

**INFLUENCIA DEL GLIFOSATO EN EL PROCESO DE HUMIFICACIÓN EN CONDICIONES DE SELVA ALTA, TINGO MARIA**Bailón Rojas<sup>1</sup>, Florida Rofner, Gil Bacilio<sup>2</sup>

Recepción: 20 de marzo de 2015

Aceptado: 10 de abril de 2015

**Resumen**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la región Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito de Rupa Rupa, en el campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, a una altitud de 660 msnm, con precipitación promedio de 3300 mm y temperatura media de 25°C. El estudio consistió en la aplicación de diferentes concentraciones del herbicida glifosato, (0 mL/L(TGL0), 1 mL/L(TGL1), 1.5 mL/L(TGL2), 2.0 mL/L(TGL3), 2.5 mL/L(TGL4) y tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó el diseño bloque completamente al azar (DBCA), evaluando las variables de análisis de varianza, separación de medias según Duncan y análisis de regresión. El herbicida glifosato incrementó la concentración de fósforo en el suelo, producto de la degradación del herbicida, en la primera evaluación para la concentración de fósforo se obtuvo de 7.38 (TGL0) a 14.15 (TGL3) y en la tercera evaluación 8.71 (GL0) a 15.78 (GL3) ppm. La temperatura del suelo se incrementó en promedio de 23.42°C (TGL0) a 24.43°C (TGL4). También el pH del suelo pasó de 5.17 (TGL0) a 5.42 (TGL2) y el contenido de materia orgánica se incrementó de 2.926 (TGL0) a 3.18% (TGL1). Se concluye que el glifosato afectó a las propiedades físicas y químicas del suelo y con relación a las fracciones húmicas entre la primera y tercera evaluación no presentan diferencias significativas.

**Palabras clave:****Abstract**

This research was developed in the Huánuco region, province of Leoncio Prado, Rupa Rupa district, on the campus of the Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria, at an altitude of 660 meters, with average rainfall of 3300 mm and average temperature of 25°C. The study consisted of applying different concentrations of the herbicide glyphosate (0 mL/L(TGL0), 1 mL/L(TGL1), 1.5 mL/L(TGL2), 2.0 mL/L(TGL3), 2.5 mL/L(TGL4) and three replicates per treatment. We used randomized complete block design (RCBD), evaluating the variables of analysis of variance, mean separation according to Duncan and regression analysis. The herbicide glyphosate increased the concentration of phosphorus in the soil, degradation product of the herbicide in the first evaluation of the phosphorus concentration of 7.38 (TGL0) to 14.15 (TGL3) and in the third evaluation 8.71 (GL0) to 15.78 (GL3) ppm. Soil temperature increased average 23.42°C (TGL0) to 24.43°C (TGL4). Soil pH also increased from 5.17 (TGL0) to 5.42 (TGL2) and organic matter content increased from 2926 (TGL0) to 3.18% (TGL1). It is concluded that glyphosate affected soil properties physical, chemical and in relation to the humic fractions between the first and third assessments have no significance whatsoever.

**Key words:**

<sup>1</sup>Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. [bailon84@hotmail.com](mailto:bailon84@hotmail.com), [nelinof@hotmail.com](mailto:nelinof@hotmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. [luginbatm\\_65@hotmail.com](mailto:luginbatm_65@hotmail.com)

## Introducción

En nuestro país y los que poseen tierras con potencial agrícola, desde la época denominada "Revolución Verde" han aplicado diferentes técnicas de manejo a las tierras y para facilitar el proceso de eliminación de malezas se utiliza el glifosato, producto muy eficiente como herbicida. La materia orgánica es uno de los factores más importantes para determinar la productividad sostenida del suelo, por lo cual constituye el factor principal que garantiza el éxito en el manejo ecológico del suelo, el aporte de residuos orgánicos y su degradación en el tiempo condicionan la calidad de la materia orgánica especialmente de las sustancias húmicas, calidad que además depende de las condiciones climáticas y edáficas.

El proceso de humificación comprende la suma de los fenómenos que provocan la formación de distintos compuestos orgánicos a partir de los productos de descomposición y alteración de restos vegetales y animales, así como del plasma microbiano (1).

