

INDICADORES QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SUELO BAJO APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN PLANTACIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L.*)

Chemical and microbiological indicators of the soil under application of efficient microorganisms in cocoa plantation (*Theobroma cacao L.*)

Karina Ramírez Marrache¹; Nelino Florida Rofner²; Fortunato Escobar Mamani³

RESUMEN

Los procesos microbiológicos desempeñan un papel importante en el desarrollo de la fertilidad del suelo y en la nutrición de las plantas, por ello, el objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en la población de los principales grupos microbiológicos y sobre los indicadores químicos del suelo, en una plantación de (*Theobroma cacao L.*), en Rio Oro, Las Palmas-Leoncio Prado. La investigación, se ajustó a un diseño experimental de bloque completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro bloques o repeticiones. Los tratamientos en estudio son dosis de EM de 0 (T1), 1 (T2), 2 (T3) y 3 litros por mochila de 20 L (T4); que representan concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15% de EM en la suspensión aplicada; evaluándose, materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), aluminio (Al³⁺), hidrógeno (H⁺), capacidad de intercambio de cationes (CICe), ácidos cambiable (%AC), saturación de aluminio (%SAI) y la población de bacterias fototróficas, actinomicetos y fungi. Los resultados muestran diferencias altamente significativas para MO y N; los indicadores microbiológicos del suelo no mostraron diferencias significativas respecto a los tratamientos aplicados. Se concluye, que los EM en cortos períodos de aplicación mejoran los indicadores químicos del suelo, mostrando un gran potencial para mejorar la calidad del suelo.

Palabras clave: cacao CCN-51, grupos microbianos del suelo, indicadores químicos del suelo, microorganismos eficientes.

ABSTRACT

Microbiological processes play an important role in the development of soil fertility and plant nutrition, therefore, the objective was to evaluate the effect of the application of efficient microorganisms (EM) in the population of the main microbiological groups and on the chemical indicators of the soil, in a plantation of (*Theobroma cacao L.*), in Río Oro, Las Palmas-Leoncio Prado. The research was adjusted to a randomized complete block experimental design with four treatments and four blocks or repetitions. The treatments under study are EM doses of 0 (T1), 1 (T2), 2 (T3) and 3 liters for 20 L backpack (T4); representing concentrations of 0%, 5%, 10% and 15% of MS in the suspension applied; being evaluated, organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), aluminum (Al³⁺), hydrogen (H⁺), cation exchange capacity (CEC), changeable acids (%CA), aluminum saturation (% AIS) and the population of phototrophic bacteria, actinomycetes and fungi. The results show highly significant differences for OM and N; The microbiological indicators of the soil did not show significant differences with respect to the treatments applied. It is concluded that EM in short periods of application improve the chemical indicators of the soil, showing great potential to improve soil quality.

Keywords: CCN-51 cocoa, soil microbial groups, chemical soil indicators, efficient microorganisms.

¹ Carrera Ingeniería en Conservación de Suelos y Aguas, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. anirak8@hotmail.com

² Docente Investigador, Ingeniería en Conservación de Suelos y Aguas. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. nelinof@hotmail.com

³ Investigador del Instituto de Estudios de Agricultura Alternativa CREAA "La chira" Universidad Nacional del Altiplano, Perú. fempuno@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana, en particular la cuenca del Huallaga, Ucayali, Apurímac, Ene, Urubamba y Marañón, presentan condiciones climáticas que favorecen el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao* L.) (Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, 2016), pero el manejo convencional del cultivo con malas prácticas agrícolas, control de plagas con agroquímicos y la instalación del cultivo de coca, ha contribuido a la baja productividad del cacao en estas zonas.

El Ingeniero Agrícola Dr. Teuro Higa, profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, crea una tecnología en la década de los ochenta relacionada con el uso de los microorganismos (Luna y Mesa, 2016; Diaz et al., 2009); consiste en un cultivo mixto de microorganismos benéficos de ocurrencia natural de diferentes especies de microorganismos eficaces (bacterias fototróficas o fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras) que pertenecen a los géneros *Lactobacillus* (bacterias ácido lácticas), *Saccharomyces* (levaduras) y *Rhodopseudomonas* entre otras bacterias fotosintéticas o fototróficas, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbial de los suelos y plantas (Fundación de asesorías para el sector rural ciudad de Dios-FUNDASES, 2008).

