

Evaluación de microbiomas en suelos agrícolas erosionadas en la zona CEDEGE, Cantón Babahoyo.

*Evaluation of microbiomes in eroded agricultural soils in the CEDEGE
area, Babahoyo Canton.*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18625706>

Eduardo Colina Navarrete ¹

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador



<https://orcid.org/0000-0002-9739-9235>

ncolina@utb.edu.ec

Álvaro Saucedo Aguiar ²

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo



<https://orcid.org/0009-0002-5636-4164>

asaucedo@istb.edu.ec

Luis Camacho Bustamante ³

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo



<https://orcid.org/0009-0009-1091-3819>

lcamacho@istb.edu.ec

Deivi Carrera Coloma ⁴

Instituto Superior Tecnológico Babahoyo



<https://orcid.org/0009-0000-5817-8766>

deivicarrera0@gmail.com

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: ncolina@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 15/04/2025

Fecha de aceptación: 24/06/2025

RESUMEN

Los suelos son un recursos valiosos y limitados, y su importancia radica en que son esenciales para el mantenimiento de la biosfera y la regulación del clima. Realizan importantes funciones como sustentos de las producciones agrícolas y ganaderas o almacenamientos de carbono. La zona de CEDEGE en el Cantón Babahoyo ha experimentado un proceso de erosión del suelo en áreas agrícolas, lo que podría tener impactos significativos en las propiedades biológicas de dichos suelos. El objetivo

principal del trabajo de investigación es determinar el microbioma de suelos agrícolas erosionados en la zona CEDEGE, cantón Babahoyo. Para el desarrollo del trabajo investigativo han sido determinadas un conjunto de variables que lograrán establecer el efecto que tiene la erosión sobre las poblaciones de microorganismo de suelos en la zona de estudio. Para el proceso de toma de muestras se establecerán 30 predios agrícolas dentro de la zona del Proyecto CEDEGE-Babahoyo, estos deberán tener como requisito primordial la siembra de cultivos de ciclo corto. Las variables evaluadas fueron: Microbiota (identificación de la diversidad de hongos y bacterias mediante cultivos en cajas Petri) y Cálculo de la abundancia de bacterias y hongos. La cuantificación de microorganismos como: bacterias, hongos, actinomiceto, celulolíticos-levaduras, fijadores de nitrógeno (FBN) y solubizadores de fósforo (SF), se presentó en todas las fincas muestreadas en mayor o menor medida. Los géneros de hongos encontrados en las muestras de los suelos compactados fueron *Phythoptora* y *Phytium*, en los géneros de bacterias reportados fueron *Pseudomonas* y *Bacillus*.

Palabras clave: Pérdida de productividad, hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras.

ABSTRACT

Soil is valuable and has limited resources, and their importance lies in the fact that they are essential for the maintenance of the biosphere and the regulation of the climate. They perform important functions such as supporting agricultural and livestock production or storing carbon. The CEDEGE area in the Babahoyo Canton has experienced a process of soil erosion in agricultural areas, which could have significant impacts on the biological properties of said soils. The main objective of the research work is to determine the microbiome of eroded agricultural soils in the CEDEGE area, Babahoyo canton. For the development of investigative work, a set of variables have been determined that will establish the effect that erosion has on the populations of soil microorganisms in the study area. For the sampling process, 30 agricultural properties will be established within the CEDEGE-Babahoyo Project area; these must have as a primary requirement the planting of short-cycle crops. The variables evaluated were Microbiota (Determination of the diversity of fungi and bacteria through cultures in Petri dishes) and Determination of microorganism diversity through metagenomics. The quantification of microorganisms such as bacteria, fungi, actinomycete, cellulolytic-yeasts, nitrogen fixers (FBN) and phosphorus solubilizers (SF), was present in all the sampled farms to a greater or lesser

extent. The fungal genera found in the compacted soil samples were *Phytophthora* and *Phytium*, and the bacterial genera reported were *Pseudomonas* and *Bacillus*.

Keywords: Loss of productivity, Fungi, Bacteria, Actinomycetes, Yeasts.

INTRODUCCIÓN

Los suelos son unos de los recursos valiosos y limitados, y una de las importancias radica en que son esenciales para unos el mantenimiento de la biosfera y las regulaciones de los climas. Realizan unas importancias funciones como unos de los sustentos de las producciones agrícolas y ganadería o almacenamientos de carbonos. Unas de las diferencias de los tipos de lo suelos en general, están compuestos en más de un 90% de materia mineral, mientras que el resto es materia orgánica, siendo la mayoría de estos tipos hongos, algas, bacterias y actinos bacterias, que realizan importantes funciones como renovar las reservas de los nutrientes de los suelos, es decir, conservar su fertilidad (Borras 2017).

En las zonas de CEDEGE en el cantón Babahoyo se ha demostrado unos de los procesos de erosión de los suelos en las áreas agrícolas, lo que podría tener unos de los impactos significativos en unas de las propiedades biológicas de los dichos suelos. Las degradaciones de los suelos, especialmente las pérdidas de las capas fértiles y las exportaciones a unos de los factores erosivos, que pueden afectar negativamente las actividades biológicas y otros cruciales para que la salud y productividad del suelo.

Una de las evaluaciones del estado estructural se realizó mediante el método del perfil cultural, el cual consiste en la descripción morfológica de las estructuras en sus distintos niveles de organización. Estas descripciones se basan en la zonificación de la variabilidad estructural, observada principalmente en el estado interno del terreno. Dicho estado se define a través de la porosidad visible y la forma en que los componentes se agrupan y asocian, integrando los conceptos de porosidad estructural y textural (INTA, 2005).

La aptitud y el papel medioambiental del suelo pueden determinarse mediante el análisis de su perfil. Este proceso incluye el estudio de las propiedades fisicoquímicas de sus horizontes, así como de las condiciones externas, principalmente el relieve y los regímenes térmicos e hídricos (Bautista et al. 2005).

El estudio del comportamiento de los suelos expansivos requiere un análisis profundo de la variabilidad en sus estados de esfuerzos. El potencial expansivo de estos suelos no se manifiesta de forma crítica cuando el material permanece en un estado de saturación constante. Por el contrario, los cambios volumétricos más significativos ocurren durante las variaciones en el contenido de humedad, específicamente cuando el suelo se encuentra en un estado parcialmente saturado. En este rango, las fuerzas de succión mátrica actúan sobre la estructura mineral (especialmente en arcillas del grupo de las esmectitas), provocando la expansión o contracción del terreno ante cualquier desequilibrio hídrico (Meza 2012).

