

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 26 de Octubre del 2012

Angélica Rafaela Ruiz Guerrón, EFECTO Y PERSISTENCIA DE GLIFOSATO SOBRE PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL SUELO EN BOSQUE SECUNDARIO, EN SUCUMBÍOS/ TRABAJO DE GRADO. Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Universidad Técnica del Norte. Carrera de Recursos Naturales Renovables Ibarra. EC. Octubre 2012. 69 pág. 19 anexos.

DIRECTOR: Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue, generar información mediante experimentación de campo, sobre el “Efecto y persistencia del glifosato sobre parámetros biológicos del suelo de bosque secundario, en la provincia de Sucumbíos”. Los resultados obtenidos, permitieron determinar el impacto que ocasiona este herbicida a la microbiota del suelo.

Fecha: 26 de Octubre del 2012

Fecha: 26 de Octubre del 2012

f) Ing. M.Sc. Jorge Revelo

f) Angélica Rafaela Ruiz Guerrón



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EFECTO Y PERSISTENCIA DEL GLIFOSATO SOBRE PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL SUELO EN BOSQUE SECUNDARIO, EN SUCUMBÍOS

AUTORA: Angélica Rafaela Ruiz Guerrón

DIRECTOR: Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

CÓMITE LECTOR:

Ing. Oscar Rosales, M.Sc.

Dr. Marcelo Dávalos M.Sc.

Ing. Franklin Valverde, M.Sc.

LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN: Finca La Edita, sector Las Malvinas 2, cantón Lago
Agrio, provincia Sucumbíos.

BENEFICIARIOS:

Universidad Técnica del Norte

Centro Universitario de Investigación Ciencia y Tecnología
CUICYT.

Programa de caracterización y propuesta de mitigación de la zona
fronteriza Ecuador - Colombia afectada por las fumigaciones con
glifosato.

AÑO: 2011 – 2012

HOJA DE VIDA



Apellidos: Ruiz Guerrón

Nombres: Angélica Rafaela

Ciudadanía: Ecuatoriana

Teléfono convencional: 062641895

Teléfono celular: 0987923960

Correo electrónico: rafaela3087@hotmail.com

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

Dirección: Los Ceibos Río Vices 2-52 y Río Curaray.

Fecha de defensa de tesis: 26 de Octubre 2012

EFFECTO Y PERSISTENCIA DEL GLIFOSATO SOBRE PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL SUELO EN BOSQUE SECUNDARIO, EN SUCUMBÍOS

AUTORA:

Ruiz Guerrón Angélica Rafaela

COAUTOR:

Ing. Jorge Revelo, M. Sc.

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas que contienen como ingrediente activo a glifosato o N, N-bis (fosfonometil) glicina, son sistémicos, de amplio espectro y de post-emergencia. Inhiben la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintetasa, esencial en plantas y microorganismos para la producción de aminoácidos aromáticos (Murillo, 2002).

Estos herbicidas han sido utilizados en la agricultura ecuatoriana por varias décadas y por Colombia, desde el 2002, en la erradicación de cultivos ilícitos, con la formulación química, glifosato + POEA, 44% + Cosmoflux 1% + agua 55%, sin un plan de manejo ambiental para los Departamentos del Putumayo y Nariño, limítrofes con Ecuador. Colombia no diseñó un conjunto de programas, acciones y medidas concretas de manejo ambiental relacionadas con la prevención, control, compensación y corrección, para los posibles efectos que el glifosato podría causar en la salud humana, el agua, suelos, flora y fauna del bosque, en cultivos de ecosistemas compartidos con Ecuador y en microorganismos del suelo, porque no se habían realizado investigaciones al respecto (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, 2003; Amicus Curiae, 2009; Ewins y Adrian, 2003).

Como mencionan Martínez-Nieto, *et. al.*, (2011), los resultados de estudios sobre el efecto del glifosato en el ambiente, son en la mayoría de veces, contradictorios; así, señala que algunos autores no han encontrado efectos sobre los componentes biológicos del suelo, en cambio otros, aseguran que sí los hay.

En Ecuador, investigaciones realizadas por Rosas (2012) y Quinchiguango (2012), sobre el impacto de varias dosis de glifosato en la actividad de bacterias totales, hongos totales, actinomicetes, solubilizadores de fósforo, celulolíticos totales y fijadores de nitrógeno del suelo, en el sistema de producción pasto-maíz y en el suelo de un bosque secundario, en Lago Agrio, 10 km de la frontera con Colombia, no encontraron efectos adversos sobre estos microorganismos, debido a que gran parte del herbicida aplicado fue retenido por el tejido del pasto y por el follaje de los árboles del dosel y subdosel, respectivamente.

