®	Difocol	2,0

El suelo con manejo moderado, referente al número y frecuencia de aplicación de plaguicidas, corresponde a un suelo cultivado con cebolla blanca (*Allium Cepa*). Esta parcela cuenta con una superficie sembrada de 6000 m² y riego por goteo. Esta parcela cuenta con una superficie sembrada de 6000 m² y riego por goteo.

Tabla 2. Plaguicidas aplicados en el suelo con manejo intensivo para el cultivo de cebolla blanca (*Allium Cepa*), en la Quinta Manantial

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis Aplicada en ml/l
Metaman®	Mancozeb + Metalaxil	2,0
Cobrethane®	Mancozeb + Oxicloruro de cobre	2,0
Priori Xtra®	Azoxistrobina + Ciproconazol	1,0
Folio Gold®	Metalaxil+ Clorotalonil	3,0 – 4,0
Gazare®	Thiametoxan +	2,0

El suelo testigo corresponde a una zona con pastizal y vegetación autóctona, sin historial de aplicación de plaguicidas, situado en las proximidades de las parcelas descritas anteriormente.

MÉTODOS

En los tres tratamientos en estudio, el muestro de suelo se realiza con un barreno en zigzag. Se toman 20 sub muestras de suelo de 0 a 20 cm de profundidad, para formar una muestra compuesta de 1,5 Kg las cuales son colocadas en bolsas con sus respectivas etiquetas.

La determinación de las características físico químicas de los suelos se realizada por el Laboratorio de Suelo, Agua y Planta del Centro de Investigación Agrícola Tropical, CIAT. Ver tabla 3. Las muestras de suelo obtenidas de cada tratamiento se remiten al Laboratorio de Rhizobiología del CIAT para la cuantificación de bacterias, hongos y actinomicetos. Los resultados de la cuantificación de la población de bacterias, hongos y actinomicetos, se expresan en Unidades Formadoras de Colonias, UFC. Estas variables se transforman a logaritmo de

UFC g⁻¹ de suelo seco para disminuir la variabilidad entre los datos.

Para evaluar la actividad respiratoria de la microbiota del suelo, se cuantifica la liberación de CO₂ del suelo por una alícuota de 100 g de suelo, incubada durante 7 días.

Las variables evaluadas son sometidas a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el diseño completamente aleatorizado. La comparación de medias se realiza mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% de probabilidad.

RESULTADOS

En la tabla 3 se presentan las principales características físico químicas del suelo en estudio.

Tabla 3. Características físico químicas del suelo en estudio

Análisis Físico	
Arena, %	58,00
Limo, %	25,00
Arcilla, %	17,00
Clase Textural	Franco Arenoso
Análisis Químico	
Nitrógeno Total, %	0,07
Materia Orgánica, %	1,60
Fósforo disponible, ppm	30,00
Bases intercambiables (Cmolc kg ⁻¹ suelo)	
Ca	2,50
Mg	1,40
Na	0,04
K	0,80
Carbonatos libres	Ausentes
Conductividad Eléctrica	72,00
pH	7,10

Las figuras 1 y 2 muestran la población de bacterias en los diferentes manejos y del testigo.

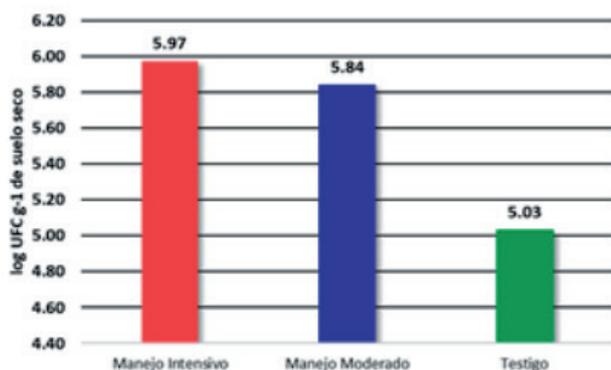


Figura 1. Población de bacterias en los tratamientos en estudio

expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 1.

