

Fecha de recibido: 18/09/2023
Fecha de aceptado: 10/10/2023
DOI: 10.22490/ECAPMA.7199

VALORACIÓN DEL EFECTO DE HERBICIDAS SOBRE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF HERBICIDES ON SOIL MICROBIAL POPULATIONS

Claudia Parra-Cortes

Ingeniera Agrónoma, MSc Horticultura Tropical
Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5213-6880>
claudia.parraco@unad.edu.co

Arsened Vargas Guarín

Zootecnista, Esp. en Formulación y Evaluación de Proyectos de desarrollos Social,
Mg. en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.
Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6143-8271>
arsened.vargas@unad.edu.co

Guillermo Edmundo Caicedo Díaz

Ingeniero Agrónomo, Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos de desarrollos Social, Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2767-9434>
guillermo.caicedo@unad.edu.co

Citación: Parra-Cortés, C., Vargas, A. y Caicedo, G. (2024). Valoración del efecto de herbicidas sobre las comunidades microbianas del suelo. *Working Papers ECAPMA*, 8(1), 69–79. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.7199>

RESUMEN

Contextualización: La fertilidad del suelo está influenciada por una compleja interacción de características físicas (como la densidad, estructura y porosidad), químicas (incluyendo la actividad de las arcillas, los potenciales de óxido-reducción y la presencia de materia orgánica) y biológicas (que comprenden los microorganismos de la microflora y microfauna, así como la meso y macrofauna). Estas interacciones son fundamentales para la disponibilidad de nutrientes para las plantas. No obstante, los microorganismos desempeñan un papel crucial, ya que tienen la capacidad de modificar tanto los aspectos bioquímicos, como la producción de enzimas, lo que contribuye significativamente a su fertilidad. Por esta razón, es esencial conocer y monitorear el estado de los microorganismos en el suelo.

Vacío de conocimiento: aún no se conoce el verdadero daño que causan los herbicidas sobre la población microbiana. La degradación de la materia orgánica del suelo limita la vida de estos, por ende, la fertilidad se ve afectada.

Propósito: el objetivo de esta investigación es realizar una evaluación del efecto de la aplicación de mezcla de herbicidas sobre las poblaciones microbiana en un sistema productivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

Metodología: en este estudio se analiza el suelo de un cultivo de arroz tratado con una mezcla de herbicidas: Cletodim, Carfentrazona etilo y glifosato. Se determina actividad mediante la respiración basal microbiana en mg de CO₂ y el crecimiento microbiano en placa de Agar Papa Dextrosa (PDA).

Resultados y conclusiones: los resultados revelan que los suelos tratados con mezcla de herbicidas Cletodim, Carfentrazona etilo y glifosato disminuyen la población microbiana en placa PDA. Los suelos con aplicación de mezcla de herbicida (SH) obtuvieron en promedio 6 UFC/g de suelo y un área de crecimiento de 62 cm², en comparación con el suelo testigo sin aplicación de herbicidas (STSH), que presentó 30 UFC/g suelo y 70 cm². Además, se observó un aumento en la respiración basal de microbiana en mg de CO₂ como respuesta al herbicida SH, de 3,7 en mg C-CO₂ kg⁻¹ de suelo seco día⁻¹ a los cinco días después de la aplicación (dda) y 5,1 en mg C-CO₂ kg⁻¹ de suelo seco día⁻¹ a los 15 dda. Esto debido a que los microorganismos tratan de sintetizar las moléculas del herbicida, lo que aumenta su actividad.

Palabras clave: calidad de suelo, daño ambiental, glifosato, respiración microbiana.

ABSTRACT

Contextualization: Soil fertility is influenced by a complex interaction of physical (such as density, structure, and porosity), chemical (including soil activity), and chemical (including soil activity) characteristics. (such as density, structure and porosity), chemical (including the activity of clays, oxide-reduction potentials of clays, oxidation-reduction potentials and the presence of organic matter), and biological and biological (including microorganisms of the microflora and microfauna, as well as meso- and macrofauna, as well as meso- and macrofauna). These interactions are fundamental to the availability of plant nutrients. availability of nutrients to plants. However, microorganisms play a crucial role, as they have the ability to modify both the biochemical aspects and the biochemical aspects, such as enzyme production, which contributes significantly to plant fertility. significantly to their fertility. For this reason, it is essential to know and monitoring the status of microorganisms in the soil is essential.

