

***Biopreparados Y Micorrizas Como Alternativas De Recuperación De Suelos Degradados
En El Atrato Medio Antioqueño***

Tiberio Mosquera Mena

asesor

Ramón Antonio Mosquera Mena

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente

Especialización en Biotecnología Agraria

Quibdó 2020

***Biopreparados Y Micorrizas Como Alternativas De Recuperación De Suelos Degradados
En El Atrato Medio Antioqueño***

Tiberio Mosquera Mena

asesor

Ramón Antonio Mosquera Mena

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente

Especialización en Biotecnología Agraria

Quibdó 2020

Dedicatorias

Esta obra principalmente va dedicada a DIOS todo poderoso por ser mi guía y mi fortaleza en todos mis propósitos y en segundo lugar todos los familiares que en algún momento me brindaron su apoyo incondicional aportado durante todo este proceso que fue bastante difícil debido aunque en ocasiones toco descuidar algunas obligaciones para con ellos y pesar de todo nunca se opusieron a la posibilidad de alcanzar este propósito pero en especial mis hijas Yineth Vanessa Mosquera Chaverra, Leidy Yuranni Mosquera Correa, y a mi compañera sentimental de ese momento, Nury Correa Rivas y mi querida y adorable madre y padre a su vez Marialuisa Mosquera Mena.

Agradecimientos

A todos mis amigos que de una u otra forma me dieron esa mano amiga en los momentos más difícil de la carrera dándome un buen consejo y fortaleza anímica para alcanzarlo

A toda esa red de tutores unadista que apoyaron orientando cada uno de los diferentes cursos a lo largo de esta profesión, en especial a Wilson murillo Gómez, Nadia Yelira Abadía, Clotilde, Mery Valoyes, Ángel Emilio Mena Arias y por supuesto mi asesor Ramón Antonio Mosquera Mena.

Resumen

El deterioro del suelo genera una dificultad de relevancia mundial, siendo una de sus causas esenciales la compactación. Dentro de los factores más importantes que influyen en la compactación se encuentra el uso de maquinaria agrícola (tractor de ruedas) y el pisoteo animal mediante la comprensión hacia la superficie, carga sobre los motores, comprensión de soplado, rapidez por recorrido, así como patinaje.

Las causas representativas es la contaminación por minería en especial la realizada de forma ilegal debido a que contaminan al suelo con restos de hidrocarburos y metales pesados entre otros. En atención a ello se propone una revisión bibliográfica que contenga publicadas sobre el tema con énfasis en el uso de biopreparados y micorrizas como métodos de reparación a suelos degradados especialmente por causas de la minería; Colombia es considerado un país primario debido a que la mayor parte de la economía depende de los recursos naturales, pero a pesar de ser privilegiado con ello se tienen muchos problemas de seguridad alimentaria.

Este trabajo pretende hacer una Identificación de la preparación y uso de biopreparados y micorrizas empleados en la recuperación de suelos en Colombia en los últimos 10 años, pretende generar una descripción de los efectos y beneficios de los mismos, Este documento presenta una estructura sencilla donde se reconoce una problemática, de allí se genera la necesidad de recolectar información por medio de metodología de revisión documental de fuentes primarias y secundarias con el uso de ficheros para pretender responder a ese interrogante del problema por de los biopreparados y micorrizas como métodos de reparación a suelos degradados especialmente por causas de la minería en Colombia con un énfasis de la situación del Atrato medio.

Palabras claves: Compactación, Micorrización, Biorremediación, Biopreparados, Suelos Biotecnología, Microbiota

Abstract

The deterioration of the soil generates a difficulty of worldwide relevance, one of its essential causes being compaction. Among the most important factors that influence compaction is the use of agricultural machinery (wheeled tractor) and animal trampling through compression to the surface, load on the engines, understanding of blowing, speed per route, as well as skating.

The representative causes are contamination by mining, especially that carried out illegally because they contaminate the ground with traces of hydrocarbons and heavy metals, among others. In response to this, a bibliographic review is proposed that contains publications on the subject with emphasis on the use of biopreparations and mycorrhizae as methods of repairing degraded soils, especially due to mining causes; Colombia is considered a primary country because most of the economy depends on natural resources, but despite being privileged with it, it has many food security problems.

This work aims to identify the preparation and use of biopreparations and mycorrhizae used in the recovery of soils in Colombia in the last 10 years, it aims to generate a description of the effects and benefits thereof, This document presents a simple structure where recognizes a problem, hence the need to collect information through methodology of documentary review of primary and secondary sources with the use of files is generated to try to answer that question of the problem of biopreparations and mycorrhiza as methods of soil repair degraded especially due to mining in Colombia with an emphasis on the situation of the Middle Atrato.

Keywords: Compaction, Mycorrhization, Bioremediation, Biopreparations, Soils Biotechnology, Microbiota

Tabla de contenido

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	10
Planteamiento del problema	11
Justificación	13
Objetivos	15
Objetivos Específicos	15
Marco teórico / referencial	16
Degradación física	17
Degradación biológica	18
Degradación química	19
Propiedades químicas	21
Indicadores biológicos	21
Bases teóricas	22
Procesos de degradación	23
Control de efectos vs eliminación de causas	26
Indicadores de calidad del suelo	27
Biorremediación	32
Otros tipos de biorremediación	33
Elementos historias de la Biorremediación	34
Tipos de biorremediación	35
Biopreparados	38
Clases de biopreparados	38
Clasificación de Biopreparados – Por su preparación	41
<i>Bioestimulantes</i>	41
<i>Biofertilizantes</i>	41
<i>Biofunguicidas</i>	42
Bioinsecticidas o biorepelentes	42
<i>De cocción</i>	42
<i>Caldos minerales</i>	42
<i>Macerados</i>	43

<i>Purín</i>	43
Uso de los biopreparados	43
Las micorrizas	43
Tipos de micorrizas	45
Función de las micorrizas	46
Ectomicorrizas	52
Resultados	55
Microorganismos solubilizadores de fósforo	56
Biom mineralización	58
Conclusiones	66
Recomendaciones	67
Referencias bibliográficas	68

Tabla de figuras

Figura 1. Sustrato compost enriquecido con microorganismos.....	37
Figura 2. Mezcla de sustrato con Bocashi Ministerio de Agricultura y Ganadería.....	37
Figura 3. Hongos micorrizicos.....	48
Figura 4. Basidiomicetos: Amanita, Cantharellus.....	50
Figura 5. Hongos Zygomycetos	51
Figura 6. Colonizaciones de micorrizas.....	51
Figura 7. Raíces modificadas en la ectomicorriza formada por un hongo desconocido sobre Fagus sylvatica.....	52
Figura 8. Compost biodinámico	57

Tabla de tablas

Tabla 1. Señales física, química y biológica planteadas hacia la vigilancia de la variación que acontece en la superficie terrestre.	2
0	
Tabla 2. Ubicación Taxonómica y géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares	51

Introducción

En este trabajo se pretende compilar una revisión bibliográfica con las características, composición, funcionalidad y utilidad de los biopreparados y micorrizas en la biorremediación de suelos degradados en especial por minería se realizó una revisión de artículos científicos recientes que fundamentan esta investigación con el objeto de validar la hipótesis relacionada en la misma.

Argumenta Pascua & Venegas, (2018). Los biopreparados son sustancias preparadas a base de restos de vegetales acompañados con productos minerales o animal y enriquecidos con microorganismos benéficos que contribuyen a reducir las dificultades presentes tanto en el suelo como en los cultivos, aportando a fortalecer la mejora de estos, debido a que, según la función, tienen atributos nutritivos para los cultivos, repelentes, controladores de insectos, o curativas de enfermedades. También se pueden describir como el producto de segregación o transformación (por medio la actividad de microorganismos) de material orgánico descompuesto en agua, cambiado en elementos que no pueden ser utilizados en forma directa por las plantas en sustancias en forma asimilables en forma directa esto en asocio con las micorrizas. Estas son excelentes purificadoras del suelo mediante la alianza simbiótica. Fue introducida entre la conformación de filamento de varios microorganismos parásitos del suelo (mico simbionte), con el sistema radicular de las plantas bien altas. Donde participan hongos micorrizicos o micorrizógenos estos se interpretan igual que un esquema de naturaleza organizado, lo que origina al aliarse, en manera mutualista con la estructura de la planta.

Planteamiento del Problema

La región del Atrato medio está situada en la parte media del Rio Atrato. Se le conoce así porque está dividido geográficamente con una línea imaginaria donde aguas abajo la mitad es antioqueño y la otra mitad es chocoano, (Ossa, 1962) afirma que la base de la economía de ambas poblaciones ha sido por décadas la agricultura, cosa que se ha visto afectada por la implementación de minería ilegal en la región sin ningún tipo de control ni manejo, afectando gravemente suelos de uso agronómicos en la región del medio Atrato.