La necesidad de disponer de información local acerca del efecto del glifosato sobre parámetros biológicos del suelo, justificó la ejecución de esta investigación, con el fin de generar información experimental sobre el efecto de la aplicación directa o por deriva del herbicida Roundup_{SL} (glifosato 48%) al suelo, en las poblaciones de microorganismos y su persistencia, para fines de prevención y bioremediación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Generar información experimental del efecto del glifosato en parámetros biológicos y su persistencia en el suelo de bosque secundario.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del glifosato sobre la población de microorganismos del suelo (bacterias totales, hongos totales, actinomicetes, solubilizadores de fósforo, celulolíticos totales y fijadores de nitrógeno).

- Determinar la persistencia del glifosato y el ácido aminometilfosfónico (AMPA) en el suelo.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Ho: El glifosato no afecta a la actividad biológica del suelo.

Ha: El glifosato afecta a la actividad biológica del suelo.

Ho: La persistencia del glifosato en el suelo es menor a 3 meses.

Ha: La persistencia del glifosato en el suelo es mayor a 3 meses.

METODOLOGÍA

LOCALIZACIÓN

La investigación se efectuó de agosto a octubre 2011, en la finca La Edita, sector Las Malvinas 2, de Sucumbíos y se complementó con análisis de muestras de mantillo y suelo en el laboratorio de Microbiología del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la E. Santa Catalina del INIAP y en el laboratorio de Eco toxicología del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

FACTOR EN ESTUDIO

Herbicida Roundup_{SL} (glifosato 48%) + POEA (surfactante: polioxietileno-amina) + adherente Cosmo-flux 411F 1% + agua 51%.

TRATAMIENTOS

Se evaluaron 6 tratamientos: 5 dosis de Roundup_{SL} (6,25, 4,69, 3,12, 1,57 y 0,63 gal/ha + Cosmo-flux) más 1 testigo sin aplicación del herbicida (0,00 gal/ha de Roundup_{SL}).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con dos repeticiones. Con el promedio de las dos repeticiones, en los seis tratamientos, se elaboraron gráficos para determinar tendencias de comportamiento de las poblaciones de los microorganismos del suelo, a las dosis de glifosato. Para determinar la intensidad de asociación y el tipo de tendencia entre las variables dependiente (población de microorganismos) y la variable independiente (dosis de Roundup_{SL}), se realizó la prueba de correlación ($P < 0,05$) y la regresión exponencial. De igual forma, con los datos de análisis periódicos de población de los microorganismos del suelo, de los tratamientos T1 (6,25 gal de Roundup_{SL}/ha) y T6 (0,00 gal de Roundup_{SL}/ha), se elaboraron gráficos para establecer el tiempo que persiste el efecto del glifosato en el suelo, intervalo que fue considerado desde el momento de la aplicación del herbicida hasta cuando las poblaciones de los microorganismos recuperaron los niveles iniciales.

VARIABLES

- Población de microorganismos del suelo, antes y a los 2, 15 y 30 días después de la aplicación del herbicida,

expresado en unidades formadoras de colonias/g de suelo seco (UFC/gss), a una profundidad de 0 a 10 cm.

- Presencia del glifosato y AMPA en el suelo, a los 2, 15, 30 y 45 días de la aplicación del herbicida (mg/kg), a las profundidades de 0 a 5 y de 5 a 20 cm.

MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Las 12 unidades experimentales, de 1m², separadas por 0,50 m entre unidades y 2 m entre repeticiones, fueron establecidas en el suelo de un bosque secundario. La dosis utilizada en el experimento fue aquella usada en las fumigaciones aéreas del Plan Colombia de 6,25 gal de Roundup_{SL}/ha. De esta dosis se calculó la dosis en cc/m² = 2,37 cc/m². Antes de aplicar el herbicida, se determinó el volumen de agua requerido para cubrir 1 m² = 60 cc. A continuación se calculó la cantidad de Cosmo-flux, para lo cual se consideró la recomendación de la etiqueta de 1%, determinando en promedio 0,60 cc de Cosmo-flux/60 cc del volumen total de la mezcla. Luego se preparó la mezcla en las dosis consideradas en los tratamientos y fueron aplicadas con una bomba manual de mochila y boquilla de aspersión cónica. Para evitar deriva del herbicida a parcelas vecinas, se utilizaron pantallas de plástico.