Los suelos son unos de los recursos viviente y dinámico que están en las condiciones de las producciones de alimentos. Una de sus cualidades tiene un papel fundamental que se mantiene el balance entre las producciones y su consumo de dióxido de carbono en la biosfera. Las actividades microbianas del suelo o edáfica da cuenta de las relaciones bioquímicas que se suceden dentro de este complejo y heterogéneo sistema. En sus ecosistemas unas de las prontas respuestas son los procesos microbianos y de sus estructuras de las comunidades a las alteraciones físicas, químicas y biológicas que estas se pueden constituir con un aspecto central de la calidad del suelo (Salamone y Eugenia 2011).

Los mismos autores mencionan que en las hiperdensidad e hiperdiversidad estos dos son los aspectos fundamentales que caracterizan a las microbianas de los suelos. Unas de las cantidades del microorganismo en un gramo de suelo pueden variar entre 10^7 y 10^9 células, tanto que algunas estimaciones se pueden indicar las posibilidades de que se hayan al menos 10^4 especies microbianas distintas por gramo de suelo. Las biodiversidades es unas de las propiedades que puede condicionar las capacidades de la recuperación del sistema edáfico de una alteración y que le asegura una estabilidad funcional.

Los actinomicetos exhiben una elevada actividad metabólica y tienen la capacidad de descomponer la materia orgánica tanto vegetal como animal. Además, producen sideróforos, sustancias que promueven el crecimiento vegetal en condiciones de laboratorio, y contribuyen a la asimilación del hierro en la fijación de nitrógeno, lo cual

tiene un impacto indirecto en el estímulo del crecimiento de las plantas (Dávila Medina et al. 2013).

Los actinomicetos constituyen un grupo omnipresente de microorganismos que se encuentran ampliamente distribuidos en diversos ecosistemas naturales. Su papel es crucial en la descomposición de la materia orgánica y poseen características fisiológicas distintivas que los destacan. Inicialmente, se clasificaron entre los hongos debido a similitudes en su morfología y desarrollo, incluyendo la presencia de un micelio verdadero, lo que les valió la denominación de "hongos radiados". No obstante, en la actualidad, su clasificación como bacterias se sostiene sólidamente debido a su naturaleza procariota (Franco Correa 2009).

Las bacterias del suelo se dividen en dos grupos principales especies nativas o autóctonas: mantienen una presencia constante en el suelo, con excepción de las 'zimógenas' de Winogradsky, que proliferan cuando se añade un sustrato específico. Una clasificación importante desde el punto de vista agronómico agrupa a las bacterias del suelo según sus funciones. Bacterias amonificadoras: descomponen sustancias orgánicas nitrogenadas convirtiéndolas en amonio o sales amoniacaes. Bacterias nitrificadoras: oxidan el amoníaco hasta nitrato (Silvia y Cecilia 2024).

Los microorganismos conocidos como hongos solubilizadores de fosfato (HSF) desempeñan un papel esencial en el proceso de reciclaje de fósforo en los suelos. Su actividad facilita que las plantas puedan utilizar las considerables reservas de fósforo insoluble que se encuentran adheridas a los minerales del suelo, lo que resulta en una disminución de la necesidad de aplicar fertilizantes fosforados en el suelo (Pineda 2014).

Las investigaciones el impacto del uso del suelo en las poblaciones de hongos solubilizadores de fosfato y bacterias fijadoras biológicas de nitrógeno mediante el aislamiento y caracterización de especies en cuatro condiciones de uso distintas: cultivos de papa 'Parda Pastusa', cultivo de papa 'Pastusa Suprema', suelos cultivados con papa actualmente en descanso y suelos de bosque. En, prevalecieron especies de los géneros *Circinella*, *Mucor* y *Zygorrhynchus*, indicando la selección de hongos por el uso del suelo. En las BFN, se confirmó el efecto significativo de la condición de uso del suelo en los recuentos poblacionales (Moratto et al. 2005).

En este estudio, se logró aislar 43 cepas de hongos con capacidad para solubilizar fosfato a partir de la rizósfera de cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) en el páramo de Rabanal. Tras evaluar tanto cualitativa como cuantitativamente la capacidad solubilizadora de fosfato de los aislamientos, se identificaron dos cepas fúngicas con potencial biofertilizante, pertenecientes a los géneros *Scopulariopsis* sp. y *Penicillium* sp. Estas cepas podrían servir como base para desarrollar biofertilizantes. La aplicación de estos insumos en el suelo se considera una estrategia de fertilización sostenible que contribuye a mitigar la contaminación en áreas críticas como los páramos (Pineda 2014).

El estudio de los microorganismos que utilizan celulosa como sustrato resulta intrigante debido a la importancia de este compuesto como componente de los restos vegetales que se integran al suelo. En la mayoría de los entornos naturales, la celulosa está protegida físicamente contra la descomposición, siendo la lignina el principal obstáculo para el ataque fúngico en los residuos vegetales. La evaluación de la diversidad microbiológica en el suelo no debe limitarse solo a la cuantificación e identificación de los organismos involucrados; es igualmente crucial investigar su papel funcional para comprender la relevancia de la biodiversidad (Martínez et al. 2001).

Los inóculos que comprenden bacterias y hongos filamentosos desempeñan un papel significativo en la reducción del tiempo necesario para la formación y maduración del compost. Estos inóculos se utilizan para agilizar el proceso de transformación de residuos orgánicos fibrosos, incluyendo la celulosa. Los resultados indicaron que las pilas inoculadas lograron alcanzar estabilidad y madurez del compost en un tiempo inferior en comparación con los tratamientos que no fueron inoculados (Guzmán Cedeño et al. 2014).

En la mayoría de los países en desarrollo, el potencial industrial de los microorganismos celulolíticos ha pasado desapercibido, y a pesar de la gravedad de los problemas ambientales, la investigación relacionada con estos microorganismos ha tenido escasa atención en la transformación de residuos orgánicos en compost. El objetivo principal de este estudio fue aislar bacterias celulolíticas de tres hábitats tropicales, evaluar su capacidad para degradar la celulosa e identificar aquellas con mayor eficacia en este proceso. La relevancia de esta información se centra en determinar si la capacidad de las

bacterias celulolíticas en hábitats tropicales es similar a la observada en las regiones templadas (Viteri et al. 2015).