El suelo establece un recurso esencial para el desarrollo económico y social además de ser el sostén fisicoquímico de todos los ecosistemas terrestres. Su degradación es definida como la Pérdida a largo plazo en la función y productividad de los ecosistemas, causada por alteraciones a partir de las cuales el suelo no puede recuperarse sin ayuda, esto constituye un problema de alcance global. La degradación del suelo es una de las problemáticas ambientales más graves y extendidas a escala global. Prácticamente todos los suelos del mundo han sufrido transformaciones debido a la acción antrópica o del hombre, Según (Bai et al., 2008; Oldeman y Hakkeling, 1991). Debido a que se ha alargado a partir del 15% de la globalidad en la tierra, en 1991 se estimó que aproximado a un 24% en el presente, y sobre este, más del 20% hace referencia a suelos ocupados a la explotación de la producción agrícola (Bai et al., 2008). La implicación de estos sucesos incluye la caída de los rendimientos agrícolas, marcha y la inestabilidad alimentaria, pérdida de la vida diversa y adecuada variación en el cada ecosistema tanto a la altura de las especies como también en la estructura genética (Oldeman y Hakkeling, 1991). El descenso del piso puede portar por motivos naturales y antrópicas, ocupando estas finales los mayores efectos negativos

Entre las variables provocadas de disminución aparente del campo se encuentra la compactación, la que se piensa es el mayor origen de deterioro del suelo (Pagliai et al, 2003). El tránsito de maquinaria pesada ha sido la variable primordial de deterioro del suelo, porque posee el proceso apilonar Keller, (2004). Debido al aporte de peso las partículas del piso son reacomodadas, se reduce el ámbito poroso y estas son conducidas a un contexto más ceñido, aumentando la consistencia de volumen; varia la manera, magnitud y agrupación de microespacios, lo que señala la adaptación de contención del suelo, la reciprocidad hídrica y espumoso, o incrementa la resistencia mecánica (Berli, 2001; Gysi, et al., 2001). En el arbusto recorta el progreso de la planta y las probabilidades de obtención de nutrimentos, aire y agua. El suelo expone la corriente de agua superficial, solidificación poca ventilación; lo que provisiona la escasez de sus fortalezas físicas, disminuye el periodo dispuesto para la activación de maniobras agrícolas disminuyendo los rentabilidad del campo (Gysi, et al., 2001)

Según el IDEAM (2006) las cifras de deforestación por departamento del sistema de información ambiental de Colombia, el Choco se encuentra entre los seis departamentos con mayor deforestación en Colombia. Las Alertas Tempranas por Deforestación (AT-D) son el resultado del procesamiento digital de imágenes de satélite de baja resolución para identificar rápida y oportunamente las áreas forestales en donde existe pérdida de bosque natural.

Hoy las comunidades del Atrato medio padecen de este gran problema, reflejándose en el desabastecimiento de los productos agrícolas básicos de la región como son (plátano hartón, banano Gros Michel, popocho, yuca, arroz secano, maíz entre otros). Esta situación como afirma (León, 2004) tiene en jaque al comercio de toda la región, que vive al compás

del río Atrato, fuente de sustento y casi el único medio de transporte y aunque los comerciantes tienen la alternativa de traer las mercancías por avión, su costo es demasiado alto, pues las empresas cobran por peso.

De acuerdo con lo anterior esta revisión bibliográfica se propone responder la siguiente pregunta de investigación documental:

¿Qué experiencias relevantes se encuentran en Colombia para la recuperación de suelos degradados especialmente por minería mediante el uso de micorrizas y biopreparados?

Justificación

Esta investigación bibliográfica permitirá nutrir, organizar y recopilar información de experiencias en Colombia con relación a la recuperación de suelos degradados en especial por el uso desproporcionado de la minería. Mediante el uso de micorrizas y biopreparados. Conocimientos que servirán como base para futuras investigaciones sustentadas teóricamente para diferentes áreas de conocimientos como la ingeniería ambiental, sanitaria, áreas sociales de conocimientos, pero en especial para todas las personas, comunidades y empresas interesadas en la conservación del medio ambiente.

De igual manera al desarrollarse la investigación documental en un departamento como el Chocó y el bajo Atrato permite la recopilación de información como contexto para futuras investigaciones e intervenciones en materia de cuidado, desarrollo ambiental y biotecnología.

Desarrolla competencias investigativas en el área de biotecnología que cierra un círculo académico propuesto por la especialización en biotecnología, formando investigadores de las regiones en la tecnología agraria, biológica y ambiental.

Se propone avanzar en el desarrollo de mecanismos o métodos para mitigar y porque no la solución definitiva de este problema. Basado en que se asume al suelo como un recurso básico de subsistencia, así como el agua es un derecho para el ser humano, el suelo debe ser igualmente considerado. A pesar de que la reputación hacia la vida, tal que este recurso no ha sido correspondido por la sociedad dándole la importancia que merece. Su desacreditación es un peligro para la proyección de la especie humana, Por con siguiente, los estudiosos se confrontan al reto complejo de incrementar, resguardar y aumentar la calidad de la tierra. Para esto, en este paso es indispensable tener una fuerte opinión de la buena vida. Y con buenos índices de la buena salud del planeta, de la buena administración duradera del mismo, así como se describe para hacer vigilancia a fluctuaciones socioeconómicas.

Esta investigación es propuesta mediante revisión bibliográfica alternativas para la recuperación de estos suelos mediante el uso biopreparados y micorrizas. El buen trato de las apreciaciones referente a esta temática debe aportar en un mejor trato de la sostenibilidad del recurso, para aportar a la consolidación de la agricultura duradera y en la toma de decisiones de estrategias sobre el buen uso del suelo como tal.

Esta tesis es de importancia también como requisito de grado de la especialización en biotecnología agraria y a nivel personal permite la satisfacción y pasión por los factores ambientales que serán condensados en la siguiente monografía

Objetivos

Objetivo General

Identificar la preparación y uso de biopreparados y micorrizas en la recuperación de suelos en Colombia y otros países

Objetivos Específicos

Identificar y proponer, biopreparados y micorrizas que puedan ser útiles para recuperar suelos degradados en el Atrato medio.

Describir los efectos y beneficios que aportan los biopreparados y micorrizas al suelo

Marco Teórico / Referencial

Tipos y procesos de degradación del suelo

El suelo conforma un bien para el desarrollo socioeconómico, además de ser el soporte físico y químico de todo el medio ambiente. Otros autores definen el suelo como un recurso natural y un medio dinámico, y que además al suelo también lo podemos ver como un medio para que las plantas puedan crecer y desarrollarse (Piscitelli, 2015)

Existen diferentes tipos de degradación en los cuales se puede relacionar los más relevantes

A nivel mundial, se considera que las cinco principales causas antropogénicas de la degradación del suelo, en orden de magnitud creciente, son el pastoreo excesivo, la deforestación, la mala gestión de la tierra, la recolección de leña y la urbanización. La degradación del suelo casi invariablemente comienza con la eliminación de la cubierta vegetal natural a través de la deforestación, la quema de biomasa, el agotamiento de nutrientes y el pastoreo excesivo. La superficie del suelo queda expuesta a los impactos de la lluvia, que altera los agregados del suelo, y temperaturas más altas, que aumentan las tasas de descomposición de la materia orgánica del suelo. Además, la basura y las raíces, las principales fuentes de insumos orgánicos que mantienen la materia orgánica del suelo, se eliminan o disminuyen considerablemente. Las tasas y los tipos posteriores de degradación del suelo están determinados por el tipo y la intensidad del uso de la tierra. La degradación del suelo puede ocurrir rápidamente dependiendo de la combinación y retroalimentación entre las prácticas de manejo, las condiciones iniciales del suelo, la

vegetación y factores ambientales como la lluvia. La degradación del suelo generalmente se clasifica por procesos físicos, químicos y biológicos; la división proporciona un medio para establecer vínculos entre la gestión de la tierra, los procesos de degradación y los procesos del suelo. En general, el aumento del abastecimiento de alimentos, combustible y fibra se produjo en las últimas cuatro décadas esto ha provocado la degradación de los suelos y varios servicios de apoyo y reglamentarios proporcionados por los suelos. Esta disminución de las propiedades del suelo y la regulación de los servicios de los ecosistemas afectará en última instancia a los servicios de provisión de los ecosistemas. Comprender los factores que afectan la estabilidad y la resiliencia de los suelos ante la perturbación es una de las fronteras de la ciencia del suelo

Degradación física

La degradación física implica la ruptura estructural del suelo a través de la ruptura de agregados, el sellado de la superficie y la compactación. Estos procesos de degradación dan como resultado una menor infiltración y un aumento de la escorrentía de agua y la erosión del suelo. El impacto de las gotas de lluvia provoca el sellado y la compactación de la superficie. La formación de un sello estructural resulta de dos mecanismos complementarios: (a) la desintegración física de los agregados de la superficie causada por la energía del impacto de las gotas de lluvia humectantes; y (b) dispersión fisicoquímica de partículas de arcilla, que migran al suelo con agua infiltrada y obstruyen el poro inmediatamente debajo de la superficie formando una zona de porosidad disminuida (Palm, Sánchez, Ahamed y Awiti, 2007).

Degradación biológica

Muchas funciones fundamentales del suelo están asociadas por la materia orgánica y la biota del suelo, por lo que la degradación biológica es a menudo sinónimo de disminución de la materia orgánica del suelo y pérdida de la biota del suelo. La disminución de la materia orgánica del suelo cuando los sistemas naturales se convierten en agricultura y con la intensificación de la agricultura mediante la labranza es la forma de degradación biológica más ampliamente analizada (Palm, Sánchez, Ahamed y Awiti, 2007).

Las tasas de cambio en el contenido de materia orgánica del suelo y el nivel de cambio dependen en parte del tipo de suelo (más lento en suelos arcillosos), el tipo de uso de la tierra y el clima (más lento en climas más fríos o secos y condiciones anegadas). La literatura asociada a los cambios de carbono del suelo cuando los sistemas naturales se convierten en tierras de cultivo anuales es extensa y suficiente para proporcionar información sobre las funciones de pedotransferencia necesarias para relacionar la pérdida de propiedades del suelo con muchos procesos del ecosistema. La información sobre los cambios que siguen a otras transiciones de uso de la tierra, incluidos los sistemas naturales a pastizales o plantaciones de árboles o los sistemas de cultivo anual a pastizales o sistemas basados en árboles, o incluso cambios en la gestión de los sistemas de cultivo anual es más reciente. Un meta análisis de los cambios de carbono del suelo con el cambio de uso de la tierra en suelos templados y tropicales muestra una disminución del carbono del suelo del 50% en los 30 cm superiores cuando los bosques se convirtieron en tierras de cultivo, una disminución del 15% cuando los bosques se convirtieron en plantaciones de coníferas, sin

disminución cuando los bosques se convirtieron en plantaciones de hoja ancha, y un aumento general de alrededor del 10% cuando los bosques se convirtieron en pastos

Degradación química

Los procesos de degradación química del suelo están asociados con los desequilibrios químicos del suelo que resultan de una reacción química o del pH; disminución de la disponibilidad de nutrientes para las plantas (agotamiento de nutrientes); y acumulación excesiva de nutrientes (eutrofización), sales (salinización en la zona de la raíz y más allá) o materiales tóxicos. El agotamiento de los nutrientes o la disminución de la fertilidad del suelo, es la forma predominante de degradación química en gran parte de los trópicos, particularmente en África, donde las pérdidas de nutrientes a través de la eliminación de residuos de cultivos y los productos cosechados, la erosión y la lixiviación no se reemplazan con suficientes insumos externos. El agotamiento de nutrientes da como resultado una menor productividad de los cultivos y la biomasa en general, lo que conduce a una mayor disminución de la materia orgánica del suelo. Los suelos con bajo capital inicial de nutrientes, baja capacidad de intercambio catiónico, arcillas de carga variable de baja actividad y materia orgánica del suelo se agotan más rápidamente que los suelos sin estas propiedades e incluyen Ultisoles, Oxisoles e Inceptisoles arenosos (Palm, Sánchez, Ahamed y Awiti, 2007).