En el Perú no existe información sobre el efecto de herbicidas en el proceso de humificación, no se conoce si el glifosato afecta el pH del suelo y otras propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo.

Se evaluó los efectos del glifosato sobre la formación de las diferentes fracciones de ácidos húmicos, información que reforzará las estrategias en los sistemas de conservación de los suelos con presencia de glifosato, en la que surgirá la interrogante ¿la aplicación del herbicida glifosato afectará el proceso de formación de ácidos húmicos de los suelos?

El estudio se realizó con la finalidad de determinar la influencia de la aplicación del glifosato en la producción de ácidos húmicos en la materia orgánica del suelo y evaluar el efecto del glifosato en la producción de anhídrido carbónico y en algunas propiedades del suelo (temperatura, humedad, concentración de fósforo y materia orgánica) en el campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Tingo María.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en un área adyacente al módulo de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la UNAS, que corresponde fisiográficamente a terraza alta, con pendiente aproximada de 3%, suelo profundo (mayor a 1.2 m de profundidad efectiva), drenaje moderado, textura franco arcillo arenoso y de reacción moderadamente ácida. Climatológicamente, presenta una media anual de 25°C de temperatura, 3,300 mm de precipitación acumulada y 82% de humedad relativa. El diseño experimental que se aplicó corresponde a un DBCA con aplicación de dosis crecientes de 1.0(TGL1), 1.5(TGL2), 2.0(TGL3) y 2.5(TGL4) mL/L y tres repeticiones por cada tratamiento del herbicida glifosato.

Una vez instaladas las parcelas se realizaron los muestreos a una profundidad de 15 cm y 250 g por muestra; para los análisis iniciales de pH (Método electrométrico), materia orgánica (2), fósforo disponible (3), temperatura de cada unidad experimental al momento del muestreo, producción de CO<sub>2</sub> (por titulación con KOH) y fraccionamiento del humus (por ácidos y álcalis). Los mismos parámetros fueron evaluados después de 30 días de cada aplicación de glifosato. La última fase consistió en realizar el análisis de los datos obtenidos, utilizando el SAS, para registrar la correlación de Pearson entre las variables y su interpretación con las pruebas de Duncan.

## Resultados y discusión

La Figura 1 muestra el efecto del glifosato en la concentración de fósforo (ppm) en las tres evaluaciones, observándose que los tratamientos presentan regresión polinómica simple, la recta de regresión simple es ascendente con coeficientes de determinación positivos ( $R^2 = 0.980$ ,  $R^2 = 0.888$  y  $R^2 = 0.982$ ); por lo que se deduce que al aumentar la dosis de glifosato también aumentará la concentración de fósforo disponible en el suelo, ya que este herbicida presenta fósforo en su composición química (N- Fosfometil glicine) (4).

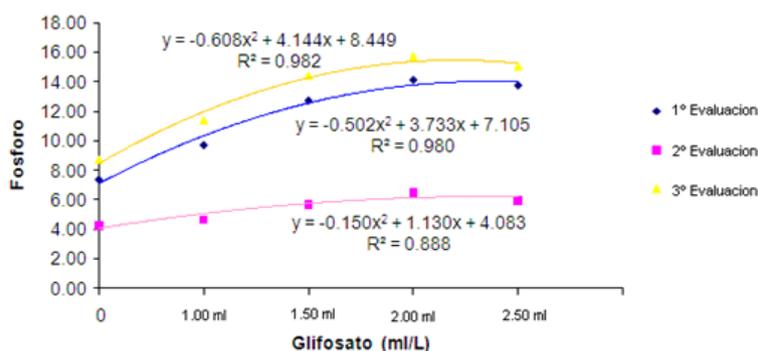


Figura 1. Regresión para el efecto entre las concentraciones de glifosato y fósforo en el suelo.

Según la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), existieron diferencias significativas en la primera y segunda evaluación, en esta última se produjo reducción de la concentración de fósforo en el suelo con relación a las demás evaluaciones, debido a que la precipitación pluvial ocasionó el lavado de glifosato, cuya molécula contiene fósforo en su composición química. La concentración de fósforo disponible aumentó en el suelo ya que el herbicida es altamente polar y muy soluble en agua, siendo considerado como relativamente "sano" por su rápida inactivación en el suelo, cuya vida media es de 47 días (4). Las partículas de glifosato que caen al suelo pueden ser fijadas por adsorción en las arcillas, materiales orgánicos, óxidos metálicos y ciertos constituyentes húmicos por mediación del

ácido fosfórico, el cual compete por los sitios de fijación con los fosfatos orgánicos (5).