A estos microorganismos se les conoce como microorganismos eficientes (EM) y se trata de microorganismos que producen sustancias útiles que incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que promueven el crecimiento de las plantas, pueden suprimir la presencia de patógenos (Akhtar et al., 2018; Merino, 2013; Gimeno, 2011) y son muy numerosos en los suelos (Coyne, 2000). Las bacterias ácido lácticas, son capaces de producir el ácido láctico (Merino, 2013; Torres y Silva, 2006; Bures, 1997), que es un esterilizador fuerte, suprime microorganismos patógenos y aumenta la descomposición de la lignina y la celulosa (Otero, 2011; Arias, 2010). También, tenemos a los actinomicetos que producen sustancias antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos que mejoran la actividad del azotobacter y de las micorrizas (Luna y Mesa, 2016; Haro, 2013; Bures, 1997) y son capaces de solubilizar fosfatos (González, 2010). Los hongos aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica (Haro, 2013) para producir alcohol,

ésteres y sustancias antimicrobianas (Bures, 1997), las levaduras son hongos que sintetizan sustancias antimicrobiales, hormonas y enzimas que promueven una activa división celular y radical (Luna y Mesa, 2016).

Todos estos grupos forman parte de los EM y sus múltiples funciones mejoran la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas (Nikolaevich y Borisovich, 2019; Van Wyk et al., 2017). Actualmente se ha adoptado paquetes tecnológicos que incluyen buenas prácticas agrícolas y una eficiente fertilización, que han elevado sustancialmente la productividad, algunos agricultores han combinado este paquete tecnológico con la aplicación de microorganismos eficientes (EM) que, según estudios, permite mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Arévalo, 2014; Merino, 2013; Toalombo, 2012; Zúñiga et al., 2011; Diaz et al., 2009).

Las investigaciones evidencian que la aplicación de EM mejora la calidad del suelo, el crecimiento, producción y calidad de los cultivos. En ese contexto, el objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la población de los principales grupos microbiológicos (bacterias totales, ácido lácticas, fungí y actinomiceto) y sobre los indicadores químicos del suelo en una plantación de cacao, en río Oro-las Palmas, provincia de Leoncio Prado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló entre los meses de noviembre 2018 a mayo del 2019, en el fundo Amancio, que le pertenece al Sr Amancio del Águila Rivera, políticamente río Oro pertenece al distrito de Mariano Dámaso Beraún, las Palmas, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM: 386092E y 8968 134N a 731 m s.n.m.; presenta un clima muy húmedo con más de 85% de humedad relativa, con precipitaciones por encima de los 3000 mm anuales, temperatura promedio de 22°C (Meza, 2010) y diferencias altitudinales con variantes climáticas de acuerdo a las condiciones térmicas, como ejemplo la gran presencia de nubosidad. Según la clasificación de la zona de vida o formaciones vegetales del mundo de Holdridge (2000), la zona de río Oro corresponde a un bosque muy húmedo-Sub Tropical (bmh-ST) y presenta

pendientes entre los 25 a 70%, que corresponde a una configuración de pendientes y laderas o faldares clasificadas como ecorregión Rupa Rupa o selva alta (Pulgar, 2014).

Metodología

Para la preparación y activación de EM, se utilizó 5 litros de microorganismos eficientes comercial, este se

mescló con 10 kg de estiércol fresco de vacuno, 5 kg de melaza de caña disuelta, 5 litros de leche fresca, 20 litros de mucilago de cacao, 0.5 kg de levadura de pan y 1 kg de polvillo de arroz, toda esta mezcla se preparó en un cilindro de 80 L, acondicionado con un respirómetro a base de manguera y 1 botella de plástico de 500 ml (Figura 1).



Figura 1. Biofermentador para producción de EM.

El biofermentador se mantuvo en reposo por 30 días, luego de este proceso de activación la suspensión se aplicó al suelo según los tratamientos.