A continuación, se muestran algunos indicadores que se evalúan frente a la calidad de suelos:

Tabla 1. Señales física, química y biológica planteadas hacia la vigilancia de la variación que acontece en la superficie terrestre.

Propiedad	Conexión con la naturaleza y destino del suelo	Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación
Físicas		
Textura	Sostén y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2,5 cm de agua y g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación
Químicas		
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	Kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica	comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm ⁻¹ ; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental.	Kg ha ⁻¹ ; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos

Biológicas

C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha-1 relativo al C y N total o CO2 producidos
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C ha-1 d-1 relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N	Kg de N ha-1d-1 relativo al contenido de C y N total

Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold et al., 1997.

Propiedades químicas

Larson y Pierce, (1991); Doran y Parkin, (1994) y Seybold et al., (1997) afirman que los indicadores químicos enunciados en la (**Tabla 1**) describen requisitos de estos prototipos que disminuyen las relaciones suelo vegetales, la eficiencia del líquido, la suspensión del suelo, el agua disponible y compuestos para los vegetales y micro animales. Varios señaladores son algunas variables existentes de nutrientes, carbono orgánico en las aguas superficiales (COT), carbono orgánico lábil o activo en el suelo, potencial de hidrogeno pH, capacidad para el paso de corriente energética, capacidad de obtener fosforo disuelto, capacidad de permuta de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable.

Indicadores biológicos

Afirman Larson y Pierce, (1991); Doran y Parkin, (1994) y Seybold et al., (1997) que los señaladores biológicos enunciados (**Tabla 1**) están en grupo de circunstancias

que ponen en desventaja al conjunto de propiedades del suelo como la sobreabundancia de pequeños y macro organismos, sumados bacterias, hongos, nematodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen actividades como la actividad de respirar, ergosterol y otras sub actividades de los hongos, tasas de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana (SQI, 1996; Karlen et al., 1997). Como la masa microbiana es mucho más débil al cambio que el C total se ha expresado la relación de microbios: orgánico del suelo para detectar variables en la dinámica de la materia orgánica (Sparling, 1997). La calidad del piso y sus indicadores

Bases teóricas

Sobre las bases teóricas, estas constituyen el soporte de las teorías que sustentan esta investigación, tomando en consideración los aportes de diferentes aspectos que tienen que ver con el desarrollo de las variables que fundamentarán dicho estudio, y así poder dar respuestas al objetivo que se plantea.

El siglo XXI será evaluado como un huracán en el tiempo en donde converge el crecimiento de las posibilidades humanas llevado al máximo, gran desarrollo técnico y tecnológico y la amenaza pronta de un futuro incierto producto de los escasos de los recursos naturales no renovables.

Algo se dice de la alteración del clima, del calentamiento global, del agujero en la capa de ozono, de la lluvia ácida. Sin embargo, la disminución de los pisos del campo, estos soportan la alimentación fija de la humanidad, el requerimiento del recurso hídrico y su infección y la contaminación ambiental, son las causas más indispensable en las zonas tropicales. El suelo es un recurso indispensable y no renovable, pues la compostura de un

centímetro de suelo agrícola puede tardar entre 100 y 400 años y puede desaparecer en el periodo de 10 minutos de lluvia por efecto de la erosión hídrica.

Todos los años se disminuyen millares de hectáreas por consecuencias de la corrosión, la deforestación, compactación, salinización y descenso de la abundancia artificial. En aprobación a ello, durante los dos últimos periodos, se duplican las actividades para investigar el origen de la sucesión degradativa, con el fin de originar teorías que predigan y cuantifiquen de modo que sea factible el desarrollo de prácticas de manejo capaces de evitar dichos efectos eliminando sus causas antes de que ocurran y de disimular cuando ya han ocurrido.

Procesos de degradación

Los procesos de degradación de suelos pueden clasificarse en 4 grupos:

1. Procesos de Erosión: Son aquellos en los que se pierde la capa superior del suelo por arrastre superficial, por efecto de la lluvia, el viento o el hielo. Hacen parte de ellos: La erosión por salpique, la erosión laminar, la erosión en surcos, la erosión en cárcavas, la erosión eólica y la erosión costera. Son procesos que ocurren de manera lenta en el tiempo una vez que la roca o el suelo son expuestos a los agentes erosivos (Pedraza, Teixeira, Fernández, García, & Beatriz, 2010).

2. Procesos de Movimientos masales o Remoción en masa: Son procesos que conllevan el movimiento rápido de grandes volúmenes de suelo por acción de la gravedad, siendo el agua infiltrada y retenida dentro del perfil del suelo y el agua de escorrentía en volúmenes altos y concentrados en un periodo corto de tiempo, el principal detonante. En éste tipo de procesos es determinante la conformación del perfil del suelo, la pendiente, la cantidad de lluvia y las aguas superficiales que ingresan a zonas inestables.

El perfil de suelo se vuelve inestable cuando en su interior se encuentran horizontes o capas impermeables, como son los horizontes de arcilla (argílicos), horizontes de calizas (calcáreos), horizontes de plintita (en el caso de Ultisoles) y horizontes de esquistos que poseen estructura laminar.

Estos horizontes impermeables sobre los cuales están asentados los horizontes superficiales, son un impedimento para el drenaje interno del agua. Cuando el agua se acumula sobre ellos, provoca dos efectos: El primero es que el horizonte impermeable se convierte en un plano de deslizamiento, el segundo, es que el agua acumulada provoca que el suelo pase de un estado sólido a un estado más plástico e incluso líquido por disgregación de las partículas al absorber el agua.

Una vez todos los espacios porosos del suelo que se encuentra por encima de la capa impermeable, que antes estaban llenos de aire, se llenan de agua, el suelo adquiere un mayor peso. Si tenemos en cuenta que el peso es igual a la masa multiplicada por la gravedad, esa masa de suelo con un peso aumentado, ubicada sobre una superficie lisa y lubricada por el agua, tenderá a desplazarse hacia abajo por efecto de la gravedad.

Sin embargo, no todos los movimientos masales ocurren por la presencia de estas capas impermeables dentro del perfil. Cualquier suelo bien estructurado, que tenga una gran capacidad para absorber agua como son los suelos orgánicos, los suelos derivados de cenizas volcánicas y los suelos derivados de basaltos, sufren la misma suerte si son sometidos a largos periodos de lluvias intensas durante las épocas invernales atípicas como fenómenos de la niña y aguaceros torrenciales por encima de los promedios históricos debidos al cambio climático.

Si estos suelos en zonas pendientes no tienen el suficiente amarre, no podrán soportar el exceso de agua infiltrada, ya que la velocidad de drenaje puede ser inferior a la velocidad con que cae el agua de lluvia en un mismo periodo de tiempo cuando se presentan aguaceros de mucha intensidad. Por tanto el suelo se satura, incrementa su peso y termina por desprenderse. Se consideran como movimientos masales los siguientes: Derrumbes, caídos, golpe de cuchara, solifluxión, reptación, coladas de lodo, hundimientos y cárcavas remontantes.

3. Erosión Antrópica: Es la causada por el efecto de malas prácticas agrícolas. Hacen parte de ella: Procesos de compactación del suelo por el tráfico de maquinaria pesada: causa la formación de hard pan o piso de arado. Compactación por el pisoteo del ganado: Causa la formación de terracetas que a su vez originan procesos de reptación. Pérdida de la estructura del suelo por exceso de arado: causa pulverización del suelo, sellamiento de poros y amasado.

4. Inversión de horizontes: El uso del arado de disco provoca el volteo del suelo con lo que los horizontes orgánicos queden enterrados y el horizonte A subyacente quede en superficie. 4. Procesos de degradación química: Como acidificación, salinización, pérdida de Materia orgánica del suelo MOS y contaminación (por hidrocarburos, metales pesados y moléculas de difícil biodegradación). Dado que cada proceso obedece a causas muy específicas dependiendo de los factores que interaccionan en un mismo lugar y tiempo, el análisis de la interacción de dichos factores permite evaluar “in situ” cuáles de esos factores son determinantes y causantes del proceso en sí, de manera que una vez identificada la causa del proceso, es posible implementar las practicas necesarias para eliminarlas.

Control de efectos vs eliminación de causas

Argumenta Vargas (2012) Si las prácticas de manejo y conservación de suelos se enfocan en la eliminación de las CAUSAS del proceso, se logrará una recuperación permanente. Si las practicas se enfocan en la mitigación de los EFECTOS de los procesos, no se logrará ningún resultado efectivo, pues el proceso seguirá estando activo.

Un ejemplo de esto es la implementación de muros de contención, gaviones y trinchos para el manejo de movimientos masales. La obra destinada a retener el suelo que se desprende termina por colapsar una vez se llega al nivel de colmatación, dado que no se elimina la causa del proceso que es el exceso de agua infiltrada en el perfil.

En éste caso, lo que se requiere es que el suelo deje de fluir y para ello es necesario evacuar las aguas infiltradas e impedir nuevos ingresos de agua a la zona inestable. Por tanto, más que hacer muros o trinchos, se requieren canales de evacuación y filtros. Este es un solo ejemplo de muchos, del porqué los planes de manejo y conservación de suelos no funcionan la mayoría de las veces.