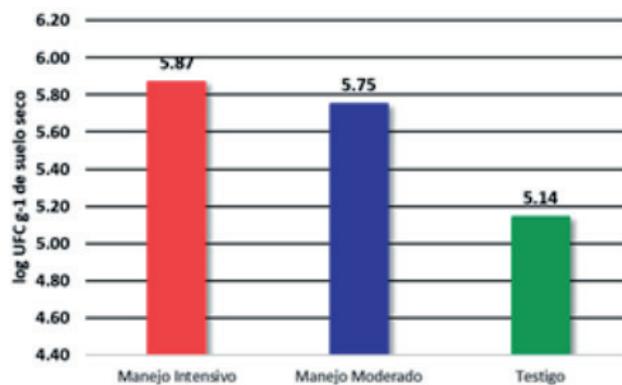


Figura 2. Población de bacterias en los tratamientos en estudio expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 2. Las figuras 3 y 4 muestran la población de hongos en los diferentes manejos y del testigo.

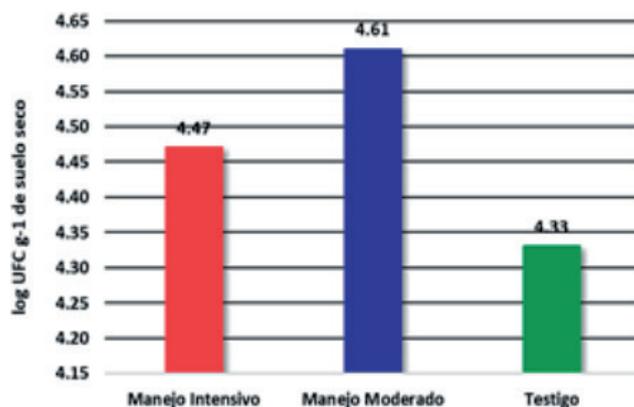


Figura 3. Población de hongos en los tratamientos en estudio expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 1.

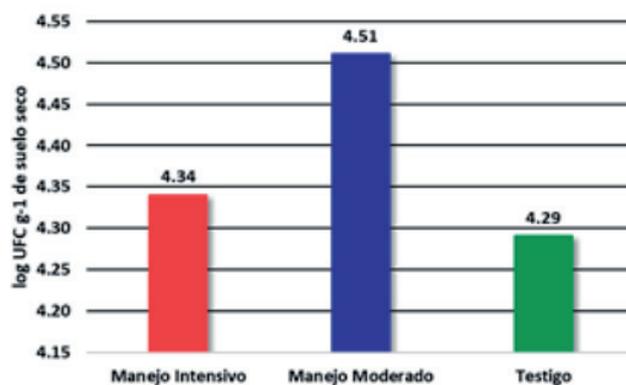


Figura 4. Población de hongos en los tratamientos en estudio expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 2.

EFFECTO DE PLAGUICIDAS SOBRE LA MICROBIOTA DE SUELOS CON AGRÍCOLAS Y SU IMPACTO AMBIENTAL, EN EL MUNICIPIO DE EL TORNO

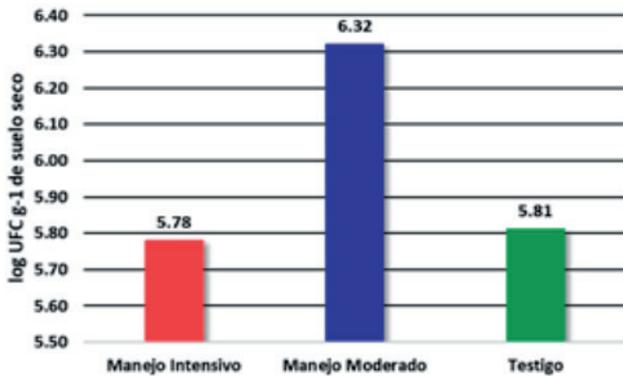


Figura 5. Población de actinomicetes en los tratamientos en estudio expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 1.

Las figuras 5 y 6 muestran la población de actinomicetes en los diferentes manejos y del testigo.

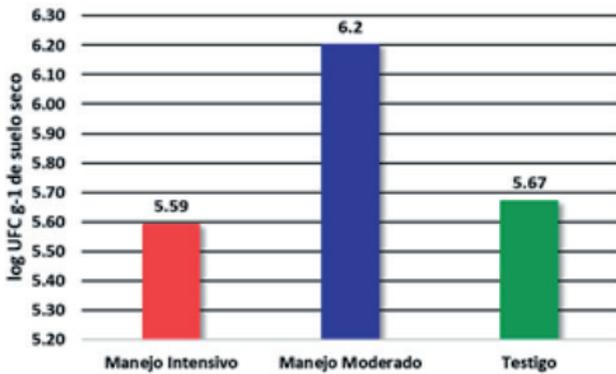


Figura 6. Población de actinomicetes en los tratamientos en estudio expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 2.