La investigación se inició en setiembre del 2018 y los análisis de indicadores químicos del suelo se realizaron después de la quinta aplicación (febrero), una aplicación mensual de los EM. Las muestras de suelo se tomaron de puntos diferentes de cada unidad experimental según tratamientos. Puntos que fueron seleccionados al azar a una profundidad de 0-20 cm y 0.5 kg por punto, luego se juntaron y homogenizaron para tomar una muestra compuesta de 1 kg por unidad experimental, que se enviaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Las variables químicas determinadas fueron: pH (Potenciómetro), MO (Walkley y Black) K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y Al³⁺ (Absorción Atómica), H⁺ (Yuan), P (Olsen modificado), N total (Micro Kjeldahl); protocolos descritos por Bazán (2017).

El análisis microbiológico de las muestras de suelo se realizó al final del experimento, de las muestras compuestas extraídas, a través de la técnica de recuento en placa por medio de diluciones seriadas, descritas por Argüello (2016) y Baldani (2007); para el aislamiento se tomaron 10 g de suelo en 90 ml de agua

peptonada (AP) 0.1%, a partir de esta dilución inicial se prepararon diluciones sucesivas tomando cada vez un mililitro de solución y adicionando 10 ml de AP hasta alcanzar la dilución deseada. En este caso se midió en diluciones 10⁻³, en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los medios utilizados para el análisis microbiológico de muestras de suelo fueron: bacterias fototróficas (plate count + manitol 1%), actinomicetos (agar actinomycetes + glicerina) y para mohos y levaduras (agar sabouraud glucosado 4% + ceftriaxona).

La investigación, se ajustó a un diseño experimental de bloque completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro bloques o repeticiones; el tratamiento en estudio es dosis de EM de 0 (T1), 1 (T2), 2 (T3) y 3 litros/mochila de 20 L (T4); que representaron concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15% de EM en la suspensión aplicada. La unidad experimental constó de 6 plantas de cacao, con un área de 54 m² y hacen un total de 12 unidad experimentales; en total el área experimental midió 648 m². Se utilizó las técnicas estadísticas de análisis de varianza (ANVA) para probar la hipótesis a un nivel de significancia de 5% para repeticiones y tratamiento, para las comparaciones múltiples de las medias, la prueba de amplitudes de Tukey a un nivel de significancia del 5%. Para el

procesamiento de datos se usó el programa IBM SPSS 25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los EM en indicadores químicos del suelo

La Tabla 1 muestra las medias, desviación estándar y la significancia de los diferentes tratamientos e

indicadores químicos evaluados, encontrándose diferencias estadísticas altamente significativas para los indicadores materia orgánica (MO) y nitrógeno (N); los demás indicadores no mostraron diferencias respecto a los tratamientos aplicados. Sin embargo, se aprecia una ligera tendencia de incremento para los indicadores K+, Ca2+ y Mg2+.

Tabla 1. Estadística descriptiva para los indicadores químicos evaluados en los tratamientos.

Indicadores	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
pH	4.877±0.238	4.912±0.203	4.880±0.224	4.872±0.234	0.0510	0.994
MO (%)	1.850±0.161 ^b	1.570±0.075 ^a	1.915±0.159 ^b	1.570±0.084 ^a	0.0160	0.003**
N (%)	0.092±0.010 ^b	0.077±0.010 ^a	0.095±0.006 ^b	0.077±0.010 ^a	0.000044	0.003**
P (ppm)	6.160±0.318	6.150±0.735	6.162±0.616	6.257±0.397	0.2950	0.991
K (ppm)	96.435±40.950	108.705±35.900	95.195±41.420	94.747±40.000	1570.44	0.951
Ca (Cmol/kg)	4.517±0.690	4.555±0.317	4.557±0.343	4.727±0.553	0.2520	0.934
Mg (Cmol/kg)	1.965±0.202	1.985±0.142	2.130±0.294	2.145±0.339	0.0660	0.663
Al (Cmol/kg)	1.055±0.530	1.100±0.478	1.110±0.617	1.087±0.558	0.3010	0.999
H (Cmol/kg)	0.067±0.088	0.077±0.083	0.120±0.067	0.185±0.062	0.0060	0.171
BC (%)	85.057±6.245	84.877±4.569	84.517±6.877	84.352±6.620	37.7690	0.998
AC (%)	14.940±6.245	15.120±4.569	15.482±6.877	15.647±6.620	37.7690	0.998
S Al (%)	14.100±7.185	14.102±5.560	13.972±7.553	13.400±6.923	46.8870	0.999

SEM= Error estándar de la media, Sig= Significancia, T= Tratamientos, **= altamente significativo, BC= bases cambiables, AC= acidez cambiable y S Al= saturación de aluminio.