En la Figura 2, se observa que, en la primera y tercera evaluación, la recta de regresión simple es ascendente con coeficientes de determinación positivos ( $R^2 = 0.190$  y  $R^2 = 0.839$ ), por lo que al aumentar la dosis de glifosato también aumentará la temperatura del suelo, ya que el herbicida es de amplio espectro de acción, no selectivo y usado en post-emergencia, principalmente en zonas agrícolas y para el control de vegetación en zonas no cultivadas (5). Que, al eliminar la cubierta vegetal, queda el suelo expuesto a los rayos solares.

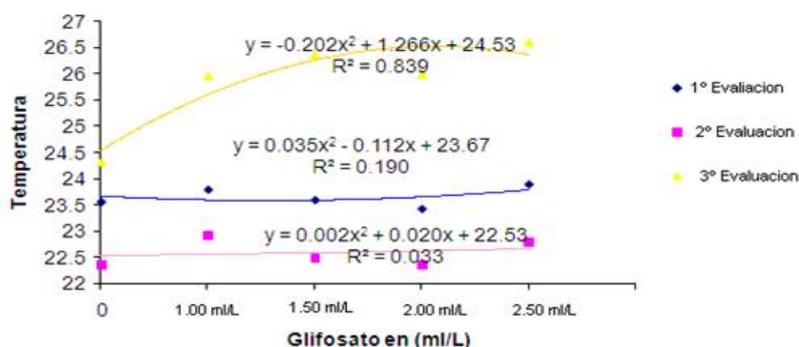


Figura 2. Regresión para el efecto entre la concentración de glifosato y la temperatura del suelo.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), indicó que para la temperatura del suelo existen diferencias entre la primera y tercera evaluación. El incremento de la temperatura del suelo (6) puede ser beneficioso para los microorganismos, pues el metabolismo microbiano aumenta 2.5 veces por cada 10°C hasta alcanzar los valores máximos de tolerancia, a partir de allí, un grado adicional inhibe totalmente su crecimiento. Todos los factores que incrementan la actividad microbiana, también aceleran la degradación óptima de los herbicidas en suelos húmedos y con temperatura superior a 25°C, de modo que la actividad del herbicida se puede

incrementar y acelerar, dependiendo de la temperatura y otros factores como el pH del suelo, mientras que la tasa de degradación disminuye, cuando el suelo presenta bajo contenido de humedad (7).

En la Figura 3, se observa que la recta de regresión simple es polinómica, creciente de la primera a la tercera evaluación, presentando un incremento del pH según la curva, con coeficientes de determinación positivos ( $R^2 = 0.887$ ,  $R^2 = 0.765$ ,  $R^2 = 0.761$ ).

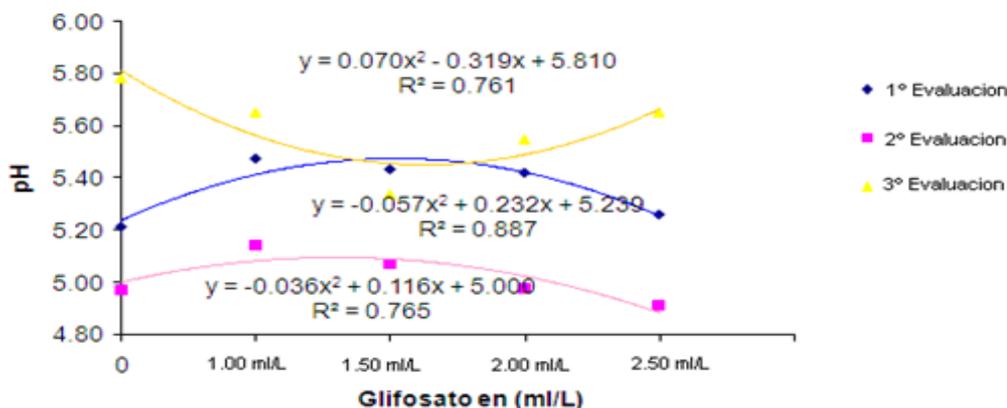


Figura 3. Regresión para el efecto entre la concentración de glifosato y pH del suelo.

