

EVALUACION DE POBLACIONES DE MICROORGANISMOS EN SUELOS TRATADOS CON HERBICIDAS EN CACAO

Eduardo Patricio Vaca Pazmiño, Alvaro Bernardo Yopez Regalado, Santiago Miguel Ulloa Cortázar

*Tesis de Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental; Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolquí, Ecuador.
epvaca@espe.edu.ec ; abyopez@espe.edu.ec; santiago@huskers.unl.edu*

Resumen: La evaluación de poblaciones de microorganismos en suelos tratados con herbicidas en el cultivo del cacao puede ser una alternativa para determinar el impacto ambiental y evaluar efectos en producción. Esta investigación se realizó en la Hda. Zoila Luz (ESPE), ubicada en el km. 24 vía Santo Domingo – Quevedo, (00°24'36''S y 79°18'43''W) a 296 msnm. Su temperatura promedio 25 °C, una humedad relativa 84 %. El objetivo fue evaluar poblaciones de *Trichodermaspp.*, *Paecylomices l.* y *Monillioptheraroreri* en suelos de una plantación comercial de cacao sometida a tres métodos de control de malezas. Los objetivos específicos fueron identificar las poblaciones de *Trichodermaspp.*, *Paecylomices l.* y *Monillioptheraroreri* antes y después de la aplicación del control de malezas. Cuantificar sus poblaciones y determinar el método de control de malezas de menor impacto sobre los microorganismos del suelo. Investigaciones realizadas han demostrado que los herbicidas producen efectos sobre la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas del suelo, la interferencia del herbicida sobre la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas se relacionaría directamente con la fertilidad del suelo. Se estudiaron tres métodos de control de malezas; glifosato, paraquat (1.5 L/ ha) y control mecánico. La fase de laboratorio la hizo el INIAP, el área de ensayo fue 2.304 m². Los resultados de laboratorio identificaron poblaciones de *Trichoderma*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, no presentaron datos de *Monilliopthera*, y *Paecilomyces*. Las mayores poblaciones de *Trichoderma*. Tuvo el tratamiento con paraquat, seguido del control mecánico; glifosato tiene menor población. Respecto a *Fusarium spp.* mayor población tuvo los tratamientos glifosato, paraquat, y control mecánico respectivamente. Se midió la producción de almendras en libras, la mayor producción tiene el tratamiento control mecánico y paraquat, sin presentarse diferencias entre estos; la menor producción el tratamiento glifosato, presentando diferencias con respecto a los otros tratamientos.

Palabras claves: Microorganismos, herbicidas, glifosato, paraquat, *Trichoderma*, *Fusarium*.

Abstract: The assessment of microbial populations in soil treated with herbicides in cocoa can be an alternative to determine the environmental impact and their effects on production. This research was conducted in the Hacienda. Zoila ESPE, located at km. 24 Santo Domingo - Quevedo, (00 ° 24 ' 36 `` S and 79 ° 18 ' 43 `` W) at 296 m. With an average temperature of 25 ° C, a relative humidity of 84%. The aim of this research was to evaluate the populations of *Trichoderma spp.*, *Paecylomices l.* and *Monillioptheraroreri* in commercial cocoa plantation under three methods of weed control. The specific objectives were to identify the populations of *Trichodermaspp.*, *Paecylomices* and *Monillioptheraroreri* before and after the implementation of three methods of weed control. To quantify the populations of these microorganisms and to determine the method of weed control less impact on soil microorganisms. Research have shown

that the use of herbicides produces effects on the microbial biomass and soil enzyme activities, interference of herbicides on the microbial biomass and enzyme activities would relate directly to soil fertility. The three methods of weed control, glyphosate 1.5 L / ha, paraquat 1.5 L / ha and mechanical controls were conducted. The laboratory part was done in the National Agricultural Research Institute INIAP, the test area was 2.304 m². The laboratory results identified populations of *Trichoderma spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, showed no *Monillioptheraroreri* data, and *Paecilomyces*. The largest populations of *Trichoderma spp.*. The paraquat treatment was followed by mechanical control, being the least populated glyphosate. Regarding *Fusarium spp.* population had increased glyphosate followed by paraquat, and Mechanical control with the smallest population. They also measured the production of cocoa beans in pounds, with the highest production in the mechanical control and paraquat treatment without presenting differences between these, and lower production in glyphosate treatment, presenting differences from other treatments.