Los resultados de la respiración microbiana para ambos manejos se muestran en las figuras 7 y 8.

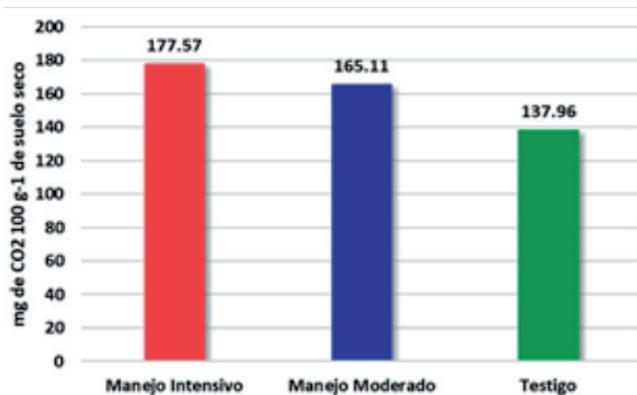


Figura 7. Respiración microbiana de los tratamientos en estudio expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 1.

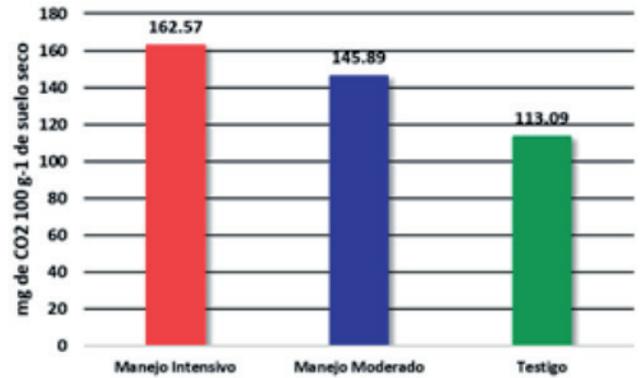


Figura 8. Respiración microbiana de los tratamientos en estudio expresada en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco en la Evaluación 2.

Población microbiana en el tratamiento denominado como manejo intensivo, en función del logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco, se muestra en la figura 9.

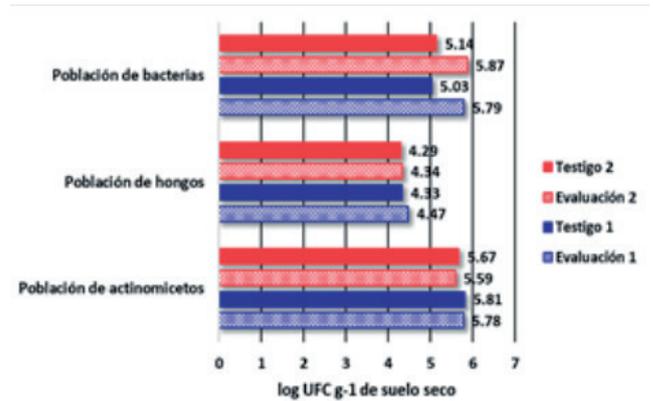


Figura 9. Población microbiana en el tratamiento denominado como manejo Intensivo, expresado en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco.

La respiración microbiana en el manejo Intensivo expresada en función del logaritmo de CO₂ se muestra en la figura 10.

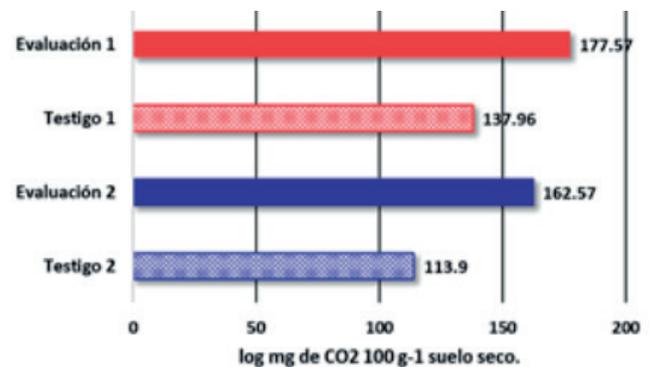


Fig. 10. Respiración microbiana en el tratamiento denominado como manejo Intensivo, expresado en logaritmo de mg de CO₂ 100 g⁻¹ de suelo seco.