Según la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) los tratamientos no fueron iguales para primera y segunda evaluación por lo que observa una reducción y no existen diferencias significativas entre sí; mientras que si existen diferencias significativas para los tratamientos en la tercera evaluación. En suelos tropicales (5) la molécula del glifosato es susceptible de degradación y tiene la rapidez y capacidad de fraccionarse para dar origen a componentes tales como el CO<sub>2</sub>, agua, cierta fracción nitrogenada y algunos fosfatos; que están sujetos al proceso de adsorción fuerte por los coloides del suelo, destacando los óxidos de hierro y aluminio, todos ellos estrechamente ligados al pH. El incremento del pH se debe al aumento de materia orgánica, generándose elevación de los valores de algunos nutrientes en el estrato superficial, como cationes de una reacción básica y la consecuente reducción de componentes de la acidez (H<sup>+</sup> y saturación por Al<sup>3+</sup>) (8). El glifosato presenta ionización del grupo amino a pH menor de 2 y del hidrogenión libre de la fracción de ácido

fosfónico a pH 2.6, del hidrógeno del grupo carboxilo a pH 5.6 (4). De los resultados obtenidos, se puede inferir que el glifosato presenta moléculas que poseen cargas eléctricas y por lo tanto, al depositarse en el suelo, son atraídas por las micelas o coloides, representadas por la materia orgánica y arcillas; es decir la actividad y degradación del glifosato aumenta cuando el pH del suelo es menos ácido y la adsorción de este herbicida es mayor cuando el contenido de materia orgánica aumenta (7).

En la Figura 4 se muestra el efecto del glifosato en el contenido de materia orgánica en el suelo de los tratamientos mediante la regresión polinómica simple con coeficientes de determinación positivos en las evaluaciones ( $R^2 = 0.652$ ,  $R^2 = 0.965$  y  $R^2 = 0.793$ ); es decir al incrementar la dosis de glifosato, aumentará el contenido de materia orgánica, debido a las propiedades físicas y químicas del herbicida que ejerce una rápida actividad en la cubierta vegetal (4).

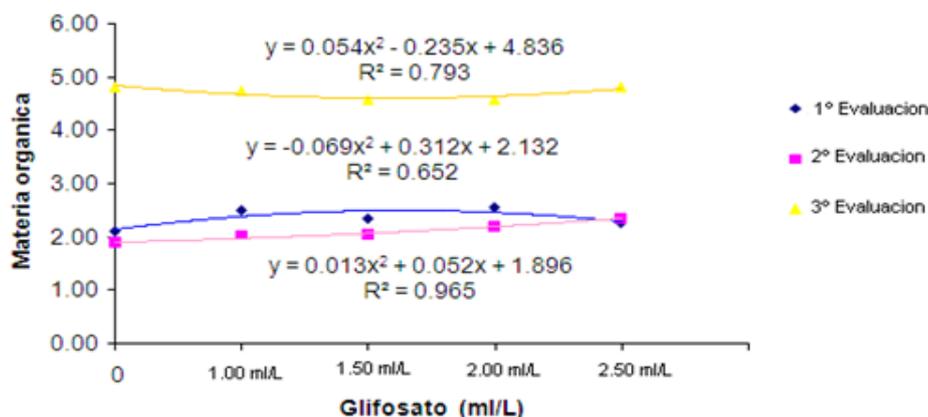


Figura 4. Regresión para efecto entre la concentración de glifosato y porcentaje de materia orgánica en el suelo

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), indicó que la primera y tercera evaluación presentan diferencias significativas. El incremento de materia orgánica se debe al efecto del glifosato sobre los vegetales presentes en el área de estudio donde su efecto empieza desde la raíz (5). Utilizando glifosato marcado con carbono 14 (8), demostraron que el glifosato prácticamente no es metabolizado por los vegetales, tan pronto entra en contacto con el follaje el compuesto se mueve en el sistema vascular, llegando hasta las raíces en poco tiempo, por lo que noventa días después de aplicado el herbicida, el 98% permanece inalterado en la planta, presentando una lenta recuperación. La materia orgánica actúa como un "amortiguador" regulando la disponibilidad de nutrientes según necesidades

de las plantas, la disminución de la materia orgánica en el suelo implica disminución de nutrientes disponibles para las plantas; por lo tanto, un suelo con altos contenidos de materia orgánica y porcentajes de arcillas influirá en la actividad de los herbicidas, afectando su eficiencia y persistencia, donde su adsorción es mayor cuando la materia orgánica aumenta (1,7).