En este trabajo mediante revisión bibliográfica nos enfocaremos en la descripción y diagnóstico de CAUSAS de los procesos degradativos de suelo. Una vez se conocen dichas causas, es posible plantear las acciones de intervención al fin de eliminarlas y lograr la restauración a largo plazo. Para poder conocer las causas de los procesos, es necesario poseer información, datos precisos de caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo así como datos climáticos, fisiográficos y geológicos del sitio a intervenir.

Indicadores de calidad del suelo

Polanco et al (1994) y González et al, (2009) describen y documentan las cualidades fisicoquímicas del suelo, de forma práctica contando con la información conveniente, se puede confrontar los alcances conseguidos en el lugar específico y concluir cuál de ellos, se aísla de los valores estándar. Al tener presente estos aspectos se puede atribuir el estado de aceptación de un suelo a varios procesos de deterioro de suelo, como compactación, pH, salinidad y daño a las bases. Reducción en las buenas bondades del suelo se observa por: llegada de procesos de degradación fuertes.

- Aumento en la compactación y empastado
- Disminución de filtración del agua
- Fluctuación de potencial de Nitrógeno
- Polución por suciedad
- Acumulación de sales solubles
- Reducción de la capacidad de conductividad eléctrica del suelo
- Reducción de la capacidad de producción

En adelante se enuncian las condiciones fisicoquímicas que emplean como alertas de buenas propiedades o pérdida de la misma y/o muestras de pretensión de un suelo a sucesos de deterioro, sus valores estandarizados que se pueda interpretar, el producto en las prácticas en terreno.

El peso aparente

La dureza relativa es la comparación entre la masa que se seca al horno de las partículas de tierra y la cantidad total, esto incluye la distancia de poros que ocupa. Facilita determinar el nivel de compenetración cuando se evidencia la hostilidad de la tierra.

Los terrenos tienen distintas densidades debido a inestabilidad de la textura, del espacio poroso y la cantidad de materia orgánica que posean. Brady (1974) cita los valores normales así:

- Suelos arenosos poseen una densidad del suelo de 1,20 a 1,80 g/cm³ y un espacio poroso de 35 a 50%
- Suelos arcillosos poseen una densidad de 1,00 a 1,60 g/cm³ y una porosidad de 40 a 60%.

Aunque el volumen y el espacio poroso del suelo son parecidos que varían de acuerdo del tipo y frecuencia de laboreo, por esas buenas muestras de lo permitido de sistemas de métodos del suelo, indicando la mayor o menor afinidad que estos publicitan.

Los valores permitidos de la densidad del suelo son definidos por Archer y Smith (1972), como estos que proporcionan la mayor disponibilidad de agua y por lo menos 10% de libertad de aire en un piso presionado a una succión de 50 mb.

Según esos autores, las densidades del suelo normales de acuerdo con la textura del suelo son:

- Suelos arenosos francos: alrededor de 1,75 g/cm³
- Suelos Franco arenosos: 1,50 g/cm³
- Suelos Franco limosos: 1,40 g/cm³

- Suelos Franco arcillosos: 1,20 g/cm³

Valores mayores a éstos indican compactación y/o drenaje impedido.

- Estabilidad de Agregados El tamaño y la atención de los incluidos pueden ser organizados de los efectos de componentes de labranza y cultivo sobre los componentes del suelo.

Los suelos bien agregados proporcionan mayor retención de agua, adecuada aireación, fácil penetración de raíces y buena permeabilidad.

Polanco et al (1994), indican que existe una relación adversa entre erodabilidad con la dureza de la estructura, cuando la fricción de limón excede el 60% y que los pisos que son finos o granular en la capa y sub angular-blocosa en el sector sub superficial tienden a ser más accesibles que aquellos suelos en los que las estructuras en los diferentes horizontes no cambian.

Varios autores concuerdan en que la estabilidad de agregados es la propiedad física más importante que gobierna la erodabilidad de un suelo. La proporción de agregados estables acuosos menores de 0,5 mm, en un suelo es un buen índice de erodabilidad; mientras más alta sea la proporción de agregados menores de 0,5 mm, mayor será la erodabilidad del suelo Polanco et al (1994).

El contenido de arcilla y las clases influyen en la estabilidad de agregados. Los suelos con mayor material orgánica y de arcilla, presentan una mayor estabilidad de agregados. Igualmente, las arcillas de mayor superficie específica, ofrecen alta estabilidad de materiales que son de menor superficie.

A continuación muestran los valores de superficie para diferentes modelos de arcilla:

- Caolinita de elevada cristalinidad: hasta 15 m² /g
- Caolinita de baja cristalinidad: hasta 50 m² /g
- Halloisita: hasta 60 m² /g
- Illita: hasta 50 m² /g
- Montmorillonita: 80 a 300 m² /g
- Sepiolita: 100 a 240 m² /g
- Paligorskita: 100 a 200 m² /g

Los cationes divalentes como Ca⁺⁺, Fe⁺⁺, Al⁺⁺ y el mucigel, también son material cementantes que aportan a la normalidad de agregados. Polanco et al (1994), muestra que la compañía del componente óxidos de aluminio (gibbsite), óxidos de hierro (hematita, goetita) y materia orgánica, analiza que la estructura del suelo se vuelva granulada, por lo tanto más estable.

El aguante a la inserción, las asociaciones humedad-densidad y humedad-resistencia a la comprensión, dan referencia del periodo de compenetración del suelo. El método más utilizado es el del penetró metro.

La resistencia a la penetración, definida como la capacidad de un suelo de resistir o sostener una fuerza, es un índice integrado de su compactación, contenido de humedad, textura y tipo de mineral arcilloso.

La fortaleza a la penetración es un buen indicador para evaluar dificultades de impedimento en el desarrollo radicular de las raíces de los cultivos, por la presencia de

capas compactas y/o baja porosidad y para evidenciar la presencia de horizontes compactados que puedan suponer un impedimento para el drenaje interno. La penetrabilidad del suelo permite conocer la capacidad con que una partícula va incluida en él, es decir, la fuerza mecánica que el suelo da la expansión lateral y al corte que realiza ese objeto.

La tolerancia al encostramiento depende de la estructura, textura, contenido de materia orgánica y humedad del suelo (Alakukku, et al., 2003).

Afirman González et al, (2009) que los suelos arcillosos son más fáciles de compactarse frente a los arenosos, a su vez los suelos sueltos son más que los ya transitados o duros. La materia orgánica del suelo crece las bases de este, porque facilita la recopilación y recomposición de agregados, incrementa la porosidad total, limita la densidad visible, ahonda más el estudio biológico del suelo y propicia que este retenga mayor humedad. Al retenerla se incrementan los límites de intervalos del suelo, aumentando el dato de humedad al cual se puede trabajar. Así ayuda a reducir la compactación.

El tipo de materia orgánica del suelo también influye, siendo el material parcialmente descompuesto y altamente humidificado el que ayuda al incremento de la fortaleza del suelo a la compactación. Resultado de la diversidad microbiana en el ciclado de nutrientes en la corteza terrestre.

Varios aspectos utilizados para evaluar las variables del suelo se relacionan seguidamente con la ocupación metabólica permisiva de la microbiota, y esa actividad es la que permite al ciclado de nutrientes hacerlo en forma organizada. Varios recorridos del

ciclo de nutrientes en el piso son únicamente microbianos. Así, el deterioro de la mayor parte de las macromoléculas constituye la agrupación de células vegetales, la producción, el gasto de metano, la sujeción de nitrógeno o el envejecimiento de amonio a nitrito y después a nitrato, son sucesiones biológicas llevados a cabo sólo por microorganismos. La fuente importante de carbono lábil en el suelo son los vegetales, que constituyen en polímeros como la célula, hemicelulosa, lignina y proteínas, y por una diminuta fracción (alrededor del 10% del peso seco) de compuestos solubles de menor peso molecular (Horwath, 2007).

Paul y Clark, (1989) afirman que estos complementos vegetales son una principal fuente de energía y carbono para los microorganismos del suelo. Los hongos, los actinomicetos y muchas bacterias son eficientes de producir enzimas extracelulares que hidrolizan dichos polímeros. Así, hay lugar a compuestos básicos que pueden ser sostenidos por ellos y otros que no poseen capacidad celulolítica o proteolítica, y expanden el uso de las variables carbonados a un grupo más amplio de organismos del suelo (Pedraza, Teixeira, Fernández, García, & Beatriz, 2010)

Biorremediación

Vargas 2012 afirma que el término biorremediación fue acuñado a principios de la década de los '80. Los científicos observaron que era posible aplicar estrategias de remediación que fuesen biológicas, basadas en la capacidad de los microorganismos de realizar procesos degradativos. La biorremediación es una técnica para limpiar suelos contaminados de una forma muy práctica ya que se usan a los mismos microorganismos que viven en el suelo y el subsuelo. Hay que recordar que al principio se dijo que el suelo y el subsuelo están constituidos por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y microorganismos. La biorremediación además consiste en la utilización de

microorganismos vivos como bacterias, hongos o algas para degradar los agentes contaminantes de un suelo.