Los microorganismos con capacidad para descomponer la celulosa incluyen principalmente hongos y bacterias. Estos organismos son conocidos por su habilidad para producir no solo celulasas, sino también enzimas como amilasas, proteasas y peptidasas, entre otras, lo que facilita el reciclaje de material orgánico en el suelo. La hidrólisis de la celulosa se lleva a cabo mediante un complejo enzimático conocido como celulasas, que se compone principalmente de tres enzimas: endoglucanasas, exoglucanasas y β -glucosidasas (Guzmán Cedeño et al. 2014).

El suelo constituye un entorno complejo que proporciona una amplia diversidad de microhábitats para la variada biodiversidad microbiana, incluyendo virus, bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoos. Entre estos microorganismos, las bacterias y los hongos son los más investigados en comparación con otras comunidades microbianas. En áreas áridas, son comunes los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, y se han identificado géneros como *Metarhizium* y *Beauveria* en la sierra central de La Paz (Pacasa-Quisbert 2017).

Los hongos tienen la capacidad de constituir hasta el 50% de la población microbiana total. La configuración de la comunidad fúngica está directamente vinculada al entorno del suelo en el que se desarrollan. Las principales influencias internas que afectan a la comunidad de hongos incluyen el nivel y tipo de materia orgánica, el pH, la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, la cantidad de humedad, la aireación, las variaciones de temperatura y la composición de la vegetación, tanto nativa como cultivada (Barrios et al. 2024).

La presencia más significativa de hongos se observa en las capas superficiales o horizontes del suelo, donde las condiciones microclimáticas, ambientales y la disponibilidad de recursos nutricionales favorecen su desarrollo y crecimiento. Sin embargo, su presencia es limitada debido a factores como la compactación del suelo, prácticas agrícolas convencionales y la aplicación de sustancias químicas (Pacasa-Quisbert 2017).

Los hongos forman la segunda categoría, junto con las bacterias, de los dos principales grupos de microorganismos que habitan en el suelo. Las especies de hongos presentes en el suelo exhiben una amplia diversidad en cuanto a sus requerimientos de sustratos carbonados, abarcando desde aquellos que utilizan hidratos de carbono, alcoholes y ácidos orgánicos simples hasta aquellos capaces de descomponer compuestos polimerizados como la celulosa y la lignina. Los hongos saprófitos comunes en el suelo tienen la capacidad de transformar eficientemente sustratos del suelo en tejidos microbianos (Barrios et al. 2024).

La mayoría de los hongos presentes en el suelo son saprófitos, lo que implica que obtienen sus nutrientes a partir de materiales orgánicos inertes como restos de plantas y animales. Junto con las bacterias y la macrofauna, los hongos saprófitos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica. A través de este proceso, no solo contribuyen significativamente a la emisión de CO₂ a la atmósfera y eliminan residuos de los ecosistemas, sino que también fomentan el reciclaje de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Esto se logra mediante la liberación al suelo de moléculas que las raíces pueden absorber e incorporar a su metabolismo vegetal (Heredia Abarca y Mota 2008).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que forman simbiosis con la mayoría de las plantas terrestres, desempeñan un papel crucial en la agregación del suelo. Sin embargo, existe un debate sobre si los agregados del suelo dependen principalmente de las hifas fúngicas que entrelazan partículas o de la exudación de sustancias orgánicas, como la glomalina. Esta revisión también aborda la cuestión de si la glomalina desempeña actualmente un papel primordial en la agregación del suelo o si es simplemente un subproducto de la función fisiológica del hongo (Morell et al. 2009).

En lo que respecta a los hongos simbioses, las especies que establecen micorrizas (asociaciones entre ciertos hongos y las raíces de las plantas) ejercen una notable influencia tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas. Las micorrizas están presentes en aproximadamente el 90 % de las plantas terrestres, y se pueden distinguir siete tipos según su morfología y fisiología. Entre estos, las formas arbusculares o endomicorrizas son las más ampliamente distribuidas, siendo así las de mayor impacto tanto en la naturaleza como en la agricultura (Heredia Abarca y Mota 2008).

Los cambios globales afectan a todas las regiones del planeta, especialmente en las zonas tropicales. En los suelos tropicales, los procesos de transformación debidos al cambio de uso de la tierra y la explotación agrícola conducen a la degradación del suelo, la ruptura de agregados y la pérdida de su estructura. Los hongos micorrízicos arbusculares desempeñan un papel importante en la formación de agregados estables y la estructura del suelo a través de diversos mecanismos (Morell et al. 2009).

Los hongos tienen la habilidad de aprovechar una amplia variedad de fuentes de carbono, desde azúcares simples como la hexosa o la pentosa, hasta moléculas más complejas y difíciles de degradar, como ácidos orgánicos, disacáridos, almidón, pectina, celulosa, grasas y lignina. Esta última molécula es especialmente resistente a la descomposición bacteriana. En cuanto al nitrógeno que utilizan, proviene principalmente del amonio o el nitrato, aunque también pueden aprovechar proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados.

Los suelos minerales generalmente no son un medio propicio para el crecimiento de los hongos debido a las concentraciones muy bajas de sustratos disponibles. Además, las condiciones del entorno se vuelven más adversas debido al antagonismo de otros microorganismos presentes en el suelo. Muchas especies fúngicas son oligotróficas en estas condiciones y desarrollan hifas muy delgadas que utilizan las diversas fuentes de carbono orgánico de baja concentración presentes en la solución del suelo (Fracchia 2002).

Los suelos están siendo cada vez más impactados por diversas actividades humanas, de carácter agrícola, industrial, lo que frecuentemente resulta en su degradación y pérdida de funciones, por tal motivo, la degradación del mismo es consecuencia de múltiples amenazas derivadas de dichas actividades, entre las cuales se destacan: erosión, pérdida de materia orgánica, contaminación, impermeabilización, producto de construcción, compactación (pastoreo y uso intensivo de maquinaria pesada), reducción de la biodiversidad, salinización, inundaciones, etc (Núñez et al., 2020).

Los suelos del área estudiada presentan diversos grados de compactación, con Cedral-1, Almesa y 2-Puentes clasificados como moderadamente compactados, mientras que

Rodríguez y Valle Verde tienen compactación leve. En cuanto a, términos de erosión, Valle-Verde y Cedral-1 muestran poca o ninguna erosión, mientras que 2-Puentes, Almesa y Rodríguez presentaron erosión moderada, la coloración del suelo sugiere una disminución en su capacidad productiva debido a la compactación (Sánchez Pisco et al, 2024).