RESULTADOS

-Población de microorganismos

La prueba de correlación entre los niveles de Roundup_{SL} (glifosato 48%) y las poblaciones de microorganismos del suelo, únicamente detectó significación estadística para bacterias $R^2 = 0,9575(p<0,01)$ y hongos totales $R^2 = 0,8608(p<0,05)$, con una tendencia exponencial negativa (Gráfico 1). Cabe indicar que el valor de correlación para poblaciones de fijadores de nitrógeno de $R^2 = 0,8031$, fue ligeramente menor al de bacterias y hongos.

-Persistencia del glifosato en el suelo

A los 2 días de la aplicación, glifosato fue detectado en el estrato de 0 a 5 cm, únicamente en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, y en ninguno, en el estrato de 5 a 20 cm. Este resultado sugiere que glifosato fue retenido en el primer estrato y que su movilidad es mínima. A su vez la detección del glifosato en el sustrato de 0 a 5 cm, en los tratamientos T1 y T2, a los 15 y 30 días y en ningún tratamiento a los 45 días (Cuadro 1), sugiere que la persistencia del glifosato en el suelo es de 30 a 45 días. Esta observación es reforzada al considerar que las poblaciones de los microorganismos en el tratamiento T1 alcanzaron niveles similares a los del tratamiento T2, a los 15 y 30 días, es decir, la población se restablece por la no presencia del glifosato al ser degradado (Gráfico 2). Por otro lado, la ligera disminución de las poblaciones de los microorganismos observada en los tratamientos T1 y T6, a los 2, 15 y 30 días de la aplicación (población estacional), se aduce a influencia de la precipitación que fue menor en los meses de agosto a octubre del 2011 (Gráfico 2).

CONCLUSIONES

- Las dosis evaluadas de Roundup_{SL} (glifosato 48%), afectaron la actividad biológica del suelo, mostrando mayor decremento de la población en fijadores de nitrógeno, bacterias y hongos totales; menor decremento en solubilizadores de fósforo y ligeros decrementos en actinomicetos y celulolíticos totales.
- La magnitud del efecto negativo del glifosato en la actividad biológica del suelo, depende de la dosis de glifosato. Mayor

reducción de la actividad biológica la causan dosis altas y ligera reducción, dosis bajas.

- La persistencia del efecto del glifosato en el sustrato de 0 a 5 cm del suelo fue de 30 a 45 días.
- La no presencia de glifosato en el sustrato de 5 a 20 cm, indica que éste fue retenido en el sustrato de 0 a 5 cm, impidiendo su movilidad.
- Al considerar que por deriva de la aspersión aérea, la cantidad de glifosato que llega al suelo es pequeña, se asume que el efecto en la microbiota sería ligero y por corto tiempo.

RECOMENDACIONES

A pesar de los resultados obtenidos, se recomienda utilizar las dosis de glifosato indicadas para el control de malezas en los sistemas de producción de cultivos y limitar su uso a lo estrictamente necesario.

RESUMEN

Con el propósito de generar datos experimentales de los efectos que el glifosato causa a la microbiota del suelo por deriva de las aspersiones aéreas del Plan Colombia para eliminar plantaciones de coca en la zona de frontera de Ecuador-Colombia, se realizó este estudio con los siguientes objetivos: 1) Evaluar el efecto del glifosato sobre la población de bacterias totales, hongos totales, actinomicetos, solubilizadores de fósforo, celulolíticos totales y fijadores de nitrógeno; 2) Determinar la persistencia del glifosato y del ácido aminometilfosfónico (AMPA) en el suelo. Para este fin, en la hacienda La Edita (Cascas-Sucumbíos) y con el conocimiento que la mezcla utilizada en las aspersiones fue Roundup_{SL} (glifosato 48%) + POEA (surfactante: polioxietileno-amina) + adherente Cosmo-flux 411F 1% + agua 55%), en dosis de 6,25 gal/ha, se evaluaron seis tratamientos: T1 (6,25gal de Roundup_{SL}/ha), T2 (4,69gal de Roundup_{SL}/ha), T3 (3,12gal de Roundup_{SL}/ha), T4 (1,57gal de Roundup_{SL}/ha), T5 (0,63gal de Roundup_{SL}/ha), T6 (0,00gal de Roundup_{SL}/ha). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar (DBCA) con 2 repeticiones. Las variables medidas fueron: población de los microorganismos del suelo, antes y a los 2, 15 y 30 días después de la aplicación del herbicida, expresadas en unidades formadoras de colonias/gramos de suelo seco (UFC/gss). Presencia de glifosato y AMPA en muestras de suelo tomadas de 0 a 5 y 5 a 20 cm de profundidad, a los 2, 15, 30, y 45 días de la aplicación del herbicida, expresadas en mg/kg, para conocer su movilidad.