Otros tipos de biorremediación

Según Glazer y Nikaido, (1995) en un estudio realizado por la agencia Atlas y Unterman encontraron que la biorremediación son técnicas biotecnológicas que utilizan la importancia metabólica de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, pero también hongos y levaduras) para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes, y, por tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas. Su campo de aplicabilidad es bastante extenso pudiendo considerarse como objeto cada uno de los estados de la materia Atlas y Unterman, (1999): de igual manera. Estos elementos transforman y metabolizan aeróbicamente los hidrocarburos y otros compuestos orgánicos hasta dióxido de carbono, agua y fuentes de alimento para sustentar su crecimiento y reproducción, es decir, la biodegradación ocurre naturalmente. Es conocido que los microorganismos indígenas tienen la capacidad de adaptarse y eventualmente degradar cualquier compuesto orgánico natural sin asistencia del hombre; sin embargo, esta adaptación requiere la presencia de condiciones ambientales apropiadas tales como el pH, temperatura, el aceptor final de electrones (que en procesos aeróbicos es el oxígeno), concentraciones de contaminante no tóxicas para los microorganismos y adecuadas condiciones de humedad y conductividad del medio, entre las más importantes. La ausencia de alguna o varias de las anteriores condiciones puede limitar parcial o totalmente la actividad biológica y es cuando la mano del hombre juega un papel fundamental en la conservación de los suelos

Elementos historias de la Biorremediación

Afirman Zobell, (1946) y Davis, (1956) que a eso de la mitad del siglo XX surgieron las primeras investigaciones direccionadas a conocer el fuerte de los microorganismos para biodegradar contaminantes.

Este “uso” intencionado recibió entonces el nombre de biorremediación ("bioremediation"). Las primeras técnicas que se aplicaron fueron similares al "*landfarming*" („labranza“) actual y sus actores, lógicamente, compañías petrolíferas. Las primeras patentes, fundamentalmente para remediación de vertidos de gasolina, aparecen en los años 70. En los años 80 se generalizó el uso del aire y peróxidos para suministrar oxígeno a las zonas contaminadas mejorando la eficiencia de los procesos degradativos.

Según Riser-Roberts, (1998) durante los años 90 el desarrollo de las técnicas de "air sparging" (burbujeo de oxígeno) hizo posible la biorremediación en zonas por debajo del nivel freático. Al mismo tiempo, la implementación en la práctica de aproximaciones experimentales en el laboratorio permitió el tratamiento de hidrocarburos clorados, los primeros intentos con metales pesados, el trabajo en ambientes anaerobios, etc. Paralelamente, se desarrollaron métodos de ingeniería que mejoraron los rendimientos de las técnicas más populares para suelos contaminados ("*landfarming*", "*composting*", etc.)

Afirman Theron y Cloete, (2000) y Watanabe, (2001) que en la cotidianidad, la biorremediación enfrenta un nuevo reto: el de convencer a las compañías y a los organismos oficiales de su alto potencial. En algunos países, la biorremediación fue una técnica poco reconocida y marginada, hoy en día se ha convertido en una verdadera industria. Esta “industria” busca seguir mejorando en sus líneas interdisciplinarias, que se

pueden resumir en los siguientes puntos: Integración en el proceso de técnicas innovadoras que ayuden a comprender y controlar los fenómenos de transporte de nutrientes y otros posibles aditivos. Desarrollo de técnicas rápidas de biología molecular que permitan caracterizar las poblaciones indígenas de los emplazamientos contaminados así como su potencial enzimático

Complementa Majoretal (2002) que la exploración de las implicaciones del concepto de biodisponibilidad ("bioavailability") definido por las propiedades físico-químicas de los contaminantes. Se trata de un factor que en muchos casos está limitando la biodegradación y en otros reduciendo la toxicidad de los contaminantes. Desarrollo definitivo de técnicas de biorremediación realmente útiles

Tipos de biorremediación

Ramos & Alfonso, (2014) afirman que pensando en la tarea de producir alimentos de buena calidad para Colombia y el mundo se piensa en la utilización de biopreparados y micorrizas como alternativa ecológica para el mejoramiento de suelos degradados por minería.

Periódicamente es producido un volumen alto de cosecha en el campo, pero solo una parte de esta es utilizada para la alimentación, dejando parte de restos, los cuales se vuelven un factor potencial de contaminación ambiental. El uso de estos restos como fuente importante de reciclaje de nutrientes, a través de su transformación en abonos orgánicos, contribuye al desarrollo de plantas y ayuda a aumentar o mantener algunas bondades del suelo. La utilidad del uso de correctivos orgánicos como el Bocashi, son conocidos a nivel mundial, aunque la literatura científica es poco clara sobre contenidos alimenticio y

prácticamente no se hace referencia a la carga microbial existente en estos materiales. La presente revisión bibliográfica resume algunos aspectos relacionados con el empleo de los abonos orgánicos, haciendo especial énfasis en el desarrollo y fabricación del abono fermentado tipo Bocashi y el empleo en la agricultura

Ramos & Alfonso, (2014) mencionan que la fabricación de los biopreparados orgánicos fermentados como el Bocashi se puede analizar como un proceso de semicomposición aeróbica de restos orgánicos a través de colonias de microorganismos que existen en los propios restos de cosecha, en condiciones controladas, que fabrican un material parcialmente estable de lenta degradación, capaz de nutrir a las plantas y al mismo tiempo fertilizar el suelo. Varios beneficios que muestra el proceso de elaboración del abono orgánico fermentado Bocashi.

La elaboración de bocashi no genera sustancias tóxicas tampoco produce olores desagradables debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de la fermentación, evitándose cualquier inicio de putrefacción. Por ello se facilita el manejo del abono, su almacenamiento, transporte y disposición de los materiales para elaborarlo (se puede elaborar en pequeños o grandes volúmenes, de acuerdo con las condiciones económicas y las necesidades de cada productor). Se pueden elaborar en la mayoría de los ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias. En esta también se autorregulan agentes patógenos en el suelo, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros. Además se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos. El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fitohormonas y fitorreguladores naturales que se activan a través de los abonos

fermentados. No exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural. Los diferentes materiales que se encuentran disponibles en las diversas zonas de trabajo, más la creatividad de los campesinos, hace que se puedan variar las formulaciones o las recetas, haciéndolo más apropiado. En la figura 1 se observa productores mezclando sustrato enriquecido con biopreparados para abonar sus cultivos y mejorar el suelo.



Figura 1. Sustrato compost enriquecido con microorganismos
Ministerio De Agricultura Y Ganadería Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA)



Figura 2. Mezcla de sustrato con Bocashi Ministerio de Agricultura y Ganadería
Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) Programa Especial Para
La Seguridad Alimentaria Pesa En El Salvador – GCP/ELS/007/SPA

Biopreparados

Los biopreparados son sustancias de uso agrícola fabricados a base de residuos vegetales fortalecidos con productos minerales, animales y enriquecidos con microorganismo benéficos como se observa en la figura 2 al sustrato se le agrega un caldo enriquecido con minerales y microorganismos tipo bocashi que ayudan a reducir los contratiempos de plagas y enfermedades o mejorar el desarrollo de los sembrados. Poseen, características alimenticias para los vegetales y repelentes que van dirigidas al manejo de insectos dañinos para el cultivo, o controladores de enfermedades. También se pueden describir como el resultado de la descomposición o fermentación (mediante la acción de microorganismos) de materia orgánica disuelta en agua, transformando elementos que no podrían ser aprovechados directamente por las plantas en sustancias fácilmente asimilables por las mismas. Promueven una mejor nutrición de la planta. Plantas sanas toleran mejor el ataque de insectos y enfermedades FAO (2010)

Clases de biopreparados

Se pueden clasificar por diversos criterios, siendo los comunes los que se describen a continuación pero enfatizando en los que apuntan al tema objeto de estudio:

- Bioestimulante / bioenraizador.
- Biofertilizantes.
- Biofunguicida.
- Bionsecticida / biorepelente.
- Biofertilizantes

Hay varias maneras de hacer biopreparados, siempre con la el propósito de potenciar sus principios activos sin causar desequilibrios en los agroecosistemas intra y periurbanos en los que se utilicen. Estos preparados los pueden elaborar los campesinos urbanos, rurales en sus hogares o huertas utilizando ingredientes y material fácil de conseguir, preferentemente cercano, que sea económico y fácil adquisición. Para la preparación de los biopreparados se deben elegir materiales económicos y básicos de conseguir en los predios de agricultores.

Globalmente se aprovechan materiales de descarte que se reutilizan como: baldes, coladores, telas o mallas para filtrar y separar, embudos, botellas, bidones, tanques, mangueras, morteros, cuchillas y machetes. Para su uso, los biopreparados pueden aplicarse puros o diluidos en agua, que cumple la función de vehículo de los principios activos. Se aplican a las hojas y tallo, con el riego al suelo de cultivo. Deben ser fáciles de preparar y adaptados a la realidad de cada agro ecosistema. Existen varios tipos de biofertilizantes, los aeróbicos que se producen en presencia de oxígeno y los anaeróbicos que se elaboran en ausencia del mismo. También se encuentran los biofertilizantes enriquecidos, cuando añaden compuestos o elementos minerales para tener un producto que agregan nutrientes a las plantas. Es aquí donde se enriquece el informe a que estos biopreparados se pueden complementar con microorganismos capaces de descomponer metales pesados acumulados en el suelo producto de la actividad minera que se ha desarrollado en la parte alta de algunos afluentes del Rio Atrato y a través de las constantes inundaciones estos materiales son arrastrados por toda la rivera del rio afectando así considerablemente las laderas donde las familias de la zona han desarrollado por décadas la agricultura como principal fuente de ingreso.

Argumenta White et al., (1998) que el entendimiento de la gran variedad microbiana del suelo es de mucha relevancia para saber que poblaciones pueden estar implicadas en la degradación de hidrocarburos. En la actualidad las técnicas moleculares de análisis bioquímico han permitido detectar muchas bacterias no cultivables, algunas de las cuales conforman colonias dominantes, arrojando información sobre su función y desempeño en el ambiente. Igualmente, la información y los resultados obtenidos facilitan reforzar las prácticas de biorremediación contempladas en el uso de la microbiota autóctona del suelo. Una alternativa costo/eficiente para renovar la calidad del ambiente en el recurso suelo es la biorremediación (Agudelo, 2010).

El éxito de esta tecnología depende de la existencia, en el lugar contaminado de microorganismos con la capacidad metabólica apropiada para transformar los compuestos xenobioticos, en compuestos que puedan ser reincorporados a los ciclos biogeoquímicos Whise, (2000). Por ésta razón, es indispensable realizar la caracterización microbiológica en el sitio del derrame (Hernández et al., 2006).