En la Figura 5, se muestra que a mayor dosis de glifosato existirá más materia orgánica e incremento de ácidos fúlvicos en los suelos de los tratamientos mediante la regresión polinómica simple, con coeficientes de determinación positivos en las tres evaluaciones ( $R^2 = 0.758$ ,  $R^2 = 0.077$  y  $R^2 = 0.105$ ).

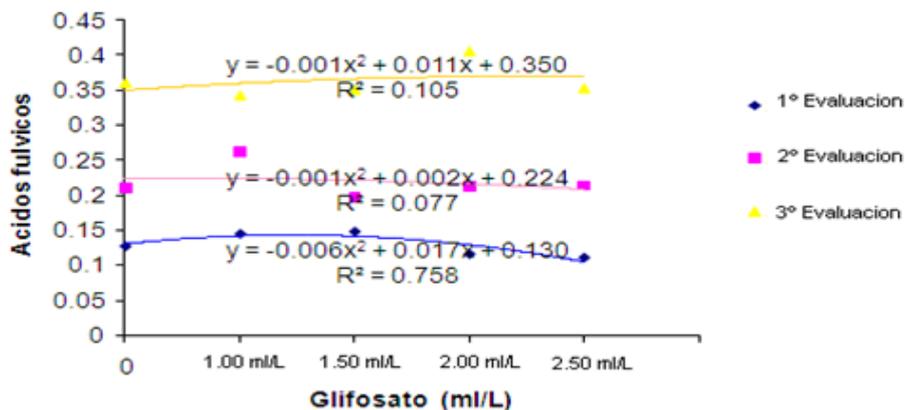


Figura 5. Regresión para efecto entre la concentración glifosato y ácidos fúlvicos en el suelo

En la Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), al comparar todas las evaluaciones se observó que existen diferencias significativas, ya que se incrementan los ácidos fúlvicos en cada evaluación por efecto del glifosato. Es evidente que hasta la tercera evaluación se presentó un comportamiento creciente en el contenido de ácidos fúlvicos, debido a las propiedades físico-químicas del glifosato, ya que este herbicida posee acción sistémica por vía foliar (4,9). Además, tiene un amplio espectro de acción, no selectivo, está formado por polisacáridos, ácidos urónicos, aminoácidos, compuestos fenólicos de pequeño peso molecular, los que se originan cuando la humificación se

realiza con poca actividad biológica, dependiendo del tipo de suelo que habitan (5).

En la Figura 6, se muestran los efectos de las dosis de glifosato, el mismo que es adsorbido por los componentes del suelo, como arcillas, óxido de hierro y ácidos húmicos, observándose para todas las evaluaciones una recta de regresión simple polinómica descendente, con coeficientes de determinación positivos ( $R^2 = 0.221$ ,  $R^2 = 0.141$  y  $R^2 = 0.941$ ), que se debe al efecto del glifosato sobre la materia orgánica ya que a una aplicación sucesiva existirá una baja concentración de ácidos húmicos.