Key words: Microorganismos, herbicidas, glifosato, paraquat, *Trichoderma*, *Fusarium*.

I. Introducción

El impacto ambiental que sobre el suelo ejerce el ser humano ha hecho de la contaminación uno de los problemas que recibe mucha atención en los últimos años. Esto debido a los riesgos directos que los suelos contaminados pueden ejercer sobre la salud y razones económicas derivadas de las limitaciones al uso del suelo y a la devaluación de los terrenos contaminados (Doménech, 1995).

En el Ecuador al igual que en otros países, las malezas son una de las principales plagas que causan pérdidas agrícolas, su control representa hasta el 30% del costo de producción; y se pierde más del 10% del rendimiento debido a la competencia de las malezas (Ordeñana, 1992).

Controlar las malezas que afectan los cultivos es una práctica necesaria para mejorar la productividad en los sistemas de producción agropecuarios y forestales.

Esto genera una permanente demanda de agroquímicos, si bien el uso de los herbicidas contribuye a mejorar los rendimientos. Paralelo a este efecto tenemos una alerta al ambiente, debido a los impactos negativos que se generan hacia el suelo, el agua, y al ser humano.

La tendencia actual es disminuir el uso de agroquímicos en los ecosistemas agrícolas y forestales, por esto los agricultores deben orientarse a la búsqueda de alternativas para el control de malezas, considerando los costos, los beneficios y los efectos indirectos, como la protección de los ecosistemas agroforestales y acuáticos.

Algunos herbicidas y sus componentes son tóxicos ya que tienen una alta persistencia en el suelo, pudiendo aparecer en corrientes de aguas superficiales o subterráneas por escorrentía o lixiviación, afectando los cultivos subsiguientes o que se volatilicen y sean precipitados por las lluvias en lugares distintos a los que se utilizaron.

Numerosos herbicidas han sido encontrados en Canadá, Europa y Estados Unidos en concentraciones mayores a los límites legales establecidos (EPA 1990 EconomicCommissionforEurope 1992)

El glifosato inhibe la acción de una enzima intermedia en la síntesis de los compuestos aromáticos, mediante la alteración de la ruta del ácido shikimico, ácido que se encuentra en la planta y en los microorganismos. Los pasos para la producción y degradación del ácido shikimicoes muy específica y no todos los microorganismos la poseen. Por lo tanto, aquellos organismos, que han desarrollado esta ruta, se verían muy afectados por la aplicación de éste herbicida. (Franz *et al.*, 1997).

Los herbicidas actúan fundamentalmente, inhibiendo procesos como la fotosíntesis, la actividad meristemática o destruyendo la permeabilidad de las membranas, (Koganet *al.*, 1995).

Algunos herbicidas permanecen activos en los primeros centímetros de suelo, por lo que controlan malezas provenientes de semillas que germinen en los primeros 5 a 10 cm (Koganet *al.*, 1995).

La Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA) reclasificó los plaguicidas que contienen glifosato como ligeramente tóxico, es decir esta en el nivel III, indica además que para el 2016 la EPA realizara una nueva evaluación de la toxicidad del glifosato.

El glifosato fue clasificado por la OMS en el nivel IV de toxicidad aguda, y clasifíco en nivel III "ligeramente peligrosos" a los productos formulados con un surfactante.

Para el mercado de la Unión Europea en la hoja internacional de seguridad química publicada por el International Programme on Chemical Safety (IPCS) de Abril 2005 en el ítem etiquetado y transporte el glifosato tiene la clasificación N (sustancias peligrosas para el ambiente, y con la clasificación Xi (sustancias que producen irritación) describe efectos más serios; en varios estudios con conejos, los calificó como "fuertemente" o "extremadamente" irritantes.

El deterioro del suelo, afecta la vida microbiana, los microbios del suelo son importantes para la agricultura puesto que se encargan de mejorar los procesos de absorción de nutrientes, el control de plagas y enfermedades, y de realizar la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, entre otras funciones.

Araujo *et al.*, (2003) citado por Conde P. 2011 señalan que la presencia del glifosato en suelos puede causar cambios en la población y la actividad microbiana. Diversos estudios señalan su efecto tanto sobre los microorganismos que intervienen en los ciclos de nutrientes como sobre aquellos que determinan el estado sanitario de los cultivos.