Knowledge gap: the true damage caused by herbicides on the microbial population is not known, this affect the degradation of organic matter on soil, limited development of life of these organisms, therefore, fertility is affected.

Purpose: The objective of this research is to evaluate the effect of herbicide mixture

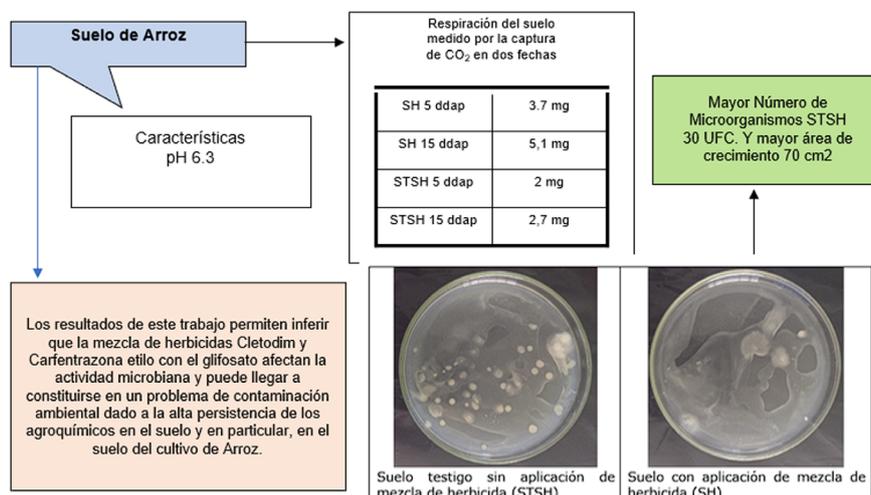
application on microbial populations in a rice (*Oryza sativa* L.) production system

Methodology: Soil treated with a mixture of herbicides Clethodim, Carfentrazone ethyl and glyphosate is analyzed, activity is determined by microbial basal respiration in mg of CO₂, microbial growth on Potato Dextrose Agar (PDA) plate.

Results and conclusions: It was determined that the soils treated with Clethodim, Carfentrazone ethyl and glyphosate herbicide mixture decrease the microbial population in PDA plate, their soils with application of herbicide mixture (SH) obtained an average of 6 CFU/g soil and an area of growth of 62 cm². Compared to the control soil without the application of herbicides (STSH) 30 CFU/g soil and 70 cm². Regarding basal microbial respiration in mg of CO₂ in response to the herbicide, respiration in the SH increased 3.7 in mg C-CO₂ kg-1dry soil day-1 at 5 days after application (DAA) and 5.1 in mg C-CO₂ kg-1dry soil day-1 at 15 daa. This is because the microorganisms try to synthesize the herbicide molecules, thus increasing their activity.

Keywords: environmental damage, glyphosate, Microbial respiration, soil quality.

RESUMEN GRÁFICO



Fuente: autores.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia el arroz (*O. sativa*) es el tercer producto agrícola en extensión, después del café y la palma de aceite (Agronegocios, 2020). Las arvenses son muy limitantes en el cultivo de arroz, por lo que el control se realiza con herbicidas utilizando productos específicos para arvenses de hoja ancha, gramíneas y cypéáceas. Esta labor suele comenzar con la quema, seguida de la aplicación de herbicidas preemergentes y postemergentes, siendo necesarias de dos a tres aplicaciones (Bustos, 2012). Dada la magnitud de la problemática de arvenses en el cultivo de arroz y el uso continuo de las mismas moléculas, los productores suelen hacer mezclas de herbicidas para su control.

Los microorganismos del suelo son entidades que influyen en varios aspectos del suelo y cada uno desempeña diferentes actividades. Dentro de la población microbial se tienen bacterias, actinomicetos, cianobacterias, hongos, algas, protozoarios y virus. Torsvik *et al.* (1990) afirmaron que en un gramo de suelo pueden encontrarse 10000 especies diferentes de microorganismos, muchos de ellos no conocidos, debido a que no pueden ser cultivados en medio agarizado.