Los objetivos trazados para la investigación fueron: establecer la concentración del microbiota de suelos de la zona de estudio e identificar el microbioma presente en los suelos de la zona mediante métodos cuantitativos.

DESARROLLO

Al tratarse de un trabajo de campo-laboratorio por muestreo probabilístico, no se establecieron tratamientos de aplicación. Sin embargo, para el proceso de toma de muestras se escogieron 30 predios agrícolas dentro de la zona del Proyecto CEDEGE Babahoyo, estos tuvieron como requisito primordial la siembra de cultivos de ciclo corto en la época o antes.

Determinación de la diversidad de hongos y bacterias mediante cultivos en cajas Petri.

Aislamiento primario

El aislamiento primario se realizó mediante el método de siembra profunda o siembra en masa (permite homogenizar el medio de cultivo con las diluciones de microorganismos), en cuatro medios de cultivo (PDA y PDA nutritivo para hongos; Agar Nutriente y B de King para bacterias) con dos repeticiones en cada uno. Una vez preparados los medios de cultivo, se procederá a pesar 10 gramos de suelo de cada muestra y mezclar con 90 mL de agua destilada estéril. Se realizaron diluciones seriadas hasta 104 y 105 para hongos y bacterias respectivamente.

Se tomó 1 mL de la dilución 104 y 0,1 mL de la dilución 105, las cuales se colocaron en el fondo de cajas Petri esterilizadas, posteriormente se agregó los respectivos medios de cultivo en estado líquido aún calientes (45°C) y se homogenizará. Finalmente, una vez que los cultivos se solidifiquen, se dejó incubando por tres días a 30°C (bacterias) y por siete días a 25°C (hongos).

Conteo de las Unidades formadoras de colonias (UFC's)

El conteo de las UFC's se llevó a cabo después de la incubación en cada una de las cajas Petri sembradas, tanto de hongos como de bacterias. Las colonias con características similares fueron contadas por separado para poder determinar su abundancia (Madigan et al. 2011). Para determinar el número de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC's g-1), se utilizará la siguiente fórmula de conteo en placas (Mueller et al. 2004).

$$UFC's \times g-1 = (\text{Numero de colonias contadas} / 1 \text{ gramo de suelo}) \times \text{Dilución}$$

Clarificación y purificación.

La clarificación y purificación se realizó solo para hongos. Para ello se tomó de cada caja Petri el mayor número de colonias de hongos dependiendo de las características de color y forma. Con la ayuda de una aguja de disección se tomó de la parte más joven (borde de la colonia) un segmento de micelio el cual fue colocado en una nueva caja Petri con medio de cultivo PDA, se dejó incubar de 5 a 7 días a una temperatura de 25°C.

Descripción macroscópica de las colonias de hongos

La descripción de las características macroscópicas de las colonias se llevó a cabo según Watanabe (2010), a los siete días después de la incubación, de acuerdo con las características del cultivo tales como: textura, color de la superficie y contorno de la colonia, forma de la colonia, color de la parte interior, media y borde de la colonia.

Identificación de los posibles géneros de hongos aislados

La identificación taxonómica, de los posibles géneros de hongos, se realizó mediante las características microscópicas, utilizando las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998), Kirk et al. (2008), Watanabe (2010) y Samson et al. (2014).

Cálculo de la abundancia de bacterias y hongos

Con los datos de UFS's, solo se calculó la abundancia de bacterias y hongos, para lo cual se promedió las repeticiones de cada muestra y se generó gráficos de barras para la interpretación utilizando el software infoStat 2018.

CONCLUSIONES

Descripción macroscópica de las colonias de hongos

En textura de la colonia se encontraron cuatro formaciones: algodonosa, polvorienta, lanosa y filamentosa. La formación algodonosa fue más visible en los sectores de Campoverde y Playas; por lo contrario, la forma polvorienta se encontró en Cedral 1 y El Volante, además la textura filamentosa fue reportada en sector La Rodríguez y en Cedral 2 textura lanosa (Figura 1). Cabe indicar que no se reportaron datos para dos fincas en El Volante finca 3 y Silos finca 2, por cuanto no se produjo incubación.

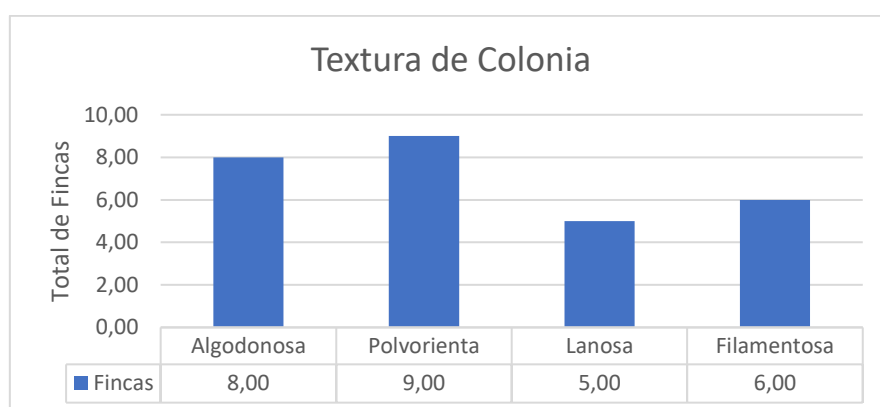


Figura 1. Textura de colonia microbiana en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2025.

En color de la superficie y contorno de la colonia (Figura 2) se observan cuatro tonalidades, gris pálido presente en Campoverde (fincas 1-2-3), Cedral 1 (fincas 3-5), Cedral 2 (fincas 2-3-4), La Rodríguez (fincas 3-4-5), Playas (fincas 1-3), El Volante (fincas 1-5) y Silos (finca 1). La tonalidad amarilla solo se presentó en el sector El Volante finca 2, mientras que el color café en Campoverde (finca 5, figura 4), Cedral 1 (finca 4), Cedral 2 (finca 1) y el Volante (finca 4). En el caso de la tonalidad verde claro fue visible en las muestras provenientes de Campoverde (finca 4), Cedral 1 (finca 1-2), Cedral 2 (finca 5), La Rodríguez (fincas 1-2) y Playas (finca 2).