De igual manera Wardle y Parkinson , (1992; y Busseet *al.*, (2001) citado por (Conde, 2011) mencionan que los agroquímicos utilizados en la agricultura tienen la potencialidad de afectar las

poblaciones microbianas del suelo, en el caso del glifosato señalan que es tóxico para muchos microorganismos edáficos, bacterias y hongos.

De 1880 a 1890, el Ecuador fue el mayor exportador mundial de cacao. Con estos recursos se crearon los primeros bancos del país y fue el principal motor para dinamizar la economía y el comercio nacional, significaba del 40 al 60 % de las exportaciones totales del país y pagaba hasta el 68% de los impuestos al estado razón por lo que se la llamó “pepa de oro” (Pérez, 2009).

Dentro de la producción agrícola del país, el cultivo del cacao, conforma el tercer rubro agrícola de importancia. En el Ecuador existen alrededor de 500.000 ha de este cultivo, la mayoría están asociadas, en el año 2008 se obtuvo una producción de 118.000 TM (Pérez, 2009).

La mayor parte de la producción se exporta a la Unión Europea y Estados Unidos, siendo este el principal importador de cacao a nivel mundial.

En el Ecuador no se han realizado investigaciones enfocadas a medir el impacto que los herbicidas ejercen sobre los cultivos. El objetivo de esta investigación fue medir estos efectos para presentar alternativas al control de malezas en el cultivo del cacao.

II. Metodología

La plantación estudiada está en Santo Domingo, localizada en la hacienda Zoila Luz de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la ESPE, el sector pertenece a formación natural de bosque trópico húmedo, según Holdridge. Fue sembrada en febrero del 2007. La evaluación en campo midió el impacto que los herbicidas ejercen sobre los microorganismos del suelo, mediante una serie de cinco análisis de laboratorio, realizados cada 28 días, las muestras se tomaron el día del envío al laboratorio de la Estación Experimental Pichilingue del INIAP.

El área total del ensayo fue de 2.304 m². En las parcelas se establecieron los tipos de control de malezas en estudio; herbicida sistémico glifosato, herbicida quemante paraquat y control mecánico con chapeadora; se midieron las siguientes variables:

Medición de la población de microorganismos benéficos: *Trichoderma* spp. y *Paecilomyces* l. Las submuestras se tomaron a 100 cm de distancia del tallo y una profundidad de suelo de 10 cm. Se tomó la primera muestra un día antes de la primera aplicación de los métodos de control de malezas, las segundas submuestras se tomaron a los 28 días después de la primera, luego a los 56 días, la cuarta a los 84 días, y la quinta a los 112 días; siempre un día después de la aplicación de los tratamientos de control de malezas, el método para el conteo de hongos del suelo es por la cuenta por dilución en placa.

Para la medición de la población de microorganismos patógenos, se identificó el microorganismo *Monillioptheraroreri*, que no estuvo presente en las muestras, sobresaliendo el hongo *Fusarium* spp.

III. Resultados

En la evaluación de la población de *Trichodermaspp.* no existe diferencia significativa para tratamientos, con un p-valor = 0,07692, así como también para Tratamiento*Tiempo; para la fuente tiempo si existe significancia, con ello se acepta la hipótesis nula de que los tratamientos utilizados no afectan la vida microbiológica del suelo en el cultivo del cacao.

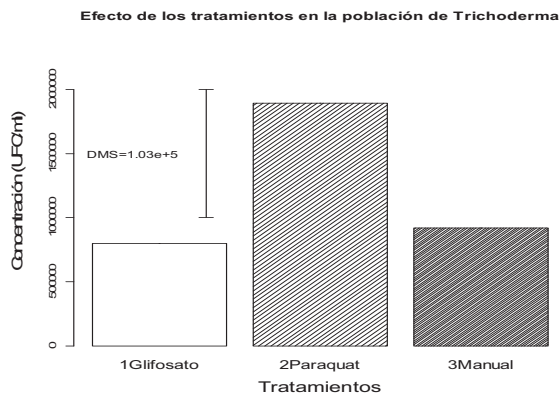
Tabla 1. Efecto de los tratamientos

Tratamiento	Media(UFC/ml)	Error estándar	Grupos (Duncan)
Glifosato	800167.7	341410.6	b
Paraquat	1894001.0	499880.4	a
Manual	920334.3	236748.3	ab

El efecto de los tratamientos en las poblaciones de *Trichodermaspp.* el tratamiento paraquat es el menos tóxico para este hongo, mientras que el tratamiento manual es igual que el tratamiento glifosato que es en el que menor población presenta.