Los microorganismos están involucrados en la descomposición de la materia orgánica, originan el reciclaje de nutrientes en

el suelo, así como incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Se conoce que muchos plaguicidas pueden tener una influencia perjudicial sobre los microorganismos del suelo y sus actividades, por tanto, es necesario intensificar las investigaciones sobre estos aspectos, dada la aplicación masiva de agentes químicos en la agricultura. Dichas investigaciones sostienen que los herbicidas pueden alterar el ecosistema del suelo debido al efecto directo sobre varios componentes de la microflora, como patógenos de plantas, antagonistas u hongos micorrícicos. Estos efectos pueden resultar en el incremento o reducción de la incidencia de enfermedades en plantas (Cuervo, 2007).

En diversos estudios se ha identificado que los agroquímicos disminuyen la actividad de enzimas del suelo y pueden in-

fluir en la mayoría de las reacciones bioquímicas, entre ellas: la mineralización de la M.O., la nitrificación, la desnitrificación, la amonificación, las reacciones redox y la metanogénesis (Hussain *et al.*, 2009). Entre las metodologías para determinar los efectos de los agroquímicos en la microbiología del suelo se encuentran la tasa de respiración microbiana, el crecimiento microbiano y la actividad enzimática (Ortiz *et al.*, 2013).

La actividad arrocera se caracteriza por el alto uso de agroquímicos (Chaves, *et al.*, 2013), en especial herbicidas en mezcla; no obstante, no se conoce el efecto de estas prácticas sobre la microbiota del suelo. Por tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la mezcla de herbicidas en las poblaciones microbiana en suelo de arroz.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en suelos de la finca Leidy del municipio de Campoalegre, Huila, dedicada al cultivo de arroz. Se recolectó suelo de los primeros 5 cm de profundidad, a los cinco y quince días después de la aplicación de la mezcla de herbicida según recomendación técnica de Cletodim (800 cm ha^{-1}), Carfentrazona etilo (100 cm ha^{-1}) y glifosato (3 L ha^{-1}). Las muestras se tamizan a 2 mm y posteriormente se guardan en un refrigerador a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta su procesamiento.

En cuanto a los tratamientos empleados, se consideraron suelos con aplicación de los tres herbicidas (SH) y un testigo suelo sin ninguna aplicación de la misma finca (STSH).

La estimación de la población microbiana se determinó mediante el método de Wollum, A. G., II.(2015) para el conteo de células viables vivas por siembra en superficie. Las poblaciones se obtuvieron de 1g de suelo y diluir en 9 mL^{-1} de solución salina estéril, luego, se realizaron diluciones hasta de 1×10^6 . Para el conteo se utili-

zó placas de Petri con agar papa dextrosa PDA, las cuales se incubaron durante por cuatro días a 28°C.

Las estimaciones cuantitativas de las unidades formadoras de colonias (UFC) que es una medida utilizada para estimar el número de células bacterianas o fúngicas viables por gramo de suelo, se calcularon realizando un conteo visual del número de colonias formadas en cada placa, tanto para hongos totales cultivables como para bacterias totales cultivables. Se calcula el área de crecimiento en cada caja con el programa imageJ.

Se determino la respiración basal microbiana en mg de CO₂ tomando 100 g de suelo tamizado a 2 mm Estos se introdujeron en frascos transparentes de boca ancha y se distribuyeron en el fondo, de tal manera que la capa de suelo quedara lo más fina posible. Sobre la lámina de suelo se colocó un beaker con 8 ml de NaOH (0.1 N). Luego, se sellaron herméticamente cada uno de los frascos y se colocaron en un espacio oscuro a temperatura ambiente, se hizo lectura a las 96 horas. Se llevó un testigo en el cual se colocó NaOH, pero sin suelo. Para titular, se agregó 1 ml de solución de cloruro de bario (0,05 M) y dos gotas de fenoltaleina a cada beaker. A continuación, se tituló el NaOH de cada beaker con HCl (0.5N).

La cantidad de CO₂ liberado se calculó mediante Ecuación 1:

$$\text{mg C-CO}_2 = (V_B - V_M) \times 6 \times N_{\text{HCl}} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

V_B = cantidad de ácido clorhídrico gastado para valorar el blanco (frasco sin suelo)

V_M = cantidad de ácido clorhídrico gastado para valorar la muestra del suelo

6 = peso equivalente del carbono

N_{HCl} = normalidad del ácido clorhídrico

Los resultados se expresan en mg C-CO₂ kg⁻¹suelo seco día⁻¹

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un diseño completamente al azar en cada lote del campo, donde se tomaron submuestras y se homogenizaron para tomar un kilo de suelo por cada tratamiento empleado, lo que permitió realizar cuatro repeticiones para la lectura de cada variable.