Población microbiana en el tratamiento denominado como manejo moderado, en función del logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco, se muestra en la figura 10.

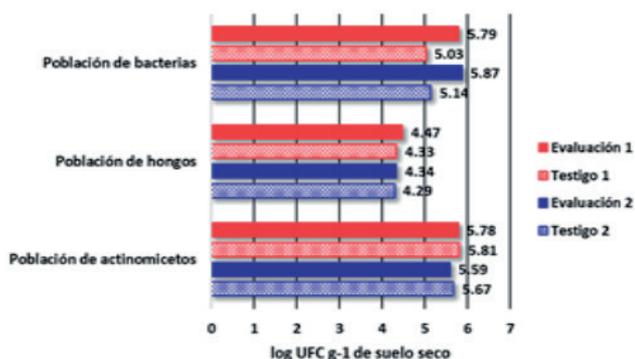


Figura 11. Población microbiana en el tratamiento denominado como manejo Moderado, expresado en logaritmo de UFC g⁻¹ de suelo seco.

La respiración microbiana en el manejo moderado expresada en función del logaritmo de CO₂, se muestra en la figura 12.

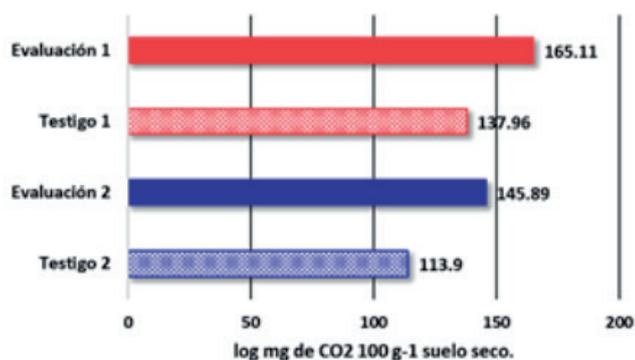


Figura 12. Respiración microbiana en el tratamiento denominado como manejo Moderado, expresado en logaritmo de mg de CO₂ 100 g⁻¹ de suelo seco.

DISCUSIÓN

La conductividad eléctrica es baja, lo que indica que no presenta problemas de salinidad. El pH del suelo 7,1 es suavemente alcalino, en estas condiciones la disponibilidad de los macro elementos y nutrientes secundarios aumentan su disponibilidad. El contenido de Calcio (Ca) es medio; de Magnesio (Mg) y Fósforo (P) es elevado. El valor del sodio (Na) es bajo, situación favorable para el suelo, porque no interfiere en la estabilidad de la estructura frágil que presenta a causa de su clase textural y bajo contenido de materia orgánica.

El contenido de materia orgánica (1,2%) es bajo, condición que puede atribuirse a las condiciones ambientales de la zona, como las elevadas temperaturas y humedad, que puede acelerar el proceso de mineralización. Al constituirse la materia orgánica en la principal fuente de nutrientes de rápida disponibilidad, al presentarse valores bajos; se reduce la disponibilidad de nitrógeno (menor a 0,1%).

El tratamiento correspondiente al suelo con manejo moderado

presentó un incremento del 16,10% de la población bacteriana en relación al suelo testigo, mientras que el suelo con manejo intensivo registró un aumento porcentual del 18,69%. Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Svrinasulu y Ortiz (2017), al estudiar el efecto de plaguicidas combinados sobre la población de bacterias en un suelo cultivado con tomate en Ecuador; al evidenciar que la aplicación de plaguicidas combinados *Chlorpyrifos* y *Carbendazim*, produjo un incremento de un 28% en la población bacteriana luego de haber transcurrido 10 días de incubación. La población de hongos muertos resultante de la aplicación de fungicidas, son utilizados como fuente de nutrientes y carbono para la obtención de energía necesaria para desarrollar los procesos de crecimiento de la población bacteriana, (Cycon et al., 2006).

En la segunda evaluación, la población de bacterias presentó un comportamiento similar a la primera evaluación. El tratamiento correspondiente al manejo moderado en relación a la aplicación de plaguicidas; presentó un incremento del 11,86 % en relación al suelo testigo; mientras que el tratamiento que recibió la aplicación de 11 plaguicidas registró un incremento de 14,20% en relación al testigo. Resultados similares fueron reportados por Morón (2016) investigando el efecto del herbicida Glifosato® en un cultivo de soya transgénica, quien determinó que la población de bacterias tendía a incrementar en días posteriores a la aplicación de dicho herbicida, atribuyendo estos resultados a la potencialidad del Glifosato® de mineralizarse fácilmente, disponibilizando Carbono y Nitrógeno para los microorganismos heterótrofos que los requieren para su sobrevivencia y crecimiento.