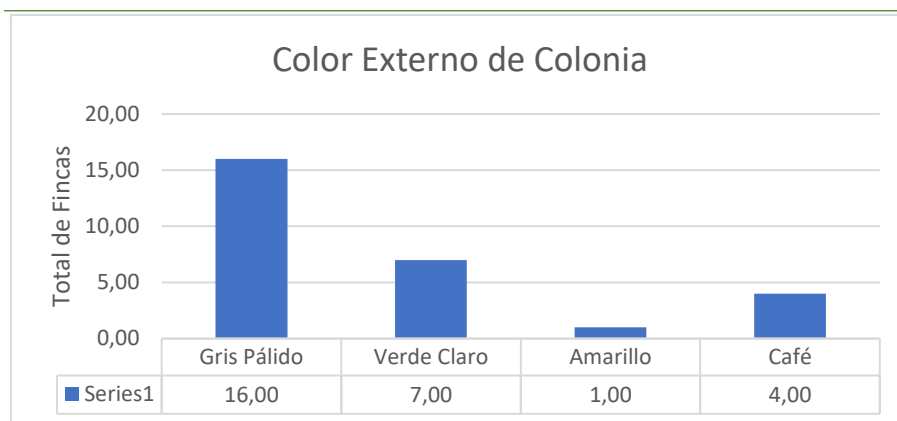


Figura 2. Color de superficie de colonia microbiana en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2025.

Las formas de colonias (Figura 3) presenta alta diversidad siendo la colonia tipo circular la que mayor presencia tuvo como las encontradas en: Campoverde (fincas 1-2-5), Cedral 1 (fincas 1-2-3-4), Cedral 2 (fincas 1-4-5) y La Rodríguez (fincas 1-2-3-4-5). La forma circular irregular fue descrita en Campoverde (fincas 3-4), Cedral 1 (finca 5), Cedral 2 (fincas 2-3) y El Volante (fincas 4-5). La forma de colonia circular aterciopelado (figura 5) fue encontrada en Playas (fincas 1-2-3), la forma irregular en El Volante (fincas 1-2) y ovalada en Silos (finca 1).

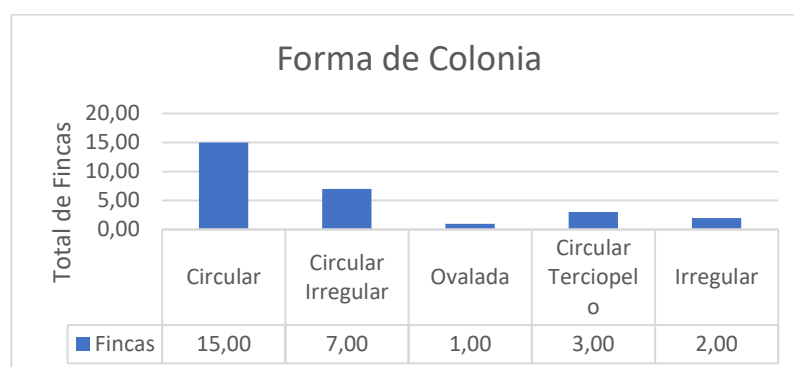


Figura 3. Forma de colonia microbiana en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2025.



Fig 3.1. Forma Circular terciopelo en colonias Cedege, Babahoyo, 2024.



Fig 3.2. Forma irregular en colonias Cedege, Babahoyo, 2024.

En color de la parte interior, media y borde de la colonia (Figura 4) se observan cuatro tonalidades, blanco cremoso presente en Campoverde (fincas 1-2-3), Cedral 1 (fincas 3-5), Cedral 2 (fincas 2-3-4), La Rodríguez (fincas 3-4-5), Playas (fincas 1-3), El Volante (fincas 1-5) y Silos (finca 1). La tonalidad amarillo cremoso solo se presentó en el sector El Volante (finca 2), mientras que el color café en Campoverde (finca 5), Cedral 1 (finca 4), Cedral 2 (finca 1) y el Volante (finca 4). En el caso de la tonalidad verde crema fue visible en las muestras provenientes de Campoverde (finca 4), Cedral 1 (finca 1-2), Cedral 2 (finca 5), La Rodríguez (fincas 1-2) y Playas (finca 2).

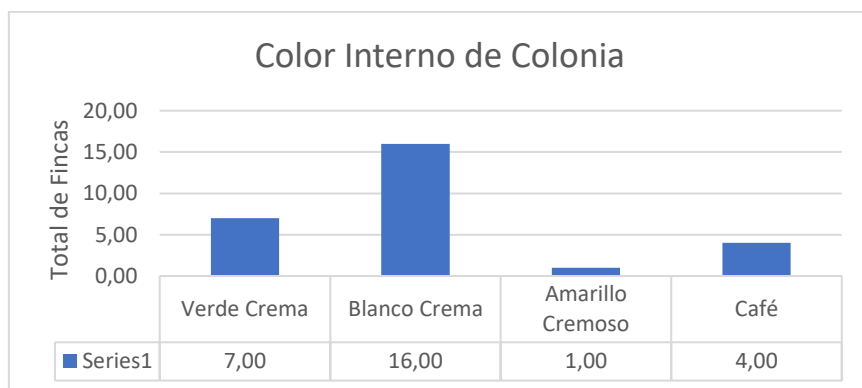


Figura 4. Forma de colonia interna microbiana en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2025.

Conteo de las Unidades formadoras de colonias

En bacterias el valor promedio de población fue $5,46 \times 10^5$ UFC's, en este caso se presentó mayor población en el sector Playas (finca 3) con $6,68 \times 10^5$ UFC's y menor población en Cedral 1 (finca 5) con $3,71 \times 10^5$ UFC's, el coeficiente de variación fue 15,63 % (figura 5).

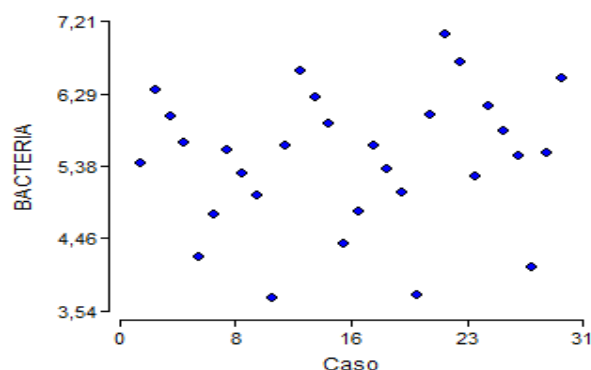


Figura 5. Diagrama de dispersión de UFC's Bacterias, Babahoyo, 2025.

El conteo poblacional de hongos mostró un promedio general de $5,03 \times 10^4$ UFC's, con mayor conteo en el sector Playas (finca 2) con $6,48 \times 10^4$ UFC's y menor valor en Cedral 1 (finca 5) $3,42 \times 10^4$ UFC's, con un CV 15,64 % (figura 6).