La tasa de degradación microbiana de hidrocarburos en suelos ésta condicionada por parámetros fisicoquímicos como: presencia de nutrientes (Nitrógeno, Fosforo), contenido de oxígeno (O_2 , presión parcial (P_v) de gases, temperatura (T), pH, contenido de sales, tamaño (Diámetro) y distribución de partículas (Tamices), capacidad reguladora del suelo (Margesin & Schinner, 2001) y por la solubilidad (K_{sp} y %8), concentración, cantidad y biodisponibilidad de los contaminantes (Obuekwe et al., 2005).

Uno de los principales mecanismos para eliminar los hidrocarburos potencialmente contaminantes del suelo es la atenuación natural; con esta tecnología, la biodegradación

tiene lugar in situ, por medio de procesos fisicoquímicos de interacción entre el contaminante y el suelo. Su principal objetivo es reducir la concentración del contaminante en forma natural gracias a la acción de las poblaciones nativas de microorganismos del suelo (Tempest et al., 1978).

Un reciente estudio de la Universidad Nacional de Colombia sede - Medellín demuestra que estos tipos de microorganismos tienen la capacidad de degradar metales pesados. 7 cepas bacterianas correspondientes a los siguientes géneros *Enterobacter* sp, *Bacillus* sp, *Staphylococcus aureus*, *Sanguibacter soli*, *Arthrobacter* sp y *Flavobacterium* sp, serían el complemento en los biopreparados direccionados a la biorremediación de suelos degradados por minería FAO (2010).

Clasificación de Biopreparados – Por su preparación

Bioestimulantes

Según la FAO 2013 los bioestimulantes se preparan fundamentalmente de plantas que poseen elementos que aportan y facilitan el crecimiento de los cultivos, principalmente, en sus primeros estados. Contribuyen con nutrientes, posibilitan su absorción y traslado y estimulan una mayor y más rápida adecuación de raíces.

Biofertilizantes

Es el producto de la degradación o fermentación de materia orgánica diluida en agua, lo que transforma compuestos que no podrían ser aprovechados directamente por las plantas en sustancias fácilmente asimilables (FAO 2013)

Biofunguicidas

Se preparan con elementos minerales y/o partes de vegetales que poseen propiedades para impedir el crecimiento o eliminar hongos que provocan enfermedades.

Bioinsecticidas o biorepelentes

Estos se elaboran a partir de contenidos naturales con sustancias para controlar insectos. Se extraen de algunas plantas, de los propios insectos

Pueden ser de fuente mineral. Los microbiales son un grupo de bioinsecticidas elaborados a partir de microbios (bacterias, hongos, virus) con la capacidad de provocar enfermedades a ciertos insectos catalogados como plagas. Uno de los más conocidos es el *Bacillus thuringiensis* que controla gusanos o larvas. Estos a su vez se pueden clasificar de acuerdo a su preparación y composición en:

De cocción

Se fabrican extrayendo el líquido de restos vegetales frescos mediante prensado. Los restos vegetales se cortan, se hidratan, empastan con la ayuda de algún mezclador y se les saca el líquido. El extracto se debe conservar en un frasco preferiblemente oscuro y siempre debe utilizarse diluido.

Caldos minerales

Radica en disolver en agua contenidos minerales. Los más poseen propiedades útiles en el manejo de enfermedades ocasionadas por hongos. El más conocido es el caldo bordelés. Para su uso, los biopreparados pueden aplicarse puros o diluidos en agua. Se aplican a las hojas y tallo, o con el riego del cultivo.

Macerados

Se puede preparar con insectos o plantas. Los macerados elaborados a base de plantas se hacen con plantas frescas o secas colocadas en agua durante un máximo de 3 días con la precaución que no fermenten

Purín

Se prepara a partir de estiércoles o restos vegetales que pueden ser enriquecidos con algún compuesto mineral, como cenizas. Para su elaboración se sumerge esta materia orgánica en agua de 4 a 7 días bajo la sombra. En este período comienzan a actuar hongos, bacterias y levaduras que desprenden enzimas, aminoácidos y nutrientes que son utilizados por las plantas. Durante el proceso de fermentación se observará presencia de espuma, cuando la misma baje el purín estará listo para su utilización.

Uso de los biopreparados

Diferentes bases teóricas demuestran que estos tienen diferentes formas de uso de acuerdo a la necesidad o requerimiento bien sea para aplicar al suelo como biofertilizantes o en su efecto para control de plagas y enfermedades, es de relevancia hacer mención de todo debido a que su preparación es de acuerdo a la necesidad o requerimiento del agricultor o productor, por lo tanto se puede acomodar fácilmente a la biorremediación de suelos (FAO 2013)

Las micorrizas

El botánico alemán Alber Bernard Frank en el periodo (1885), creó el término micorriza. Estas son excelentes purificadoras del suelo mediante el equipo simbiótico que se genera entre las hifas de algunos hongos del suelo (micosimbionte), con las raíces de las

plantas superiores. También se han definido como “agrupaciones entre la mayoría de las plantas existentes y los hongos benéficos, que incrementan el volumen de la raíz y, por ende, permiten una mayor exploración de la rizosfera. Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector” (Corredor, 2008).

Argumenta Rivas, (1997) que la mayoría de las plantas terrestres establecen en sus raíces al menos uno de los tres tipos de asociaciones micorrizas; de ellas, la del tipo arbuscular es la simbiosis más extendida sobre el Planeta, no solo por el número de plantas hospederas que son capaces de colonizar, sino también por su amplia distribución geográfica.

Su nombre está asociado con estructuras especializadas denominadas arbusculos, que se forman en las células corticales de la raíz como resultado de la interacción planta-hongo. Estas estructuras constituyen el punto de intercambio de metabolitos entre los dos participantes de la simbiosis (Ayling et al., 1997; Bago et al., 1998).

La simbiosis micorrízica aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, el potasio, el calcio, el zinc, el magnesio y especialmente el fósforo; mejora el transporte y la absorción de agua en el vegetal, así como la resistencia de la planta huésped a la sequía (Merryweather y Fitter, 1996; Alkaraki y Clark, 1998; Rivas, 1997 y Alkaraki, 1998). Además contrarresta el ataque de patógenos, ya sea por la ocupación previa del espacio de las raicillas o por la estimulación de los mecanismos de

defensa bioquímica, y contribuye a la formación de agregados del suelo (Dassi et al., 1998; Cuenca et al., 1998).

Tipos de micorrizas

Aproximadamente unas 5 000 especies de hongos (principalmente *Basidiomycetes*) está asociadas a los árboles forestales en las regiones boreales y templadas, estableciendo un tipo de micorrizas.

Las raíces de los árboles de las selvas tropicales, de los árboles frutales y de casi la totalidad de las demás plantas verdes, están asociadas a hongos inferiores, la mayoría microscópicos.

Estos hongos, aunque presentes en casi todo el Planeta, asociados con casi todas las plantas verdes, establecen otro tipo de micorrizas y pertenecen a seis géneros y alrededor de un centenar de especies.

Los dos tipos más comunes y conocidos son las ectomicorrizas y las endomicorrizas (Ferrera y Pérez, 1995). Cada tipo se distingue sobre la base de la relación de las hifas del hongo con las células radicales del hospedero (Popoff, 2008). Ferrera y Pérez (1995) plantean que en las ectomicorrizas el micelio invade la raíz sin entrar en el interior de las células; En el caso de las endomicorrizas el micelio invade la raíz, inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales. Dichos autores señalan que este tipo de micorrizas es muy frecuente y están extendidas en todo el planeta. Se distribuyen además, en la mayoría de los árboles de las zonas tropicales y algunos árboles de bosques templados.

La mayoría de las plantas arbóreas y herbáceas poseen este tipo de asociación, al igual que las plantas cultivadas (aproximadamente el 80%). Las endomicorrizas son particularmente importantes en los trópicos, donde los suelos tienden a retener los fosfatos.

Estos hongos inferiores que forman endomicorrizas vesículo arbusculares pertenecen a un solo grupo, las Glomales (*Zygomycetes*), con seis géneros y muchas especies distribuidas en todos los continentes; son estrictamente simbióticos y no pueden ser cultivados en cultivo puro, o sea en ausencia de su hospedero, contrariamente a los hongos ectomicorrícicos (Rede Simbiótica de biología e conservación de la Naturaleza, 2008) en términos generales, en el tiempo se encuentran más distribuidos de forma natural los hongos del tipo endomicorrizas, debido a que estas cepas son más compatibles con la mayoría de las plantas.

Otro de los principales aspectos a tener en cuenta, son los contenidos de fósforo (P) en el suelo para poder lograr una asociación mutualista exitosa entre el microorganismo y la planta, ya que en los suelos pobres en fosfatos el desarrollo de las micorrizas es pobre; sin embargo, en aquellos con presencia de P ocurre una buena multiplicación de MVA, y por tanto, los rendimientos de las cosechas son notablemente superiores.

Función de las micorrizas

Estos materiales cumplen funciones muy importantes en el ecosistema: tratan de optimizar la absorción de nutrientes en el suelo: pueden usar formas orgánicas e inorgánicas de nitrógeno y fósforo, pueden aprovechar el amonio y los nitratos, y acceden a fuentes de fósforo no disponibles para las plantas.

Gonzales, (2012) afirma que estos materiales aumentan la absorción de agua, protegen a la raíz frente a parásitos e interaccionan con otros microorganismos, por ello produce una mejora en el crecimiento y en la nutrición vegetal. Las plantas que no tienen micorrizas son más débiles y pequeñas que aquellas que presentan estas asociaciones. Además, se piensa que las micorrizas tuvieron mucho que ver en el proceso por el que las plantas colonizaron la tierra hace más de 400 millones de años. Se cree que una relación similar entre un hongo y un alga verde pudo haber ayudado a esta a sobrevivir fuera del entorno acuático.

La absorción por lo que se extienden por el suelo proporcionando agua y nutrientes y protegiendo las raíces de algunas enfermedades. A cambio, el hongo recibe el azúcar que necesita, proveniente de la fotosíntesis de la planta. La mayoría de las plantas realizan esta simbiosis con los hongos, para lo cual es necesario que las condiciones medioambientales sean favorables a ambos.