Los indicadores que muestran diferencias significativas son la MO y el N; en la Tabla 2 se observa las comparaciones múltiples según Tukey y los valores de la diferencia honesta significativa (HSD) para la MO. Los resultados indican que los tratamientos T2 y T4 son los que presentan mayores diferencias (Sig=0.038) con respecto al tratamiento control.

4.727 Cmol kg⁻¹ (T4) y Mg de 1.965 (T1) a 2.145 Cmol kg⁻¹ (T4). Los valores en general corresponden a un suelo ácido de baja calidad.

Tabla 2. Comparaciones múltiples de Tukey para la MO.

	(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
	Tratamiento	Tratamiento			
HSD	T1	T2	0.2800*	0.08956	0.038
Tukey		T3	-0.0650	0.08956	0.885
		T4	0.2800*	0.08956	0.038

HDS= Diferencia honesta significativa, Sig= significancia, T= tratamientos.

La Tabla 1 muestra las medias para los indicadores químicos, los valores tienen diferencias altamente significativas para MO y N y se observa incrementos de acuerdo a los tratamientos para la MO de 1.570 (T2 y T4) a 1.915% (T3), y el nitrógeno de 0.092 (T1) a 0.095% (T3); los demás indicadores no mostraron diferencias respecto a los tratamientos aplicados, sin embargo, hay una tendencia de incremento en K de 94.747 (T4) a 108.705 ppm (T2); Ca de 4.517 (T1) a

4.727 Cmol kg⁻¹ (T4) y Mg de 1.965 (T1) a 2.145 Cmol kg⁻¹ (T4). Los valores en general corresponden a un suelo ácido de baja calidad.

Al respecto, los microorganismos eficientes, mejoran las condiciones químicas del suelo (Luna y Mesa, 2016) y los procesos microbiológicos desempeñan un papel importante en el desarrollo de la fertilidad del suelo y en la nutrición de las plantas (Nikolaevich y Borisovich, 2019; Van Wyk et al., 2017). Por ello, Su aplicación en suelos, permite mejorar las propiedades químicas, aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, la materia orgánica, así como el pH del suelo (Díaz et al., 2009).

Moya (2012) y Arias (2010) señalan que los efectos benéficos generales de la aplicación de los EM mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical. Además, los microorganismos efectivos inoculado al suelo aceleran la descomposición de los desechos orgánicos (Suquilanda, 1995 citado por Haro (2013) y exhiben efectos complementarios y sinérgicos con la fertilización mineral son altamente compatibles

con los insumos minerales, con impactos positivos en la absorción de minerales de las plantas (Bargaz et al., 2018).

Los resultados muestran diferencias significativas para la MO y N; este comportamiento ha sido señalados por otros estudios, entre ellos, Cónedor et al. (2007) describe un experimento realizado en un huerto de cítricos brasileños en el que se encontró incrementos de la materia orgánica en niveles significativos a profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, argumenta a la capacidad del EM para formar humus a partir de un mantillo de hierba, también encontró incremento en el pH y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Ruiz (2011) en el caserío Los Milagros, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, encontró que la aplicación de EM incrementó la materia orgánica, pH, nitrógeno, potasio y fósforo.