Tratamientos empleados: suelos con aplicación de los tres herbicidas (SH) y un testigo suelo sin ninguna aplicación de la misma finca (STSH).

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis inicial de t-student para determinar la uniformidad en la distribución de los datos. Posteriormente, se procedió a realizar un Análisis de Varianza (ANAVA) con valor $p < 0,05$ mediante el sistema Infostat ver. 2020., finalizando con una prueba de Tukey para cada una de las variables Unidades Formadoras de Colonias (UFC), crecimiento de colonias y respiración microbiana en mg de CO₂ (Tabla 1).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es escasa la información encontrada sobre Cletodim y Carfentrazona etilo sobre los microorganismos del suelo, mientras que, sobre el glifosato, debido a su amplio uso, es extensa la literatura.

Tabla 1. Análisis estadístico de datos de variables de desarrollo de microorganismos del suelo después de una aplicación de herbicidas. Suelo testigo sin aplicación de mezcla de herbicida (STSH), Suelo con Aplicación de Mezcla de Herbicida (SH), Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales								
	Área de crecimiento (cm ²)		Conteo UFC		CO ₂ - 5 Días (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ suelo)		CO ₂ -15 Días (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ suelo)	
	SH	STSH	SH	STSH	SH	STSH	SH	STSH
Media	62,17	70,14	6,00	30,25	3,70	2,00	5,10	2,70
Varianza	89,34	31,44	0,67	82,92	3,72	0,84	1,17	0,36
Observaciones	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Varianza agrupada	60,39		41,79				0,76	
Diferencia hipotética de las medias	0,00		0,00		0,00		0,00	
Grados de libertad	6,00		6,00		3,00		4,00	
Estadístico t	-1,45		-5,30		1,38		3,36	
P(T<=t) una cola	0,10		0,00		0,13		0,01	
Valor crítico de t (una cola)	1,94		1,94		2,35		2,13	
P(T<=t) dos colas	0,20		0,00		0,26		0,03	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45		2,45		3,18		2,78	

Fuente: autores.

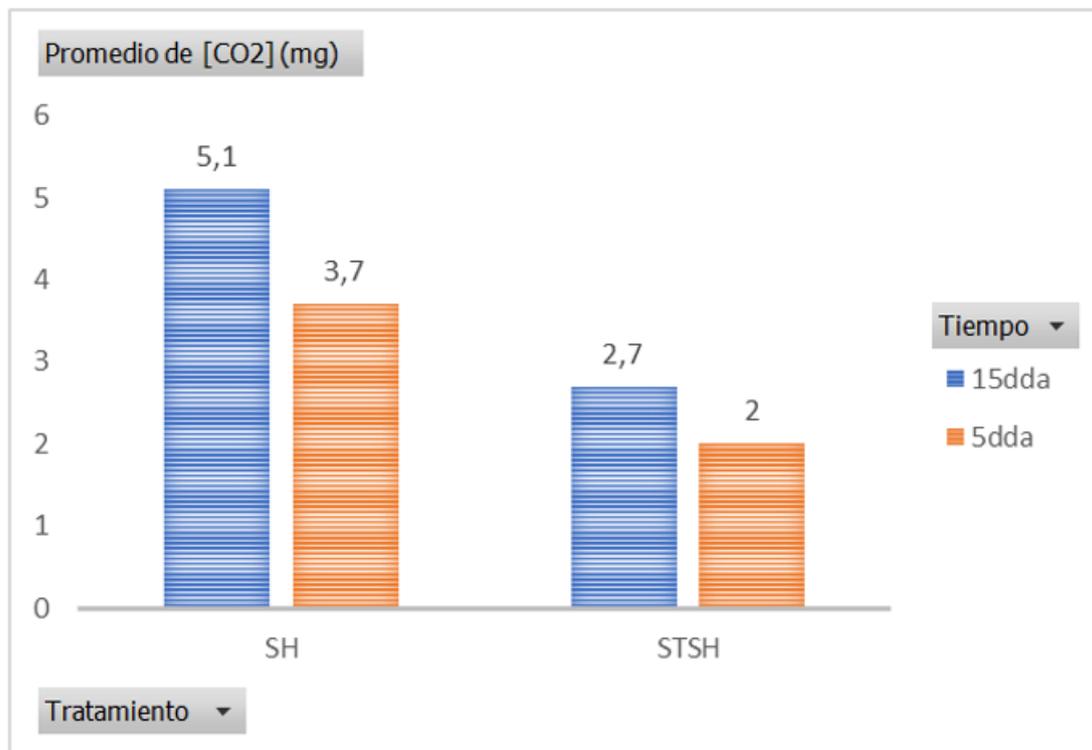
Se observa que el área de crecimiento de las bacterias cultivadas no presentó diferencias significativas entre tratamientos.