Según Rodríguez, (2007) las micorrizas cumplen una función esencial en el ecosistema terrestre, desempeñando una serie de funciones esenciales para la salud de muchas plantas y cultivos. La tarea del hongo es colonizar biotróficamente la corteza de una raíz determinada, sin causarle daño alguno, sino que se integra llegando a formar parte de ella. A su vez, el hongo también coloniza el suelo que rodea la raíz mediante su micelio externo, de manera que ayuda al huésped a adquirir nutrientes minerales y agua.

El hongo, coloniza las raíces y es imprescindible, acrecentando un filamento de micelio, conformado por muchas hifas, que en forma de sistema radical y grandemente efectivo, aporta a la planta a recibir variedad de nutrientes y agua del suelo, las micorrizas

incluyen unos procesos los cuales son: germinación de la espora, crecimiento de micelio en preinfección, ramificación, formación de apesorio, penetración, colonización del hongo formación de arbusculos, formación de vesículas formación de esporas.



Figura 3. Hongos micorrizicos

https://estag.fimágenes.com/img/3/d/b/y/dby_900.jpg

En la figura 3 se ilustra un hongo micorrizicos. Las micorrizas en el suelo aumentan el área de absorción de la raíz en el suelo, posibilitan a la planta la obtención y adquisición y de fósforo, mejoran la adquisición y la absorción del nitrógeno y del cobre, limitan la absorción de metales pesados tóxicos como el zinc y el cadmio, mejoran el flujo de agua, aumentan la resistencia contra agentes patógenos. Las especies vegetales que forman micorrizas presentan una fisiología y una ecología diferentes de aquellas que no forman esta asociación. Mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo: lo estabilizan para la formación de agregados y el enriquecimiento en materia orgánica (Franco 2017).

Las micorrizas brindan mayor estabilidad, permiten la agregación de las partículas de suelo, evitan la erosión, modifican las poblaciones de microbios benéficos y patógenos presentes en el suelo, influyen en la dinámica del carbono orgánico del suelo además influyen mucho en la fertilidad del suelo.

Las micorrizas absorben azúcares de la raíz de las plantas e introducen nutrientes como el fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, azufre, zinc, etc. en su sistema vascular, Cuando los cultivos están bajo condiciones de estrés hídrico se observa un mayor contenido en proteínas. De esta forma se comprueba que una situación de estrés produce un adelanto en la síntesis de proteínas de alto peso molecular en las plantas no micorrizadas. Por tanto, el patrón proteico de determinadas proteínas puede verse alterado en estadios tempranos del desarrollo de frutos, por ejemplo, en plantas micorrizadas se frena este efecto.

La micorrización (aplicación/inoculación de micorrizas), podría atenuar las alteraciones provocadas por la falta de agua y mejorar la capacidad de resistencia al estrés. Es importante además mencionar que las micorrizas tienen una importante función en la mejora de absorción de agua por las plantas. Las micorrizas hacen más eficiente el sistema radical de las plantas, pues son capaces de alcanzar, a mayor distancia, nutrientes y agua, donde las raíces no podrían llegar.

Este beneficio hace que las plantas sean más eficientes antes situaciones de estrés hídrico. Gracias a la mayor asimilación ya no solo de agua, sino de nutrientes (minerales, sales, etc.) facilita un aumento en la producción y una mayor calidad biológica. El uso de micorrizas en los cultivos provoca en éstos, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes. Además, estos microorganismos en el suelo tienen la capacidad de movilizar una gran cantidad de nutrientes que antes no estaban disponibles para las plantas. En términos muy generales, las micorrizas ayudan a mejorar la fertilidad de los suelos” (Franco, 2017)

El hongo, coloniza las raíces y es imprescindible, acrecentando un filamento de micelio, conformado por muchas hifas, que en forma de sistema radical y grandemente efectivo, aporta a la planta a recibir variedad de nutrientes y agua del suelo, las micorrizas incluyen unos procesos los cuales son: germinación de la espora, crecimiento de micelio en preinfección, ramificación, formación de apresorio, penetración, colonización del hongo, formación de arbusculos, formación de vesículas y formación de esporas.



Figura 4. Basidiomicetos: Amanita, Cantharellus
(Salgado, 2010)

Como se observa en la figura 4 las micorrizas se asocian con el suelo y terminan haciendo parte de este. Un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrimentos. Además, estos microorganismos en el suelo tienen la capacidad de movilizar una gran cantidad de nutrimentos que antes no estaban disponibles para las plantas. En términos muy generales, las micorrizas ayudan a mejorar la fertilidad de los suelos” en la figura 5 se ilustra algunos tipos de micorrizas como son los Zygomycetos.

Clases de Micorrizas

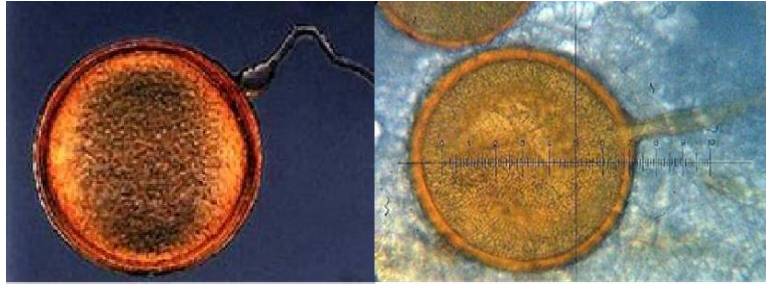


Figura 5. Hongos Zygomycetos
(Salgado, 2010)

Tabla 2. Ubicación Taxonómica y géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares

Pylum	Clase	Orden	Familia	Genero
Glomeromycota	Glomeromycetes	Glomerales	Glomeraceae	<i>Glomus</i>
		Paraglomerales	Paraglomeraceae	<i>Paraglomus</i>
		Archeosporales	Archeosporaceae	<i>Archeospora</i>
		Diversisporales	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>
			Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>
			Diversisporaceae	<i>Diversispora</i>
		Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>	

Mosquera (2020)



Figura 6. Colonizaciones de micorrizas
(Salgado2010)

La ilustración en la figura 6 muestra como las micorrizas colonizan el suelo. Se pueden distinguir 3 grupos fundamentales según la estructura de las micorrizas formadas por las ectomicorrizas o formadores de manto.

Ectomicorrizas

El primer tipo se caracteriza por una modificación morfológica de la raíz que pierde sus pelos absorbentes y generalmente los extremos se ramifican profusamente y se acortan ensanchándose.



Figura 7. Raíces modificadas en la ectomicorriza formada por un hongo desconocido sobre *Fagus sylvatica*.

<http://www.biologia.edu.ar/fungi/micorrizas.htm>

Raisman y González (1998 al 2007) afirman que el extremo de una raíz ectomicorrizada típicamente está cubierto por un manto de hifas, como una vaina, que puede ser desde una capa floja hasta pseudoparenquimática (como se observa en la figura 7). Desde este manto se extiende una red de hifas entre las primeras capas de células de la corteza radical y rara vez llegan hasta la endodermis, pero sin entrar en el interior de las células, de aquí el nombre de ectomicorrizas. Esta red se llama "red de Hartig", donde las hifas también pueden tener muy variadas formas. Desde el manto hacia afuera se extiende la red miceliar, incluso llegando a formar cordones especializados en la conducción de sustancias.

Las ectomicorrizas están ampliamente dispersas en la naturaleza y se estima que el 10% de la flora mundial presenta este tipo de asociación. Principalmente las familias *Pinaceas*, *Betulaceas*, *Fagaceas*, y también *Ericaceas* y algunas *Myrtaceas*, *Junglandaceas* y *Salicaceas*.

Los hongos que forman estas micorrizas son en general los conocidos hongos de sombrero, como "amanitas" y "boletos". Solo en Norte América son más de 2.000 especies, en su mayoría *Basidiomycetes* y algunos *Ascomycetes* ("trufas").

Muchos de estos hongos pueden ser cultivados en cultivo puro, aislados de su planta huésped, pero no pueden formar carpófagos en su ausencia.

El segundo tipo más extendido de micorrizas provoca pocos cambios en la estructura de la raíz. Generalmente no se observa un crecimiento denso de hifas en la superficie de la raíz, no hay un manto. Sin embargo hay una red miceliar interna. El micelio penetra en la raíz, donde inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales.

Una vez dentro de las células, forma minúsculas arborescencias muy ramificadas que se llaman arbusculos. Estos arbusculos son los que aseguran una gran superficie de contacto entre ambos simbioses. Estos arbusculos tienen una vida efímera, de algunos días hasta algunas semanas, y siempre terminan por ser digeridos por la planta hospedadora.

También en el interior de la raíz se encuentran comúnmente vesículas, que son los órganos de reserva del hongo. Por la producción de estas vesículas y arbusculos, estas micorrizas reciben comúnmente el nombre de V-A.

Este tipo de micorrizas es muy frecuente y está extendido en todo el planeta. Se la encuentra en la mayoría de los árboles de las zonas tropicales y algunos árboles de bosques templados, como el arce y el fresno, y algunas coníferas como la araucaria.

La mayoría de las plantas arbustivas y herbáceas poseen este tipo de asociación, y casi la totalidad de las plantas cultivadas, con la excepción de las crucíferas y las quenopodiáceas.

Estos hongos inferiores que forman endomicorrizas V-A pertenecen a un solo grupo, las Glomales (*Zygomycetes*), con seis géneros y un centenar de especies distribuidas en todos los continentes.

Estos hongos son estrictamente simbióticos, y no pueden ser cultivados en cultivos puros, o sea en ausencia de su hospedador, contrariamente a los hongos ectomicorrícicos (Raisman y González 1998 al 2007).