Los resultados del trabajo (Tabla 1 y Figura 2) muestran una ligera tendencia de incremento para los indicadores K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , que estadísticamente no son significativas. Sin embargo, este comportamiento es verificado por otros autores. Holečková et al. (2018) aplicando microorganismos activos del género *Pseudomonas*, aumentó significativamente los contenidos de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^+ y S del suelo en maíz. Diaz et al. (2009) determinaron la acción positiva de los EM sobre la capacidad de intercambio catiónico (CIC) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. Torres (2006) evaluó la recuperación de un suelo con acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), por medio de micorrizas vesículo arbusculares y EM, encontró concentraciones apreciables de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ ; el pH no presentó alteraciones. Por tanto, los resultados encontrados son coherentes con las referencias y nos indican en periodos cortos el gran potencial que pueden tener los EM en los diferentes indicadores químicos del suelo, frente a una aplicación de mediano a largo plazo.

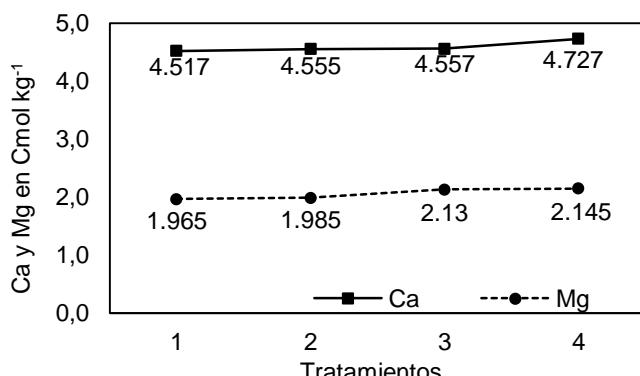


Figura 02. Comportamiento del Ca y Mg en los tratamientos evaluados.

En el caso del potasio se produjo un incremento para el T2 con 108.705 ppm y luego decreció a medida que la dosis de EM aumenta con 95.195 ppm para el T3 y 94.747 ppm para el T4, el valor del potasio para el T1 fue 96.435 ppm. Se puede explicar este comportamiento primero, teniendo en cuenta la dosis de EM aplicado, que coincide con los resultados de Diaz et al. (2009) quienes encontraron mejor respuesta en dosis de 5%, mejorando el incremento de la CIC en el que el K^+ forma parte. Además, en el caso de las bases como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ son parte de los minerales que los microorganismos y las plantas lo requiere para su desarrollo (Coyne, 2000), por lo que su liberación rápida por un exceso de aplicación de EM podría verse como contrario a los intereses agrícolas, por ello es importante evaluar la cantidad de EM que se tiene que aplicar.

EM y los microorganismos del suelo

En la Tabla 3, se muestra las medias, su desviación estándar y la significancia de los diferentes tratamientos e indicadores microbiológicos evaluados, el cual no presentan diferencias estadísticas significativas, con una población media de bacterias fototróficas de 57000 (T4) a 107750 UFC g⁻¹ suelo (T1); Actinomicetos de 27000 (T1) a 63500 UFC g⁻¹ suelo (T3) y Fungi de 3250 (T4) a 8750 UFC g⁻¹ suelo (T2) estos valores equivalen a una población de 104 para bacterias y actinomicetos y 103 para hongos; donde, las bacterias tienden a disminuir a medida que la dosis de EM aumentan, presumiblemente por efectos de competencia causado por los diferentes grupos que contiene el EM. Sin embargo, los actinomicetos y hongos muestran un incremento con T2 (10% de EM) y T3 (20% de EM) y luego tiende a disminuir T4 (con 30% de EM). Este resultado corresponde a una baja población microbiana. Según Otero (2011) y Coyne (2000), en un suelo fértil la población de bacterias varía de 108-1010, los actinomicetos de 106-108 y los hongos de 104-106 UFC g⁻¹ de suelo.

Tabla 3. Principales grupos microbianos evaluados.

Indicadores	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Bacterias fototróficas UFC g ⁻¹	107750±98591	58000±13366	64500±29949	57000±26495	287447916	0.510
Actinomicetos UFC g ⁻¹	27000±13490	42500±42649	63500±33171	23750±16820	846062500	0.251
Fungi UFC g ⁻¹	5750±5123	8750±8341	7750±8732	3250±5251	49916666	0.707

SEM= Error estándar de la media, Sig= Significancia, T= Tratamientos.