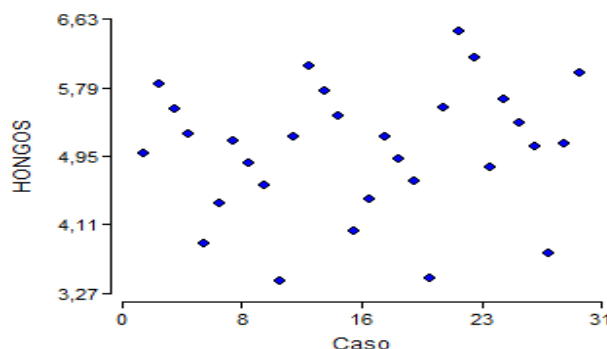


Figura 6. Diagrama de dispersión de UFC's por hongos, Babahoyo, 2025.

Para actinomicetos el promedio general encontrado fue $8,55 \times 10^6$ UFC's, con máximo de $9,98 \times 10^6$ UFC's en el sector Cedral 2 (finca 2) y un mínimo de $6,04 \times 10^6$ UFC's en el sector Cedral 1 (finca 5), con un coeficiente de variación de 12,67 % (figura 7).

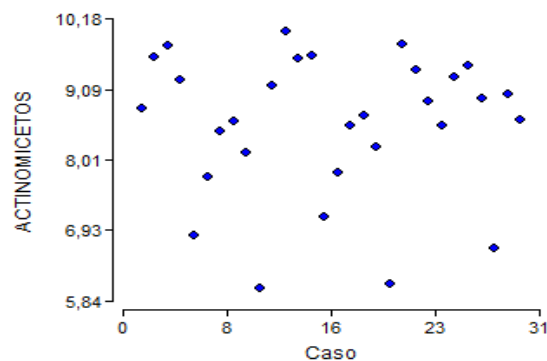


Figura 7. Diagrama de dispersión de UFC's actinomicetos, Babahoyo, 2025.

En el caso de Celulolíticos-Levaduras el promedio $1,30 \times 10^6$ UFC's, el mayor fue contabilizado en el sector Playas (finca 2) con $1,68 \times 10^6$ UFC's, mientras los sectores Cedral 1 (finca 5) y La Rodríguez (finca 5) tuvieron menor valor ($0,89 \times 10^6$ UFC's). El coeficiente de variación fue 15,62 % (figura 8).

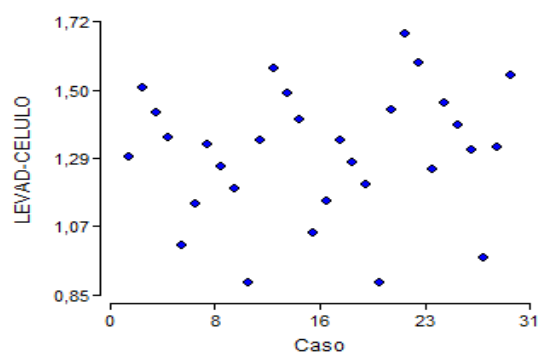


Figura 8. Diagrama de dispersión de UFC's levaduras, Babahoyo, 2025.

El conteo poblacional de Fijadores de Nitrógeno representó un promedio general de $4,33 \times 10^2$ UFC's, con mayor conteo en el sector Playas (finca 2) con $5,59 \times 10^2$ UFC's y menor valor en Cedral 1 (finca 5) $2,94 \times 10^2$ UFC's, con un CV 15,64 % (figura 9).

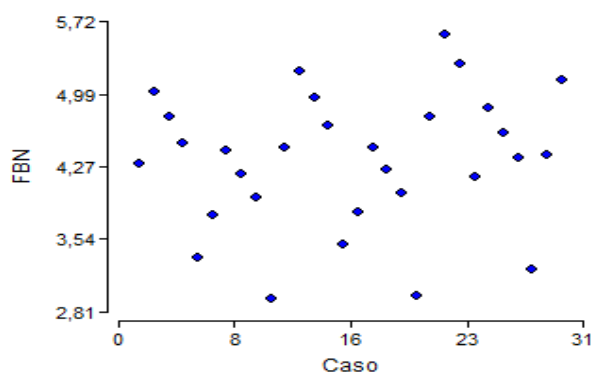


Figura 9. Diagrama de dispersión de UFC's fijadores de nitrógeno, Babahoyo, 2025.

Para Solubizadores de fósforo el promedio general encontrado fue $4,13 \times 10^5$ UFC's, con máximo de $5,33 \times 10^5$ UFC's en el sector Playas (finca 2) y un mínimo de $3,09 \times 10^5$ UFC's en el sector El Volante (finca 5), con un coeficiente de variación de 15,62 % (figura 10).

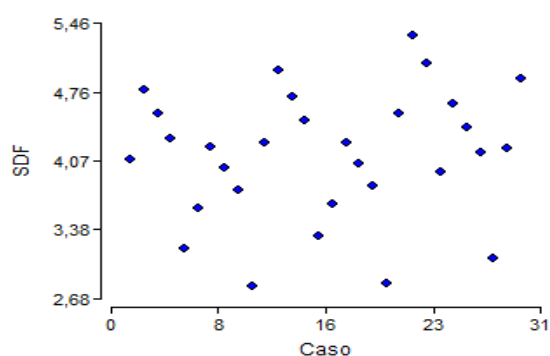


Figura 10. Diagrama de dispersión de UFC's solubizadores, Babahoyo, 2025.

Identificación de los posibles géneros de hongos aislados

En el gráfico se detallan los géneros de hongos aislados en las muestras colectadas en las diversas fincas. Los géneros *Phytophthora* y *Phytium* se encontraron en el 100% de las fincas muestreadas, *Alternaria* 83,3%, *Fusarium* 66,7%, *Aspergillus* 66,7%, *Curvularia* 50%, *Saccharomyces* 33,3%, *Mucor* 33,3 %, *Verticillium* 23,3%, *Trichoderma* 16,7%, *Rhizophagus* 16,7%, *Rhizopus* 16,7%, *Botrytis* 10%, *Rhizoctonia* 10%, *Glomus* 10%, *Penicillium* 6,7% y *Gigaspora* 6,7%. En bacterias *Bacillus* presento mayor dominio.