Sin embargo, en la cantidad de UFC se presenta una diferencia notable entre tratamientos ($p > f = 0,05$). El número de colonias que se desarrollaron en el medio de cultivo según el análisis de varianzas realizado con el sistema Infostat con un $R^2 = 0,91$, se obtuvo a partir del promedio en el cual se desarrollaron 30,2 UFC en el suelo sin tratar (STSH), en comparación con un

promedio de seis colonias obtenidas del suelo asperjado con la mezcla de herbicidas; esto quiere decir una disminución aproximada de 80% en la población de bacterias habitantes del suelo tras la aplicación de herbicidas.

La producción de CO_2 en el suelo con tratamiento de herbicidas, con relación al testigo, mostró variables entre sí, lo que coincide con la cantidad de UFC contabilizado en los medios de cultivo (Figura 1).

Figura 1. Variables respiración basal microbiana en mg de CO_2 para suelo testigo sin aplicación de mezcla de herbicida (STSH) y suelo con aplicación de mezcla de herbicida (SH)



Fuente: autores

Se observaron efectos negativos de la mezcla de herbicidas sobre la actividad de los microorganismos del suelo. La tasa

respiratoria de los microorganismos observada en los dos momentos de muestreo es menor en los suelos que no han

sido tratados con herbicidas; aunque, la estadística nos indica que no hay diferencias significativas con relación a los suelos tratados. En investigaciones realizadas con glifosato, se reporta que se afecta la población de solubilizadores de fósforo, al igual que en los hongos como *Penicillium*, *Fusarium* y en los micelios estériles, lo cual indica cierto grado de susceptibilidad. En general, los tratamientos con agroquímicos ocasionaron reducciones drásticas en los microorganismos del suelo (Chávez *et al.*, 2013).

En las cajas de Petri se observó el crecimiento de algunos microorganismos como actinomicetes, hongos filamentosos y bacterias, estas últimas fueron los organismos más abundantes en los dos suelos,

lo cual sugiere que algunas bacterias fueron tolerantes a la mezcla de herbicida.

El suelo sin herbicida mostró un crecimiento promedio en caja de Petri 70,138 cm², siendo mayor que el suelo con aplicación de herbicida que obtuvo un crecimiento promedio 62,17 cm². En cuanto al crecimiento de UFC en promedio se obtuvo 6 UFC/g de suelo con aplicación de herbicida y 30 UFC/g de suelo sin herbicida (Figura 2). Estos resultados concuerdan con lo propuesto por Druille *et al.*, (2017) quienes evaluaron el impacto de la aplicación de glifosato sobre hongos benéficos del suelo, los cuales presentaron un menor crecimiento.