La población de hongos incrementó en 6,44% en el suelo que recibió menor número de aplicaciones de plaguicidas (manejo moderado), respecto al suelo sin registro de aplicación de plaguicidas (testigo).

Cuando el número de aplicaciones de productos fitosanitarios se incrementó en el manejo intensivo, la población fúngica evidenció un incremento de 3,23%. Estos resultados concuerdan con los reportados por Svrinasulu y Ortiz (2017), quienes evidenciaron que la población de hongos incrementaba significativamente al aplicar insecticidas (*Chlorpyrifos* + *Carbendazim*) de forma combinada con fungicidas, (*Cypermethr* + *Mancozeb*) en un suelo incubado por 10 días. La población de hongos incrementó continuamente hasta los 20 días de incubación; mientras que a partir de los 30 y 40 días de incubación, la población fúngica empezó gradualmente a descender; lo que sugiere que, en concentraciones elevadas, estos productos parecen ser tóxicos para esta población. De manera contraria a los resultados obtenidos en la presente investigación, pruebas realizadas en Ghana por Glover y Tetteh (2008), muestran que la aplicación de los pesticidas Lindane®(insecticida), Karate®(insecticida) y Dithane® (fungicida) sobre cultivos disminuyó la población de hongos, observándose un mayor impacto en la población fúngica.

La segunda evaluación realizada al final del ciclo de cultivo, el tratamiento correspondiente al suelo con registro de 11 productos fitosanitarios aplicados, incrementó en 1,16% en comparación al testigo. Por otro lado, el tratamiento correspondiente al suelo con registro de 5 productos fitosanitarios aplicados, incrementó en 5,12%. Autores como Das y Mukherjee (1998), comprobaron que el insecticida Forato® había estimulado mejor la población total de hongos en el suelo en comparación con el piretroide Fenvalerato en condiciones de laboratorio. Estos insecticidas afectaron la composición y densidad de las especies de hongos en el suelo al aumentar la proporción de *Penicillium sp*; e inhibir

el crecimiento de *Rhizopus sp.* y *Fusarium sp.* En base a lo evidenciados por estos investigadores, la diferencia entre los tratamientos puede ser atribuida a la composición y diversidad de especies de hongos. presentes en cada cultivo.

El comportamiento observado por la población fúngica en este trabajo, puede ser atribuido a lo reportado por otros autores, quienes indican que los metabolitos procedentes de microorganismos como hongos y bacterias, son capaces de degradar y disminuir el grado tóxico de los compuestos químicos procedentes de los plaguicidas, sin embargo, el uso continuo y excesivo de éstos puede causar gran deterioro en los suelos cultivables debido a que repercute en la pérdida de biodiversidad microbiana, (Hernández y Álvarez, 2017).

Los resultados del tratamiento 1, manejo intensivo en función de la aplicación de plaguicidas, sugieren que la aplicación de 11 plaguicidas afecta drásticamente a la población de actinomicetos debido a la frecuencia, dosis de aplicación y grado de toxicidad de los productos fitosanitarios aplicados. Dadas las características de este tratamiento, es posible que la población de actinomicetos no haya soportado el estrés causado por dichas sustancias y esto se refleja en la disminución de la población. Estos resultados coinciden con los observados por Chaves et al. (2013) quienes evidenciaron que el agroquímico Azoxystrobin® afectó de forma negativa la población de estos microorganismos.

Los resultados evidenciados en el tratamiento 2, manejo moderado en función de la aplicación de plaguicidas, reflejan la capacidad de dichos microorganismos de degradar los compuestos químicos y utilizarlos como fuente de energía. De acuerdo a lo establecido por Schrijver y Mot (1999); los actinomicetos capaces de degradar compuestos químicos como los pesticidas, pertenecen a los géneros de los subórdenes *Micrococccineae* (*Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Clavibacter*), *Corynebacterineae* (*Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Rhodococcus*), *Micromonosporineae* (*Micromonospora*), *Propionibacterineae* (*Nocardioideis*), y *Streptomycineae* (*Streptomyces*).