Los resultados muestran que altas concentraciones de aplicación alteran la población de los diferentes grupos, aunque no muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados, si bien, las referencias señalan que los EM son una combinación de grupos microbianos, sin embargo, su aplicación en el suelo no se traduce en incrementos significativos. Al respecto, Terry et al. (2005), al evaluar la efectividad agro biológica de *Azospirillum* sp, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del tomate, en la provincia de La Habana, obtuvo incremento del nivel poblacional en la rizosfera de las plantas inoculadas; también, Ruiz (2011) determinó la influencia de microorganismos del bocashi en las características de los suelos de cultivo de cacao, en el caserío Los Milagros-Leoncio Prado, concluyendo que los microorganismos del bocashi estimularon el crecimiento microbiano en el suelo. Por lo tanto, estas referencias evidencian que no se producen incrementos estadísticamente significativos, lo que ocurre es que los EM crean un equilibrio entre diferentes grupos microbianos, recuperando la estructura microbiológica del suelo afectando de manera directa en la calidad del suelo, situación que se observa en esta investigación.

CONCLUSIONES

La aplicación de EM tuvo efectos sobre los indicadores químicos del suelo, muestra diferencias altamente significativas para MO y N, los demás indicadores no mostraron diferencias respecto a los tratamientos aplicados, observándose ligera tendencia de incremento para los indicadores K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺, que estadísticamente no son significativas.

Los indicadores microbiológicos evaluados, no presentan diferencias estadísticas significativas, estos valores equivalen a una población de 104 para bacterias y actinomicetos y 103 para hongos, en donde, las bacterias tienden a disminuir a medida que la dosis de EM aumenta, los actinomicetos y hongos muestran un incremento con T2 (5% de EM) y T3 (10% de EM) para luego disminuir T4 (con 15% de EM). En general el suelo presenta una baja población microbiana.

La aplicación de EM al suelo muestra un gran potencial para mejorar la calidad del suelo, pues en 6 meses de evaluación con aplicaciones mensuales (periodo corto) en este trabajo se aprecia diferencias en la MO y N, y un incremento sostenido de bases cambiables (K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺), indicadores muy importantes en la calidad del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

Arévalo, G. 2014. Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Disponible en
<file:///C:/Users/Usuario/Desktop/paucar/Arevalo%20dina%20calidad%20suelo%20caca.pdf>.

Akhtar, N.; Naveed, M.; Khalid, M.; Ahmad, N., Rizwan, M. and Siddique, S. 2018. Effect of bacterial consortia on growth and yield of maize grown in Fusarium infested soil. *Soil and Environment*, 37(1), 35–44. <https://doi.org/10.25252/SE/18/872>.

Argüello, N. A.; Madiedo S. N.; Moreno R. L. 2016. Cuantificación de bacterias diazotrofas aisladas de suelos cacaoteros (*Theobroma cacao* L.), por la técnica de Número Más Probable (NMP) *Rev. Colomb. Biotecnol.*, 18(2), 40-47. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.47678>

Arias, H. A. 2010. Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de ciencia e ingeniería*, 2(2), 42–45.

Baldani, V. 2007. Aislamiento, colonización e identificación de bacterias diazotróficas en plantas de arroz (*Oryza sativa*). En: Segundo curso internacional microorganismos promotores del crecimiento vegetal: rizobacterias y solubilizadores o movilizadores de fosfatos. Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia–IBUN