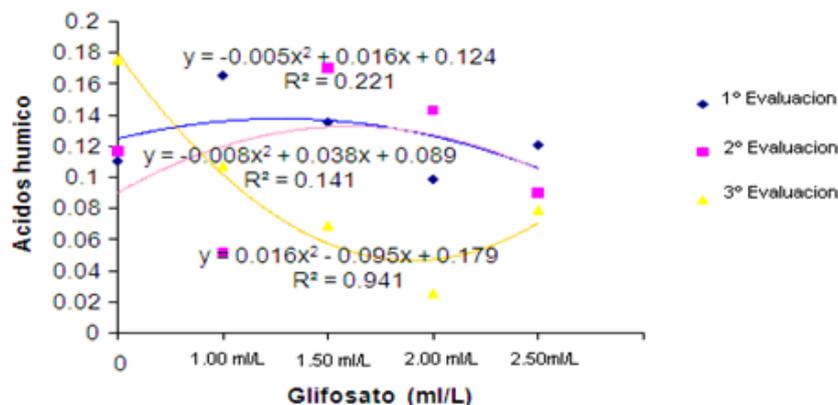


Figura 6. Regresión para efecto entre la concentración de glifosato y ácidos húmicos en el suelo

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), indicó que para todas las evaluaciones no existen diferencias significativas, ya que existe un descenso en el contenido de ácidos húmicos. Los ácidos húmicos y fúlvicos (9) son fuentes energéticas y nutritivas para los microorganismos benéficos en el suelo, estimulan el desarrollo y proliferación de macro y microfauna, como bacterias, actinomicetos, hongos, algas, lombrices, etc., los cuales son más activos cuando se incrementa la disponibilidad de cadenas orgánicas en el suelo, mejorando su fertilidad. Los ácidos húmicos y fúlvicos poseen capacidad de liberar aniones fosfatos solubles

formando humatos de potasio asimilables por las raíces, también poseen propiedades quelatantes, atrapando cationes metálicos y compuestos minerales para formar compuestos orgánicos asimilables, actúan como biocatalizadores y estimulantes de las plantas, incremento de masa radicular y nutrientes para la vegetación (1).

En la Figura 7, se observa los efectos de la dosis de glifosato en el contenido de ácido himatomelánico en el suelo, presentando una recta de regresión lineal simple ascendente con coeficientes de determinación positivos en las tres evaluaciones ( $R^2 = 0.4485$ ,  $R^2 = 0.0179$  y  $R^2 =$

0.8623), es decir al aumentar la dosis de glifosato, aumentará el contenido de materia orgánica y a su vez aumentará el contenido de ácido himatomelánico.

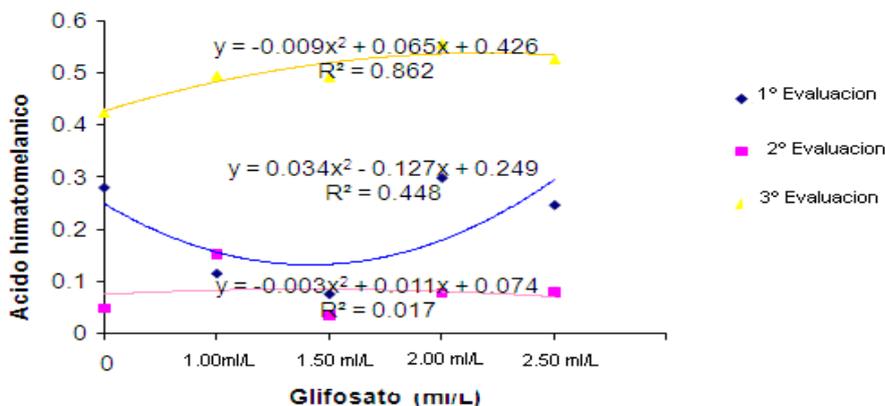


Figura 7. Regresión para efecto entre la concentración de glifosato y ácido himatomelánico en el suelo.

En la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), se observó que para las tres evaluaciones existe incremento mayor al 50% para el ácido himatomelánico, pero con la desventaja que el suelo estará sin vegetación. La descomposición de la materia orgánica produce  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , además se incrementa la CIC del suelo del 20 a 70%, debido a la presencia de materia orgánica (6). La misma que inactiva o anula al glifosato, propiciándose que el

ácido himatomelánico sea mucho más activo que los ácidos fúlvicos y húmicos en el suelo.

En la Figura 8 se muestra los efectos de las dosis de glifosato en el contenido de  $\text{CO}_2$  en el suelo de los tratamientos, presentando una regresión lineal simple descendente, con coeficientes de determinación positivos ( $R^2 = 0.6832$ ,  $R^2 = 0.9209$  y  $R^2 = 0.6138$ ), debido al efecto del glifosato.