La prueba de correlación entre los niveles de glifosato y las poblaciones de microorganismos del suelo, detectó significación estadística para bacterias ($p<0,01$), hongos totales ($p<0,05$) y en proporción ligeramente menor, en fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo. A los 2 días de la aplicación, en el sustrato de 0 a 5 cm, glifosato fue detectado únicamente en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, y en ningún tratamiento en el estrato de 5 a 20 cm. Este resultado sugiere que glifosato fue retenido en el primer estrato, impidiendo su movilidad. A su vez, la detección de glifosato en el sustrato de 0 a 5 cm, en los tratamientos T1 y T2, a los 15 y 30 días de la aplicación y en ningún tratamiento a los 45 días, indica que la persistencia del glifosato en el suelo es de 30 a 45 días, observación que es reforzada al considerar que las poblaciones de los microorganismos del tratamiento T1 alcanzaron niveles similares a los del tratamiento T2, a los 15 y 30 días, es decir que la población se restablece por la no presencia del glifosato. Por otro lado, la ligera disminución de las poblaciones de los microorganismos observada en los tratamientos T1 y T6, a los 2, 15 y 30 días de la aplicación (población estacional), se aduce a influencia de la precipitación.

Se concluye que las dosis evaluadas de Roundup_{SL} (glifosato 48%), afectaron la actividad biológica del suelo, mostrando mayor decremento de la población en bacterias, hongos totales y fijadores de nitrógeno; menor decremento en solubilizadores de fósforo y ligeros decrementos en actinomicetos y celulolíticos totales. La magnitud del efecto negativo del glifosato en la actividad biológica del suelo, depende de la dosis de glifosato, mayor reducción causan dosis altas y ligera reducción, dosis bajas. La persistencia del efecto del glifosato en el sustrato de 0 a 5 cm del suelo fue de 30 a 45 días. La no presencia de glifosato en el sustrato de 5 a 20 cm, indica que éste fue retenido en el sustrato de 0 a 5 cm, impidiendo su movilidad. Considerando que por deriva de la aspersión aérea, la cantidad de glifosato que llega al suelo es pequeña, se asume que el efecto en la microbiota es ligero y por corto tiempo. A pesar de los resultados obtenidos, se recomienda utilizar las dosis de glifosato indicadas para el control de malezas en los sistemas de producción de cultivos y limitar su uso a lo estrictamente necesario.

SUMMARY

EFFECT AND PERSISTENCE OF GLYPHOSATE ON SOIL BIOLOGICAL PARAMETERS SECONDARY FOREST, IN SUCUMBOS

In order to generate experimental data on the effects that glyphosate causes soil microbiota drift of aerial spraying of Plan Colombia to eliminate coca plantations in the Ecuador-Colombia border, this study was performed with the following objectives: 1) to evaluate the effect of glyphosate on the population of total bacteria, total fungi, actinomycetes, solubilizing phosphorus, total and cellulolytic nitrogen fixers, 2) Determine the persistence of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in the soil. to this end, in the hacienda La Edita (Lago Agro-Sucumbios) and with the knowledge that the mixture used in the spraying was Roundup_{SL} (glyphosate 48%) + POEA (surfactant: polyoxyethylene-amine) + adherent Cosmo-flux 411F 1% + 55% water), at a dose of 6.25 gal / ha, six treatments: T1 (6.25 gal Roundup_{SL} / ha), T2 (4.69 gal Roundup_{SL} / ha), T3 (3.12 gal Roundup_{SL} / ha), T4 (1.57 gal Roundup_{SL} / ha), T5 (0.63 gal Roundup_{SL} / ha), T6 (0.00 gal Roundup_{SL} / ha). The experimental design was a randomized complete block (RCBD) with 2 replications. The variables measured were: population of soil microorganisms, before and at 2, 15 and 30 days after herbicide application, expressed in CFU / gss. Presence of glyphosate and AMPA in soil samples from 0 to 5 and 5 to 20 cm deep, at 2, 15, 30, and 45 days after application of the herbicide, expressed in mg / kg, to know their mobility.