El cambio de la población de *Trichodermaspp.* en el tiempo presenta una evolución en su población, partiendo desde la línea base en la primera evaluación, con el valor más alto en UFC, y disminuye hasta alcanzar su valor más bajo en la tercera evaluación; posteriormente vemos una recuperación en las dos últimas evaluaciones, observándose el valor más alto en el quinto mes.

Figura 1.

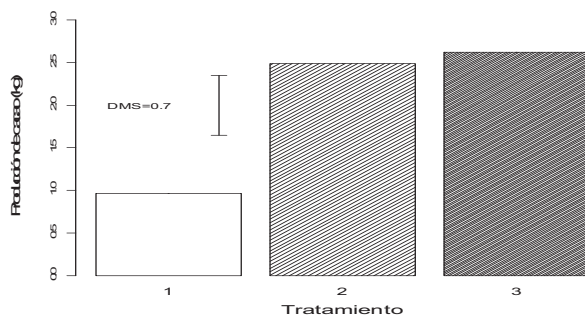


Para el análisis de varianza de la influencia de los tratamientos y el tiempo para la variable *Fusarium spp.* tenemos como resultado la no significancia en las repeticiones y en el tiempo, mientras que en los tratamientos se presenta una mayor significancia.

Entre los tratamientos de control de malezas paraquat y manual no se presentan diferencias significativas, no así con el tratamiento glifosato que si presenta diferencia con los demás tratamientos, observándose que el uso del glifosato incrementa la densidad de propágulos de *Fusarium spp.* en el suelo, el tratamiento glifosato tiene la más alta población de *Fusarium spp.* seguido del tratamiento paraquat, y con poca diferencia, se observa una menor población en el Tratamiento de control manual.

Finalmente la producción de almendras de cacao con el tratamiento glifosato se ve disminuida significativamente respecto a los otros tratamientos.

Figura 2. Rendimiento en almendras de cacao por tratamiento



IV. Conclusión

Al analizar investigaciones que se enfocaron al estudio del efecto de los herbicidas sobre la vida microbiana del suelo realizados por otros autores se observó que los resultados no varían con los obtenidos en el presente estudio en lo que tiene que ver con la afección del herbicida sobre la vida microbiana del suelo en una plantación de cacao.

Se observa claramente la afección directa que provoca una disminución de hongos benéficos para la planta y el incremento de poblaciones de organismos patógenos conforme se realizaron las aplicaciones de los insumos en los tratamientos; es importante mencionar como se van modificando las poblaciones mientras transcurre la investigación, en el caso del *Trichoderma spp.*

Se encontró también en los resultados de laboratorio que en el tratamiento de control de malezas con glifosato las poblaciones de *Fusarium spp.* se incrementan y son mayores con relación a los demás tratamientos.

Tratamiento glifosato. Ampliando la investigación se analizaron cosechas de cacao obteniéndose como resultado las cantidades más bajas de almendras en el tratamiento glifosato; esto se deba probablemente a que por tratarse de un producto de acción sistémica, afecta en forma directa al sistema vascular de la planta.

Para el control de malezas en el cultivo del cacao se recomienda el control mecánico, y de ser necesario el uso de agroquímicos, utilizar paraquat, puesto que este producto ocasiona un menor impacto en los microorganismos benéficos del suelo con relación al glifosato.

Referencias bibliográficas.

Conde, A. (2011). *Efecto del glifosato sobre comunidades microbianas benéficas y patógenas en suelos de Uruguay*. Montevideo.

Cox, C. (1995). *Glyphosate, part 2. Human exposure and ecological effects*. *Journal of pesticides reform*. Oregon.

Domenech, X. (1995). *Química del suelo*. Madrid.

Franz, J. Mao, J. & Sikorski (1997). *Glyphosate: a unique global herbicide*. *American Chemical Society Monograph*. Washington D.C. American Chemical Society

Kogan, M., Figueroa, R., & Olate, E. (1995). *Selectividad de herbicidas aplicados a la post plantación de Eucalyptus sp.* Montevideo.

Ordeñana, O. (1992). *Malezas, rol - ecología - fisiología - morfología y taxonomía. Especies importantes en Ecuador*. Guayaquil.

Perez, R. (2006). *La calidad del cacao*. Quito: Graphus.