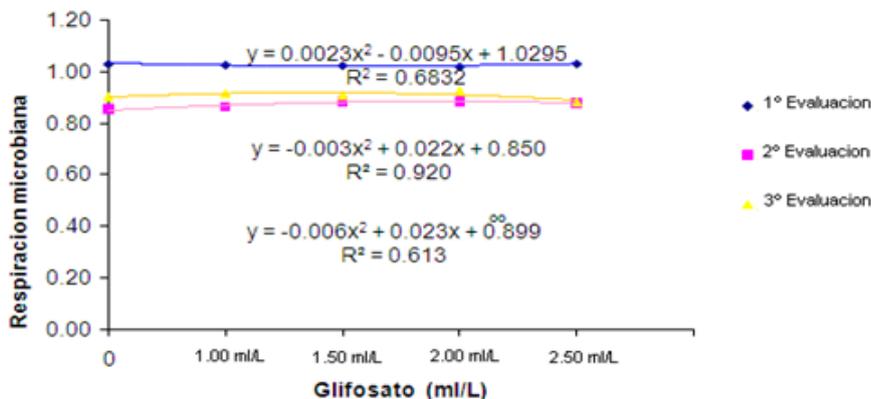


Figura 8. Regresión para efecto entre la concentración de glifosato y  $\text{CO}_2$  en el suelo.

Según la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), se observó que para los tratamientos de la primera y segunda evaluación no presentaron diferencias significativas, mientras que para la tercera evaluación si existió diferencias significativas ya que presentó una disminución de  $\text{CO}_2$ , debido a la escasez de nutrientes en el ambiente y a la muerte de la población microbiana. La presencia de glifosato en el suelo produce cambios en la población y actividad microbiana (10,11). En un estudio anaerobio con suelos forestales (12), los valores estuvieron basados en la liberación de  $\text{CO}_2$  que variaron entre 6 y 200 días; la mineralización se encontró correlacionada con la tasa de respiración del suelo, pero no con el pH ni con el contenido de materia orgánica. De igual manera

(13) a los 20 días de la aplicación de glifosato, el suelo tratado liberó 18% más de  $\text{CO}_2$  acumulado en la respiración que el suelo testigo.

En general, las poblaciones de microorganismos son muy afectados por la aplicación de herbicidas, sin embargo, el glifosato puede tener efectos positivos en la comunidad microbiana, especialmente en bacterias, que pueden usarlo como fuente de C, N y P; asimismo en soya genera aumento de los valores medios en la biomasa microbiana del suelo (14). La actividad respiratoria del suelo es un parámetro adecuado para monitorear actividades degradativas, pudiéndose presentar grandes fluctuaciones, dependiendo de la disponibilidad de sustratos, humedad y temperatura (15).

### Conclusiones

1. El glifosato incrementó la concentración de ácidos húmicos en la primera evaluación de 0.11 (TGL<sub>0</sub>) a 0.16 (TGL<sub>1</sub>), en la segunda evaluación de 0.11 (TGL<sub>0</sub>) a 0.17 ppm (TGL<sub>2</sub>), mientras que en la tercera evaluación presentó un descenso de 0.17 (TGL<sub>0</sub>) a 0.02 (TGL<sub>3</sub>); la concentración de ácidos fúlvicos se incrementó en la primera evaluación de 0.12 (TGL<sub>0</sub>) a 0.14 (TGL<sub>2</sub>), segunda evaluación de 0.21 (TGL<sub>0</sub>) a 0.26 (TGL<sub>1</sub>) y en la tercera evaluación de 0.36 (TGL<sub>0</sub>) a 0.40 ppm (TGL<sub>3</sub>); la concentración de ácido himatomelánico se incrementó en la primera evaluación de 0.27 (TGL<sub>0</sub>) a 0.29 (TGL<sub>3</sub>) y en la tercera evaluación de 0.42 (TGL<sub>0</sub>) a 0.55 ppm (TGL<sub>3</sub>).
2. El glifosato incrementó la concentración de fósforo disponible en el suelo, en la primera evaluación de 7.38 (TGL<sub>0</sub>) a 14.15 (TGL<sub>3</sub>) y en la tercera evaluación de 8.71 (TGL<sub>0</sub>) a 15.78 ppm (TGL<sub>3</sub>).
3. La temperatura del suelo se incrementó de 23.42 (TGL<sub>0</sub>) a 24.43°C (TGL<sub>4</sub>) mostrando resultados desfavorables para la cubierta vegetal, pero favorable para rápida descomposición. De igual manera, el pH del suelo pasó de 5.17 (TGL<sub>0</sub>) a 5.42 (TGL<sub>2</sub>) y, el contenido de materia orgánica se incrementó de 2.92 (TGL<sub>0</sub>) a 3.18 (TGL<sub>1</sub>).
4. El glifosato mostró efectos negativos en cuanto a la respiración microbiana, quien por cada gramo de suelo fluctúa en la primera evaluación entre 1.03 (TGL<sub>4</sub>) y 1.02 (TGL<sub>1</sub>) mg CO<sub>2</sub>/100gr Suelo, en la segunda evaluación entre 0.85 (TGL<sub>0</sub>) y 0.88 (TGL<sub>2</sub>) y en la tercera evaluación entre 0.93 (TGL<sub>3</sub>) y 0.88 (TGL<sub>4</sub>), mientras el promedio general fluctúa entre 0.94 (TGL<sub>3</sub>) a 0.93 (TGL<sub>4</sub>).