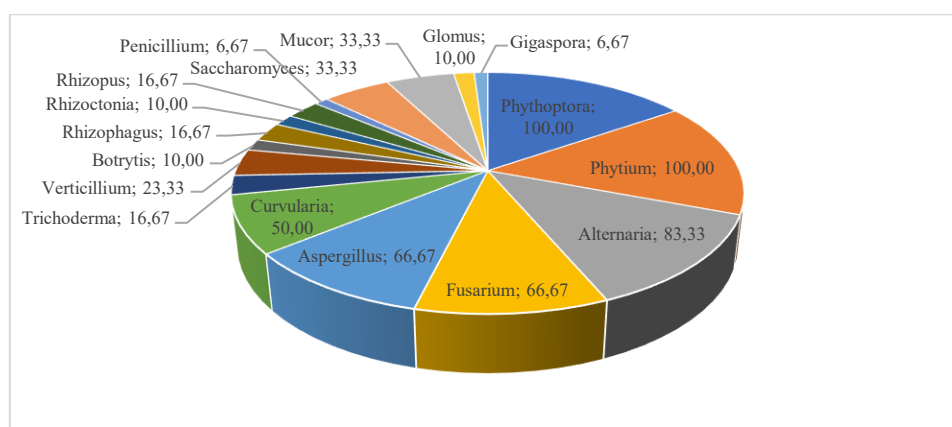


Figura 11. Identificación de géneros de hongos presentes en flora microbiana en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2025.

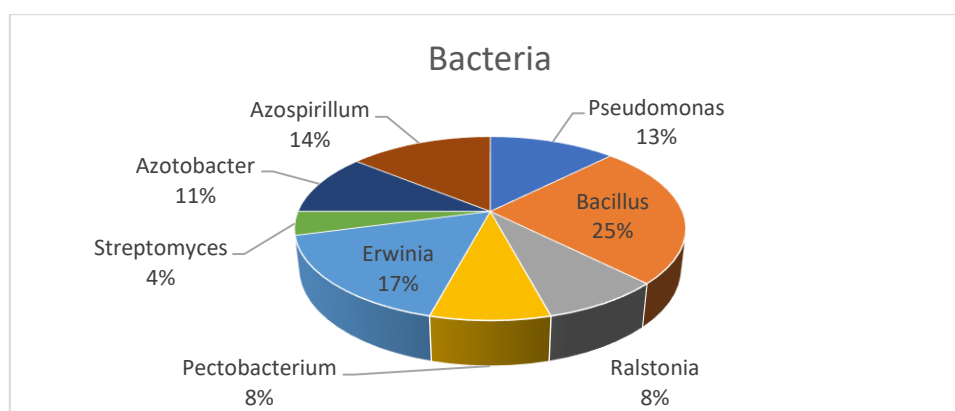


Figura 12. Identificación de géneros de bacterias presentes en flora microbiana en suelos compactados de la zona de Cedego, Babahoyo, 2025.

La cuantificación de microorganismos tales como: bacterias, hongos, actinomiceto, celulolíticos-levaduras, fijadores de nitrógeno (FBN) y solubizadores de fósforo (SF); presento un rango de niveles muy variable. Esto identifica que existe un sinnúmero de factores que afectan la multiplicación de estos organismos en las diferentes fincas, entre estos la compactación de suelos. Esto concuerda con la manifestado por Reyes y Valery (2007).

En cuanto a la riqueza específica se encontraron en las muestras colectadas de manera directa 17 géneros de hongos y 8 de bacterias. En el caso de hongos *Phytium* y *Phytophthora* estuvieron presentes en el total de fincas muestreadas, *Alternaria* y *Fusarium* en otras, y *Penicillium* con menor presencia. En bacterias *Bacillus* estuvo en todas las muestras y en menor cantidad *Streptomyces*. Esto concuerda de manera parcial con Guerrero (2021).

En el análisis se contabilizó más de 100 posibles combinaciones de especies, con un máximo de 165 individuos. Estos datos son contrastables por los encontrados por Llivicura y Pañi (2017); así como los descrito por Ávila y Quito (2019).

La cuantificación de microorganismos como: bacterias, hongos, actinomiceto, celulolíticos-levaduras, fijadores de nitrógeno (FBN) y solubizadores de fósforo (SF), se

presentó en todas las fincas muestreadas en mayor o menor medida; sin tener a la fecha un rango de valoración para determinar su contenido.

Los géneros de hongos encontrados en las muestras de los suelos compactados fueron: *Phytophthora*, *Phytium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Mucor*, *Saccharomyces*, *Verticillium*, *Trichoderma*, *Rhizophagus*, *Rhizopus*, *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Glomus*, *Penicillium* y *Gigaspora*.

Los géneros de bacterias reportados en las muestras de los suelos compactados fueron: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Ralstonia*, *Pectobacterium*, *Erwinia*, *Streptomyces*, *Azotobacter* y *Azospirillum*.

El análisis indica gran diversidad de especies para la muestra uno (Playas finca 3) y dos (Volante finca 2), no así en la muestra restante (Cedral 1 finca 5). Además, se detectó tres grupos de microorganismos: bacterias, hongos y Celulolíticos, con un máximo posible de 165 individuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila, J., Quito, D. (2019). *Identificación de la biodiversidad fúngica a través de análisis metagenómico del suelo en el área de la concesión minera loma larga Azuay - Ecuador*.

Tesis de Grado Ingeniero Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. 115p.

Barrios, MB., María, Y., Sandoval, C. (2024). *Caracterización de hongos presentes en suelos con usos contrastantes* (en línea, sitio web). Disponible en

<https://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2018/03/Barrios-y-Sandoval.pdf>

Barnett, H., y Hunter, B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4a ed.).

Bautista, F., D. Palma-López, W. Huchin-Malta, (2005). *Actualización de la clasificación de los suelos de estado de Yucatán*. Disponible en

<https://www.researchgate.net/profile/David-Palma7/publication/313757781>

[Actualizacion de la clasificacion de los suelos de estado de Yucatan/links/599b2edca6fdcc500349b9d9/Actualizacion-de-la clasificacion-de-los-suelos-del-estado-de-Yucatan.pdf](https://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/microbiologia/parte_de_unidades_10_y_11_microorganismos_del_suelo.pdf).

Benintende, S., Sanchez, C. (2024). *Microorganismos del suelo* (en línea, sitio web).

Consultado 6 ene. 2025. Disponible en http://www2.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/microbiologia/parte_de_unidades_10_y_11_microorganismos_del_suelo.pdf.