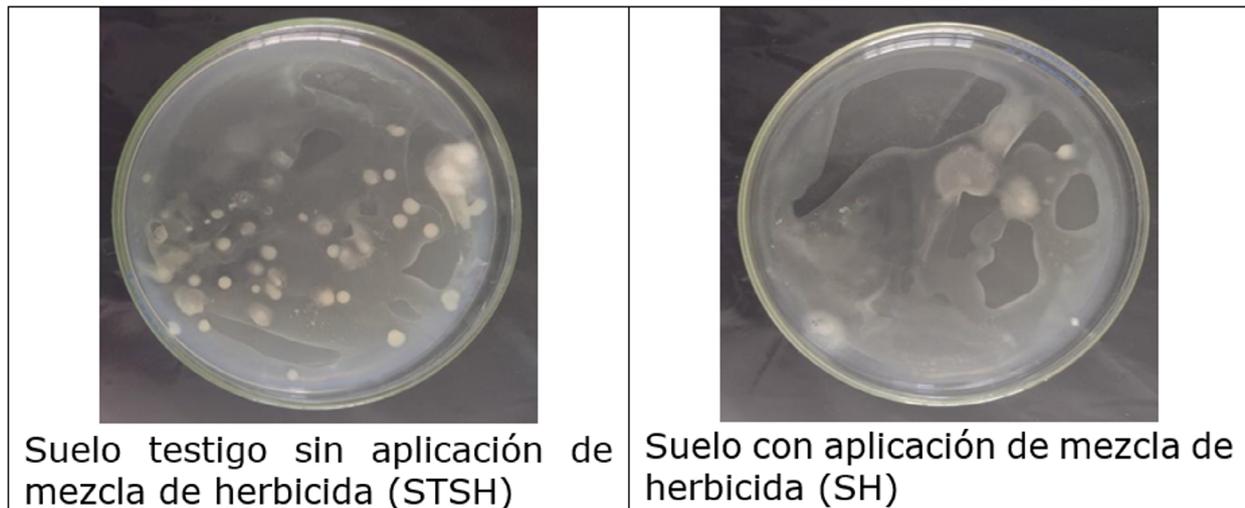


Figura 2. Crecimiento de bacterias habitantes del suelo en medio de cultivo

Fuente: autores.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten inferir que la mezcla de herbicidas Cletodim y Carfentrazona etilo con el glifosato afectan la actividad microbiana, lo cual podría constituir un problema de contaminación ambiental. Esto se debe a

la alta persistencia de los agroquímicos en el suelo, especialmente en el suelo del cultivo de arroz. Por lo tanto, se requiere la realización de estudios más amplios para comprender mejor el proceso de interacción de estos herbicidas en el suelo.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Claudia Parra-Cortes: metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura, borrador original. **Arsened Vargas Guarín:** inves-

tigación, revisión y edición. **Guillermo Edmundo Caicedo Díaz:** logística, revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

Leidy Díaz por permitirnos la toma de muestras para el presente ensayo; Milena Roció Guzmán Remeció, por su gestión en la obtención de reactivos y equipos; Juan Camilo Castaneda, por

la colaboración en todos los procesos en el laboratorio; y estudiantes del curso de Microbiología de Suelos, ciclo 16-02 2022 del CCAV Neiva, por su participación en la realización de la parte experimental.

REFERENCIAS

Agronegocios. (2020). *Los cultivos con mayor número de hectáreas se concentran en el café, palma y arroz.* <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-cultivos-con-mayor-numero-de-hec->

[tareas-se-concentran-en-el-cafe-palma-y-arroz-3033622](https://www.agronegocios.co/agricultura/los-cultivos-con-mayor-numero-de-hec-tareas-se-concentran-en-el-cafe-palma-y-arroz-3033622)

Bustos, M. C. (2012). *Destino ambiental del glifosato en una zona arrocera del Tolima, Colombia.* [Tesis de doctora-

- do]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10422>
- Chaves, G., Ortiz, M. L. y Ortiz, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62(1), 66-72. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/30023
- Cuervo, J. (2007). *Comportamiento del glifosato en suelos arroceros del departamento del Tolima-Colombia y su actividad sobre la biota microbiana del suelo*. Universidad Nacional.
- Druille, M., Acosta, A. P., Acosta, G. L., Rossi, J. L., Rodolfo, G., and Matías, B. (2017). Response to glyphosate application of beneficial soil fungi associated with *Lotus tenuis*. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 43(3), 297-302. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6232490>
- Ferrera, R. y Alarcón, A. (2015). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *CIENCIA Ergo-Sum*, 8(2), 175-183. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7583>
- Hussain, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M. y Jalid, A. (2009, mayo 7). Impacto de los plaguicidas en la diversidad microbiana del suelo, las enzimas y las reacciones bioquímicas. *Avances en Agronomía*, 102, 159-200. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01005-0)
- Torsvik, V., Salte, K., Sørheim, R. y Goksøyr, J. (1990). Comparación de la diversidad fenotípica y la heterogeneidad del ADN en una población de bacterias del suelo. *Microbiología Aplicada y Ambiental. Sociedad Americana de Microbiología*, 56(3), 776-781.. <https://doi.org/10.1128/aem.56.3.776-781.1990>.
- Wollum, A. G., II. (2015). Cultural Methods for Soil Microorganisms. En *Agronomy Monographs* (pp. 781-802). Sociedad Americana de Agronomía; Sociedad de Ciencias del Suelo de América. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c37>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