The correlation between the test levels of glyphosate and populations of soil microorganisms, bacteria detected for statistical significance ($p < 0.01$), total fungi ($p < 0.05$) and slightly smaller proportion in nitrogen fixers phosphorus solubilizers. At 2 days after application, the substrate of 0-5 cm, glyphosate was detected only in treatments T1, T2, T3 and T4, and no treatment in the layer of 5-20 cm. This result suggests that glyphosate was retained in the first layer, preventing their mobility. In turn, the detection of the substrate glyphosate from 0 to 5 cm, in T1 and T2, at 15 and 30 days of the application and in any treatment at 45 days, indicating that the persistence of glyphosate in soil is 30 to 45 days, an observation that is reinforced when considering that populations of microorganisms reached similar levels T1 to T2 treatment, at 15 and 30 days, meaning that the population is not restored by the presence glyphosate. on the other hand, the slight decline in populations of microorganisms observed in T1 and T6, at 2, 15 and 30 days after application (seasonal population), is argued to influence precipitation.

We conclude that the current dose of Roundup_{SL} (glyphosate 48%), affected soil biological activity, showing greater decrease in the population of bacteria, fungi and total nitrogen fixers; lowest decrease in phosphorus solubilizing and slight decreases in actinomycetes and cellulolytic total. The magnitude of the negative effect of glyphosate in soil biological activity dependent on the dose of glyphosate doses cause greater reduction and slight reduction, low doses. the persistence of the effect of glyphosate on the substrate 0-5 cm soil was 30 to 45 days. The non-glyphosate in the presence of substrate 5 to 20 cm, indicates that it was retained in the substrate of 0 to 5 cm, preventing their mobility. Whereas for aerial spray drift, the amount of glyphosate that hits the ground is small, it is assumed that the effect on the microbiota is light and for a short time. Despite these results, we recommend using the glyphosate indicated for the control of weeds in crop production systems and limit usage to the minimum required.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMICUS CURIAE. 2009. Impactos en Ecuador de las fumigaciones a cultivos ilícitos en Colombia. 64 p.
2. COMISIÓN CIENTÍFICA ECUATORIANA. 2007. El Sistema de Aspersiones Aéreas del Plan Colombia y sus Impactos Sobre el Ecosistema y la Salud en la Frontera Ecuatoriana. Quito- Ecuador. pp. 22 – 33.
3. EWINS y ADRIAN. 2003. La conexión Fusarium - glifosato en la atención de los científicos. 9p
4. HANEY, SENSEMAN, HONS Y ZUBERER, 1999). Effect of glyphosate on soil microbial activity. Proc-S-Weed-Sci-Soc. 52: 215.
5. MARTÍNEZ, P., BERNAL, J., ROMERO, L. 2011. Efectos del glifosato sobre microorganismos diazotróficos y nitrificantes en ecosistemas alto andino y seco tropical colombianos. Revista Pilquen. Sección Agronomía. Año XIII. N° 11, 2011. 12p.
6. MURILLO, I. 2002. Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato (en línea). Consultado el 15 de febrero del 2011. Disponible: <http://www.glifocidio.org/docs/impactos%20generales/ig8.pdf>
7. QUINCHIGUANGO, B., 2012. Efecto del glifosato sobre la flora, fauna, propiedades químicas, físicas, mineralógicas y biológicas del suelo y su residualidad en bosque secundario, en Sucumbíos. Universidad Técnica del Norte. Ibarra. 100 p.
8. ROSAS, M., 2012. Movilidad de glifosato en el suelo, agua de escurrimiento, persistencia y daño en el tejido vegetal del sistema de cultivo pasto-maíz, en Sucumbíos. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 100 p.
9. TRIBUNAL ADMINISTRATIVO DE CUNDINAMARCA, 2003. Expediente N.01-0022, accionante Claudia Sampedro y Héctor A. Suárez, en contra del Ministerio del Medio Ambiente y otros. Sentencia para impedir y remediar las fumigaciones para erradicar cultivos ilícitos en la frontera Colombo-Ecuatoriana. 115 p.