- Bargaz, A.; Lyamloui K.; Chtouki M.; Zeroual Y.; Dhiba D. 2018. Soil Microbial Resources for Improving Fertilizers Efficiency in an Integrated Plant Nutrient Management System. *Front. Microbiol.* 9(1), Article 1606. Disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.01606/full>
- Bazán, T. R. 2017. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Universidad Nacional Agraria la Molina, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima Perú. 92 p. Disponible en http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/BazanManual_de_procedimientos_de_los.pdf.
- Burés. A 1997. Sustratos. 1 edición, Madrid, España, Agro técnicas S.L. 280 p.
- Cóndor, G.A.; González P. P.; Lokare, C. 2007. Effective Microorganisms: Myth or reality?. *Rev. peru. biol.* 14(2), 315-319. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v14n2/a26v14n02>.
- Coyne, M. 2000. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo ITP an Intemational Thomson Publishing Company. Madrid España. 416 p.
- Díaz, O.; Montero, D.; Lagos, J. 2009. Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. *Revista Colombia Forestal*, 12(1), 141-160.
- Fundación de Asesorías Para el Sector Rural Ciudad De Dios-FUNDASES. 2008. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. Ciudad de Dios (Colombia).
- Gimeno, J. 2011. Microorganismos efectivos: ¿una panacea o una realidad? Ecomaria.com. Disponible en <http://ecomaria.com/blog/microorganismos-efectivos%C2%BFuna-panacea-o-una-realidad/>
- González, J. Y. T. 2010. Los actinomicetos: Una visión como promotores de crecimiento vegetal. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8665/tesis618.pdf;sequence=1>
- Haro, R. 2013. Aplicación de Biol enriquecido con microorganismos eficientes para la producción limpia de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) híbrido Legacy. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 140 p.
- Holdridge, R. L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José- Costa Rica. Quinta reimpresión.
- Holečková, Z.; Kulhánek, M.; Hakl J.; Balík, J. 2018. Use of active microorganisms of the *Pseudomonas* genus during cultivation of maize in field conditions. *Plant Soil Environ.*, 64(1), 26–31. <https://doi.org/10.17221/725/2017-PSE>.
- Luna, F. M.; Mesa, R. J. R. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*. Vol. 4 (02): 31-40. Disponible en <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>.
- Merino, M. E.G. 2013. Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN- 51. Tesis de grado. Facultad de Agronomía-Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.
- Meza, C. 2010. Percepción ambiental de los paisajes y sus potencialidades: provincia de Huamalíes. *Investigaciones sociales*, 14(25), 47 – 62.
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. 2016. Estudio del CACAO en el Perú y en el Mundo; Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. MINAGRI-DGPA-DEEIA. Disponible en <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2016?download=10169:estudio-del-cacao-en-el-peru-y-en-el-mundo>.
- Moya, J.C. 2012. Cómo hacer microorganismos eficientes. Ministerio de agricultura y ganadería dirección regional central occidental. Disponible en <http://fundases.com/p/solbac.html>.
- Nikolaevich, L. F.; Borisovich, V. D. 2019. Microbiota's response to natural-anthropogenic changes in moisture in a trans-zonal aspect: A case study for the south part

of East European Plain. *Soil Environ.* 38(1): 21-30. <https://doi.org/10.25252/SE/19/71769>.

Otero, J. V. 2011. Aislamiento, Selección e Identificación de Actinomicetos, Bacterias Fotosintéticas No Sulfuroosas y Bacterias Ácido Lácticas con Potencial Biofertilizante, a Partir de Suelos Asociados al Cultivo de Plátano en la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/5324/1/vanessaoterojimenez.2011.pdf>.

Pulgar, V. J. 2014. Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis* (Nova Série) 3: 1-20. <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>.

Ruiz, C. S. J. 2011. Influencia de microorganismos sobre características fisicoquímicas de los suelos de cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en Tingo María. Tesis de grado. Maestría en Agroecología-Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.

Terry, A. E.; Leyva, A.; Hernández, A. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) Rev. Colomb. Biotecnol 7(2), 47-54. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77670207>

Torres, G.; Silva, X. 2006. Evaluación del efecto que tienen los EM (Microorganismos Eficientes) en las Micorrizas para la recuperación de suelos intervenidos del área de Mondoñedo. Tesis de grado. Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.

Toalombo, I. R. M. 2012. Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Agronómica-Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Van Wyk, D.A.; Adeleke, R.; Rhode, O.H.; Bezuidenhout, C.C.; Mienie C. 2017. Ecological guild and enzyme activities of rhizosphere soil microbial communities associated with Bt-maize cultivation under field conditions in North West Province of South Africa. *Journal of Basic Microbiology* 57(9): 781-792.

Zúñiga, E. O.; Osorio, S. J. C.; Cuero, G. R.; Peña, O. J. 2011. Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, 64(1), 5769-5779. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26378>

Artículo recibido en: 8 de septiembre 2019

Aceptado en: 20 de diciembre 2019