Investigaciones llevadas a cabo para determinar los cambios en la biomasa microbiana, respiración basal y germinación de la

cebolla (*Allium cepa L.*) luego de la aplicación de los herbicidas Oxifluorfen® Fluaxifop® y Pendimetalin® en Venezuela evidenciaron un incremento significativo en los valores de respiración edáfica de los tratamientos que recibieron aplicaciones en dosis altas y bajas de Oxifluorfen® (Rodríguez et al., 2009).

Algunos autores señalan que existe una correlación positiva entre los incrementos en los valores de biomasa microbiana, respiración edáfica y tasa de degradación de algunos herbicidas, como Metribuzin®, Linuron®, Glifosato®, Alachlor® y Dicamba®. Los resultados observados en la segunda evaluación coinciden con los señalados por Wardle et al. (1993), quienes observaron que algunos agroquímicos estimulan la actividad biológica del suelo, e informaron incremento en la respiración edáfica y biomasa microbiana cuando éstos son aplicados al suelo.

Como consecuencia se espera una mayor degradación de los residuos de plaguicidas, debido al metabolismo de las poblaciones microbianas, estableciendo que la presencia de este tipo de compuestos químicos puede inducir el consumo de la materia orgánica viva y, por tanto; se reproduce la población; no obstante,

se ha demostrado que estos efectos pueden ser temporales, (Das et al., 2007). Así mismo Andréa y Pettinelli (2000) señalan que las aplicaciones de plaguicidas pueden inhibir o estimular la respiración del suelo, y este efecto es variable en función con las condiciones ambientales y el tipo de suelo.

El suelo con manejo intensivo en relación a la aplicación de plaguicidas, caracterizado por la aplicación reiterada de 11 productos fitosanitarios, (Gazare®, Intrepid®, Priori Xtra®, Taspá®, Infinito®, Consentó®, Kasugamicina®, Thiametoxan®, Vertimec®, Acarol plus®, Acaren®), presentó un incremento en 18,69% de la población de bacterias, un 3,23 % en la población de hongos y una disminución de 0,51 % en la población de actinomicetos en la Evaluación 1. Este incremento poblacional se reflejó en un aumento de 28, 71% en la cuantificación de la cantidad de CO₂ emitida por los microorganismos del suelo como resultado de sus procesos metabólicos. En la Evaluación 2 la población de bacterias incrementó en 14,20%, la población de hongos en 1,16 % y la población de actinomicetos disminuyó en 1,41%. La respiración microbiana reflejó un incremento de 43,75%.

REFERENCIAS

- Andréa, M., & Pettinelli, A. (2000). Efeito de aplicações de pesticidas sobre a biomassa e a respiração de microrganismos de solos. São Paulo : Arq. Instituto de Biologia.
- Chaves, G., Ortíz, M. & Ortiz, L. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. San José de Cúcuta, Colombia: Acta Agronómica, Volumen 62.
- Cycoń, M, Piotrowska-Seget, Kaczyńska & Kozdrój, J. (2006). Microbiological characteristics of a loamy sand soil exposed to tebuconazole and g-cyhalothrin under laboratory conditions. Glasgow: Ecotoxicol.
- Das, A. & Mukherjee, D. (1998). Insecticidal effects on soil microorganisms and their biochemical processes related to soil fertility. Ontario: World Journal of Microbiology & Biotechnology.
- FORTEMU. (2013). Ajuste del Plan de Desarrollo Municipal El Torno. Santa Cruz.
- Glover, M., & Tetteh, F. M. (2008). Effect of Pesticide Application Rate on Yield of Vegetables and Soil Microbial Communities. Kumasi, Ghana: West African Journal of Applied Ecology, Vol. 12, 2008.
- Gobernación de Santa Cruz. (2020, octubre). Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. Retrieved from http://www.santacruz.gob.bo/sczturistica/andresibanez_municipio_eltorno_datos/300_00041
- Hernández, G. M. & Álvarez, N. A. (2017). Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria.
- SENAMHI. (2020, septiembre). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Retrieved from http://senamhi.gob.bo/index.php/record_estaciones
- Svrinasulu, M., & Ortiz, D. R. (2017). Effect of Pesticides on Bacterial and Fungal Populations in Ecuadorian Tomato Cultivated Soils. Switzerland: Springer International Publishing.
- Wardle, D. A., Yeates, G. M., Warson, R., & Nicholson, K. (1993). Response of soil microbial biomass and plant litter decomposition to weed management strategies in maize and asparagus cropping systems. Soil Biology.

CITA