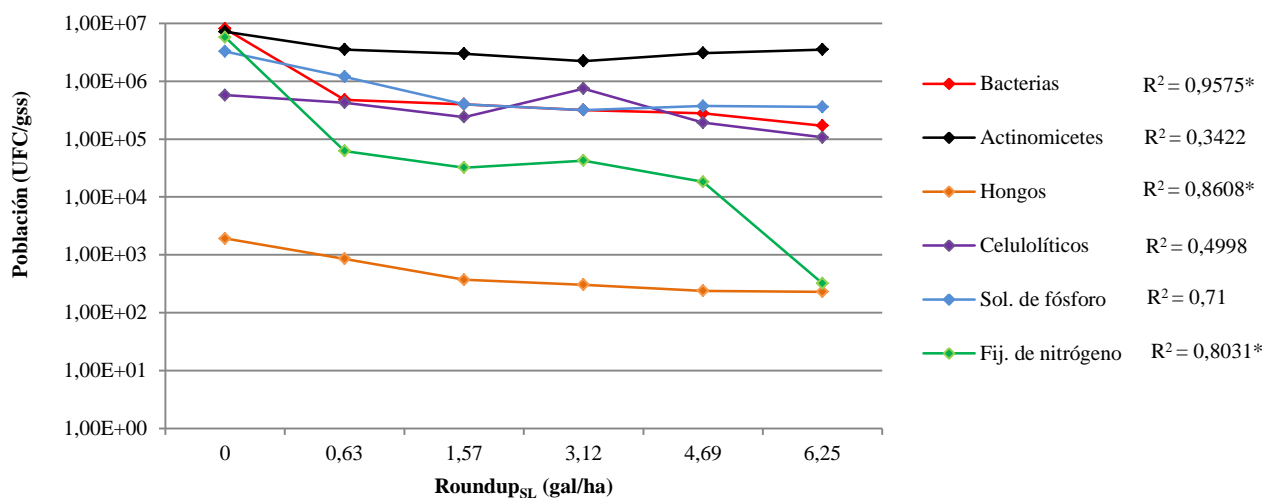


Gráfico 1. Tendencias de comportamiento de la población de microorganismos del suelo de bosque secundario, determinado dos días después de la aplicación de cinco dosis de Roundup_{SL}. Sucumbíos, 2011-2012.

Cuadro 1. Presencia de glifosato y AMPA en el suelo a los 2, 15, 30 y 45 días después de la aplicación de cinco dosis de Roundup_{SL} (glifosato 48%) en el suelo de bosque secundario. Sucumbíos, 2011-2012. (n = 2).

		Glifosato y AMPA (mg/kg)								
		Frecuencia de muestreo (días)								
Tratamientos		2		15		30		45		
Código	Dosis glifosa (gal/ha)	Estratos (cm)	Glifosato	AMPA	Glifosato	AMPA	Glifosato	AMPA	Glifosato	AMPA
T1	6,25	0 - 5	5,8	< LD	1,0	< LD	0,9	< LD	< LD	< LD
		5-20	< LC	< LD	< LC	< LD	< LD	< LD	< LC	< LD
T2	4,69	0 - 5	4,7	< LD	1,2	< LD	0,8	< LD	< LC	< LD
		5-20	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	-	-
T3	3,12	0 - 5	0,5	< LD	< LC	< LD	< LC	< LD	-	-
		5-20	< LD	< LD	< LD	< LD	-	-	-	-
T4	1,57	0 - 5	1,1	< LD	< LD	< LD	-	-	-	-
		5-20	< LD	< LD	-	-	-	-	-	-
T5	0,63	0 - 5	< LC	< LC	-	-	-	-	-	-
		5-20	-	-	-	-	-	-	-	-
T6	0,00	0 - 5	-	-	-	-	-	-	-	-
		5-20	-	-	-	-	-	-	-	-

<LC Menor al límite de cuantificación Glifosato 0,3 mg/kg
Menor al límite de cuantificación AMPA 3,0 mg/kg
<LD Menor al límite de detección Glifosato 0,1 mg/kg
Menor al límite de detección AMPA 1,0 mg/kg
- Muestras no analizadas por no detección de Glifosato y AMPA en las muestras que les anteceden y por costo

Gráfico 2. Tendencia de comportamiento de la población total de: bacterias (a), hongos (b), actinomicetes (c), solubilizadores de fósforo (d), celulolíticos (e) y fijadores de nitrógeno; determinadas en los tratamientos T1(6,25 gal Roundup_{SL}/ha) y T6 (0,00 gal Roundup_{SL}/ha). Sucumbíos, 2011-2012.