### Referencias bibliográficas

1. Peña E, Companioni N, Carrión M, Rodríguez C. La materia orgánica: Su producción y manejo. En: Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana. Seminario- Taller. FIDA.MINAG-CIARA. 2000. p. 16-25.
2. Walkley A, Black I. An examination of the degtjareff method for determining soil matter and a proposed modification of the chromic and titration method. 1934. Soil Sci. 37:29 – 38.
3. Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. E.UU. Dep. Agr. 1954. Circ. 9394. Who G. International Programme on Chemical Safety. IPCS. Hallado en: [http:// www. Environmental Health/ Glyphosate/ Chapter 7](http://www.EnvironmentalHealth/Glyphosate/Chapter7). 2000. Acceso el 15 de mayo de 2012.
4. Samper J, Paz A. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. Universidade da Coruña. La Coruña, 2005: 7: 24-28.
5. Alexander M. Introducción a la microbiología del suelo. Traducido por José Peña Cabriales. 2da Edición. Libros y Editores S.A. México; 1998. p. 47-62.
6. Toro V. Suelos forestales y nutrición, alternativas de control de malezas con herbicidas cuestionados por los sellos de certificación. 2005. Hallado en: [www/http.interaccion suelo-herbicida.pdf](http://www.interaccion.suelo-herbicida.pdf). Acceso el 10 de octubre de 2012.
7. Alcântara E, Azevedo J, Ferreira M. Métodos de control de plantas invasoras na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e componentes da acidez do solo. Ciênc. Solo. Viçosa. 2007: 31(6)
8. Hans W, Fassbender C. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter: Soil Sci. Soc. Am. J., 45. 1975. p. 255.
9. Quinn J. Glyphosate tolerance and utilization by the microflora of soils treated with the herbicide. Applied Microbiology and Biotechnology. 1988; 29: 511- 516.
10. Araújo A, Monteiro R, Abarkeli R. Effect of glyphosate on microbial activity of two Brazilian soils. Chemosphere, Oxford. 2003; 52: 799-804.
11. Torstensson L. Behaviour of glyphosate in soils and its degradation. En: The herbicide glyphosate (Grossbard.E; Atkinson D., eds). Butterworth, London; 1985. p.137-149
12. Fernández G. Efeitos de herbicidas na microbiota do solo em sistema fechado. Tesis Doctorado. Jaboticabal. Universidad de Estadual Paulista. Sao Paulo, Brasil; 2007. 60p.
13. Édson J, Smiderlei O, Prata M, Gouvêa N. População microbiana em solo cultivado com soja e tratado com diferentes herbicidas em área de cerrado no estado de Roraima. Acta Amaz. Manaus. 2007, 37 (2): 201-212.
14. Anderson DW, Saggat S, Bettany JR, Stewart JWB. Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter: I. Nature and distribution of carbon, nitrogen and sulfur. Soil Sci. Soc. Am. J., 45. 1981. p. 767-772.