Borràs, C. (2017). *La importancia de los suelos*. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-los-suelos-573.html>

Dávila Medina, MD., Gallegos Morales, G., Hernández Castillo, FD., Ochoa Fuente, YM., Flores Olivas, A. (2013). *Actinomicetos antagónicos contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola (en línea)*. Revista mexicana de ciencias agrícolas 4(8):1187–1196. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000800006.

De Salamone, G., Eugenia, I. (2011). *Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas* (en línea). Revista Argentina de microbiología 43(1):1–3. Consultado 6 ene. 2025. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412011000100001&script=sci_arttext&tlng=en.

Fracchia, S. (2002). *Hongos saprotrofos del suelo como microorganismos auxiliares de micorrización* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). Disponible en: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3430_Fracchia.pdf

Franco-Correa, M. (2009). *Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización* (en línea). Revista peruana de biología 16(2):239–242. Consultado 6 ene.

2025. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332009000200019&script=sci_arttext

Guerrero, B. (2021). *Investigan la microbiota de los suelos agrícolas de las Escuelas de Campo de Producción para el Bienestar*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Disponible en <https://www.gob.mx/inifap/articulos/investigan-la-microbiota-de-los-suelos-agricolas-de-las-escuelas-de-campo-de-produccion-para-el-bienestar#:~:text=En%20la%20microbiota%20del%20suelo,pr%C3%A1ctica%20de%20una%20agricultura%20sostenible. Consultado 07-03-2025>.

Guzmán Cedeño, ÁM., Zambrano Pazmiño, DE., Rondón, AJ., Laurencio Silva, M., Pérez Quintana, M., León Aguilar, R., Rivera Fernández, R. (2014). *Aislamiento, selección y caracterización de hongos celulolíticos a partir de muestras de suelo en Manabí-Ecuador* (en línea). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 46(2):177–189. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185386652014000200013&script=sci_arttext.

Heredia Abarca, G., & Mota, R. A. (2008). *Hongos saprobios y endomicorrizógenos en suelos. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto de Ecología AC (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT). Xalapa, México, 193-213. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Heredia-2/publication/242718990_Hongos_saprobios_y_endomicorrizogenos_en_suelos/links/0deec5399b5fb37561000000/Hongos-saprobios-y-endomicorrizogenos-en-suelos.pdf

INTA. (2005). *Microorganismos de los suelos*. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012007392013000100006&script=sci_arttext

- Kirk, P., Cannon, P., Minter, D., y Stalpers, J. (2008). *Dictionary of the fungi* (10a ed.).
- Llivicura, M; Pañi, M. (2017). *Metagenómica de las comunidades microbianas en suelos hortoflorícolas bajo sistemas de manejo orgánico y convencional*. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo, Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 59p.
- Madigan, M., Samson, R. A., Visagie, C. M., Houbraken, J., Hong, S. B., Klaassen, C. H. W., Perrone, , Martinko, J., Stahl, D., y Clark, D. (2011). *Brock Biology of Microorganism* (13a ed.). Benjamin Cummings.
- Martínez, AE., Chiocchio, VM., Godeas, AM. (2001). *Hyphomycetes celulolíticos en suelos de Bosques de Nothofagus, Tierra Del Fuego* (en línea). Gayana. Botanica 58(2):123–132. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0717-66432001000200003>.
- Meza Ochoa, V. (2012). *Suelos parcialmente saturados*. Investigación A La Cátedra Universitaria. Boletín de Ciencias de la Tierra, (31), 23-38. Retrieved January 04, 2026, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302012000100002&lng=en&tlng=es.
- Moratto, C., Martínez, LJ., Valencia, H., Sánchez, J. (2005). *Efecto del uso del suelo sobre hongos solubilizadores de fosfato y bacterias diazotróficas en el páramo de Guerrero* (Cundinamarca) (en línea). Agronomía colombiana 23(2):299–309. Consultado 6 ene. 2024. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652005000200015&script=sci_arttext.
- Morell, F., Hernández, A., Borges, Y., Marentes, FL. (2009). *La actividad de los hongos micorrízicos arbúsculares en la estructura del suelo* (en línea). Cultivos tropicales 30(4):00–00. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000400014&script=sci_arttext.
- Mueller, G. M., Bills, G. F., y Foster, M. S. (2004). *Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods*. Elsevier Academic Press. <https://doi.org/9780125095518>

Núñez, P., Colacho, J., Encina, A. (2020). *Breve visión sobre el suelo: rol, importancia, funciones, calidad e indicadores* (en línea). APF, 9(1):97-114. Disponible en: <https://www.sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/view/118>. Consultado: 9-07-2024

Pacasa-Quisbert, F; Loza-Murguía, MG; Bonifacio-Flores, A; VINO-Nina, L; Serrano-Canaviri, T. (2017). *Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de Kiphakiphani, Comunidad Choquenaira-Viacha* (en línea). Journal of the Selva Andina Research Society 8(1):2–25. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942017000100002&script=sci_arttext.

Pineda, B. (2014). *Hongos solubilizadores de fosfato en suelo de páramo cultivado con papa (Solanum tuberosum)* (en línea). Ciencia en desarrollo 5(2):145–154. Consultado 6 ene. 2024. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-74882014000200009&script=sci_arttext.

Reyes, I., Valery, A. (2007). *Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento del maíz (Zea mays L.) con Azotobacter spp.*. Revista Bioagro, 19(3):117-126. ISSN 1316-3361

Samson, R. A., Visagie, C. M., Houbaken, J., Hong, S.-B., Hubka, V., Klaasen, H. W., et al. (2014). *Phylogeny, identification and nomenclature of the genus Aspergillus*. Stud. Mycol. 78, 141–173. doi: 10.1016/j.simyco.2014.07.004

Sánchez Pisco, L., Obando Izquierdo, E., Rojas Jorge, N., & Colina Navarrete, E. (2024). *Evaluación de niveles de compactación y erosión antrópica de suelos agrícolas en la zona de CEDEGE, Babahoyo*. Journal of Science and Research, 9(CININGEC-). Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3384>

Viteri Flórez, P., Castillo Guerra, D., & Viteri Rosero, S. (2016). *Capacidad y diversidad de bacterias celulolíticas aisladas de tres hábitats tropicales en Boyacá, Colombia*. Acta Agronómica, 65(4), 362-367. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.50181>

Watanabe, T. (2010). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi*. America. [https://doi.org/10.1002/1521-3773\(20010316\)40:6<9823::AIDANIE9823>3.3.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1521-3773(20010316)40:6<9823::AIDANIE9823>3.3.CO;2-C)