Apoyado en Alexander et al., (2015) existen múltiples estudios basados en la biorremediación de suelos, pero en gran parte están direccionados solo al uso de microorganismos, en este trabajo tipo monografía se va a recopilar toda la información posible sobre uso de biopreparados y las micorrizas direccionados a la biorremediación de suelos ya que estos primeros se fortalecen con microorganismos que aceleran el proceso para la descomposición de los ingredientes de este (desechos de cosecha) y se asocian con las micorrizas haciendo una relación mutua entre plantas/suelo/microorganismos. Algunos proyectos de investigación en asocio realizados en la región pacífica directamente en el departamento del Chocó, por instituciones como el INSTITUTO NACIONAL DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE (SENA) Y LA CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ (CODECHOCO).

Fueron tomados como referentes para fundamentar esta revisión debido a que este es un tema nuevo pero de mucha importancia desafortunadamente no se cuenta con mucha información científica soportada, lo que hace un poco complejo una amplia fundamentación teórica.

RESULTADOS

En 1998 la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó – CODECHOCO en conjunto con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), ejecutó el programa de “Capacitación en Técnicas de Explotación y Alternativas de Producción Sostenibles en el Departamento del Chocó”, por lo cual figura uno de los primeros sacrificios que casualmente hubo interés por profundizar en la dificultad ambiental generada por la desmedida explotación minera. En atención a ello se formuló el Proyecto de Restauración Ambiental de las áreas degradadas por la actividad minera mediante la aplicación de técnicas de repoblamiento vegetal en el municipio de Cétegui – departamento del Chocó

El fin del proyecto era rebajar las gigantescas áreas degradadas para la tarea minera en el Municipio de Cétegui, en el departamento del Chocó. Este objetivo fue logrado por medio de técnicas de ocupación de plantas con el uso del Kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*). Esta especie se puede asociar fácilmente con micorrizas para fortalecer y favorecer el desarrollo vegetativo de estas plantaciones. Posteriormente realizó el proyecto una Evaluación de la Adaptabilidad de especies vegetales en áreas degradadas por actividad minera en Territorios de Comunidades Afrodescendientes e Indígenas del Chocó Biogeográfico – Cétegui.

Leycer, (2015) afirma que otro estudio desarrollado en el año 2010 por el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico – IIAP, informó los resultados de la investigación y la estación ambiental del alto San Juan. En el cual las especies evaluadas fueron Piñón (*Jatropha curcas*), Balso (*Ochroma pyramidalis*), Achiote (*Bixa orellana L*) y Acacia (*Acacia mangium*)

Es muy importante contar con la gran contribución que hace el reino fungí a la restauración de los suelos en especial cuando sobre él predominan pasturas que les son agradables como es el caso del pasto maní forrajero. A esta contribución restauradora se unen 31 especies de las cuales sobresalen la especie *Glomus* y la especie *Gigaspora*, (*Glomeromycota*) que también sirven como biofertilizantes en cultivos de ganadería, la relevancia del suelo nos enseña que es un componente vivo del ecosistema, en sus estructuras como principio natural y dinámico, que establece la interrelación entre la corteza terrestre y su interacción agua-suelo-animales y el hombre.

Microorganismos solubilizadores de fósforo

Según lo expuesto por (Awasthi y otros, 2011) una de las sustancias más importantes y menos presentes en las plantas es el fósforo (P). A pesar de contener un aproximado de fosforo total casi en todos los suelos, pese a ello la mayoría poseen un inadecuada sustitución de este, aprovechable para la alimentación de los cultivos, cosa que propicia deficiencias en distinto grado de severidad, con graves repercusiones en los grados de productividad y rendimiento. Esta necesidad de deficiencia es superada normalmente con la aplicación de productos ricos en fósforos, alternativa que pese a su eficiencia implica enfrentarse a varias dificultades: como altos costos energéticos y económicos, además de

muy baja eficiencia, acumulación fuerte de fosfatos en el ambiente, y escasez mundial de roca fosfórica, insumo esencial para la producción de fertilizantes fosfóricos.

En estas condiciones, la utilización biotecnológica de microorganismos con capacidad para solubilizar las reservas fosfóricas del suelo merece especial atención por sus múltiples ventajas (Antoun, 2012; Zaidi y otros, 2014).



Figura 8. Compost biodinámico
(Lanthier, 2020)

Rocha (2012), teniendo en cuenta la afectación de los suelos en la producción de Papa (*Solanum tuberosum* ssp) presenta durante su estudio la recuperación de los mismos, mediante técnicas como la denominada Compost Biodinámico como se ilustra en la figura 8 es una preparación en la que se incluye estiércol de vaca, caña de maíz, gallinaza pura y otros agregados entre las que están las flores de Manzanilla (*Matricaria recutita*), flores de la Milenrama (*Achillea millefolium*), Ortiga mayor (*Urtica dioica*), Flores de Diente de león (*Taraxacum Officinale*), flores de la Valeriana (*Valeriana Officinalis*) y corteza de Roble (*Quercus*). Toda la anterior materia prima es picada, combinada y aplicada al suelo, previo a un arado mecánico para permitir una acción más rápida. Dentro de ésta técnica tienen gran importancia algunos agentes bacterianos (*Pseumomonas*, *Clostridium*, *Staphylococcus*) quienes cumplen la función de acelerar la descomposición del material. Al final estas

bacterias provenientes del mismo estiércol desaparecen del terreno minimizando el riesgo de contaminación. El estudio finalizó con muy buenos resultados en frutos en cuanto a su envergadura y cantidad, además la calidad del suelo no se afectó en postcosecha, mejoró sus propiedades y aumentó su porosidad.

Biomíneralización

Una técnica importante para darle resistencia al suelo frente a la erosión donde organismos bacterianos nativos de los suelos contribuyen creando minerales amorfos a través de la carbonotogénesis. (Valencia et al., 2012) hace referencia a bacterias con capacidad de producir carbonato de calcio (CaCO_3) ayudados con un nutriente preparado llamado B4 que se compone de 15g de acetato de calcio, 4g de extracto de levadura y 5g de glucosa, para 1 litro de agua destilada a pH 8,0. Se debe coger un pedazo de tierra a 1,20m de hondo y seleccionar de ello 10g de suelo que deberán ser diluidos, posteriormente agregarse al suelo y permitir 15 días de acción para empezar a obtener resultados entre ellos cuales está la reducción de la plasticidad, mayor estabilidad estructural, resistencia a la compresión, entre otras propiedades del suelo que le contribuyen especialmente a evitar la erosión.

Partiendo de diferentes conceptos científicos estudiados como los de Coral (1998), referentes a la importancia del suelo, se puede decir que el suelo conforma un bien esencial para el desarrollo socioeconómico además de ser el soporte físico y químico de todo el medio ambiente. La degradación es definida como la pérdida definitiva en la función y productividad de la biosfera, causada por alteraciones, antrópicas a partir de las cuales el suelo no puede recuperarse sin ayuda. La presencia de diferentes microorganismos en el suelo facilita el mejoramiento de sus propiedades fisicoquímicas y de vida su presencia o de

ausencia sirve de indicador de calidad, por la cual el uso de biopreparados ricos en presencia de estos es una buena alternativa. La compactación del mismo provocada por el uso de maquinaria pesada agrícola y el pisoteo animal (ganadería) se ha convertido en un problema global debido a que este pierde propiedades físico-químicas y deja de ser productivo. El terreno constituye el medio fundamental o imprescindible de la producción agropecuaria, base de la economía Colombiana ya que es un país primario.

Cuando se habla de dinámica de suelos se requiere un análisis profundo para comprender las incidencias producidas en el terreno de forma excesiva y permanente como son el tránsito de maquinarias, aplicación de fertilizantes, excesiva carga animal entre otras. Cabrera, (2015).

Para resolver en parte las problemáticas que acarrear suelos compactos (nula porosidad, cero retención de agua, acidez, escasas propiedades químicas, orgánicas y estructural) Mejía et al., (2015) describe la existencia de mecanismos como la desintegración y aprovechamiento de los RCD (Residuos de la Construcción y la Demolición) que ricos en componentes químicos pueden permitir el arraigo y la penetración de las raíces de las plantas. Uno más lo presenta Andrade et al., (2016) la cual es la implementación de cobertores vegetales como es el Maní Forrajero (*Arachis pintoi*) planta rastrera que abriga el terreno y permite el enriquecimiento en materia orgánica, además de la sobreexposición al sol y excelente alimento a especies pastoriles.

Otro de los más conocidos y expuestos por Rosas et al., (2016) es el aprovisionamiento forestal de los terrenos, específicamente con el árbol de caucho (*Hevea brasiliensis Muell*) esta especie es especial para terrenos de lomerío y arcillosos como los

habidos en el departamento del Caquetá pudiendo mejorar las características y restaurarlas a un punto similar a las de un bosque secundario. Los anteriores mecanismos de Biorremediación fueron comprobados en terreno con alta probabilidad de éxito en distintos puntos de la geografía colombiana.

Estudios realizados por instituciones como, Universidad EAFIT y la Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENICAÑA), la Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB), el Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) afirman que la utilización de organismos genéticamente modificados (OM) propician o ayudan a mejorar la calidad del suelo deteriorado, acción que es de mucha utilidad para los agricultores debido a que ayuda a la solución de este mal padecido en muchas regiones de Colombia y el mundo.

El empleo de la Dolomita, Calizas y Zeolitas como abonos minerales asociados con material orgánico (compost), es una alternativa previamente tratada y descrita por (Colás Sánchez et al., 2015) donde aplicada a territorios ferralíticos compactos les permitió mejorar su estructura y hacerse a mayor aireación, retención de agua y por ende de humedad, habilitando la posibilidad de reactivar labores agrícolas sobre el mismo. El estudio de compactación de los suelos descrito por Chávez-Negrete et al., (2016) fue necesario estudiarlo para tenerlo en cuenta durante la construcción de una vía, pues su composición y durabilidad en el tiempo son base informativa importante para la ejecución de este tipo de proyectos. La incidencia del tránsito permanente hace que la compactación se agrande a través del índice de humedad ya que por este factor se afectan los suelos cuando se hacen a la presión constante haciendo que se mezclen las propiedades y se pierda

la originalidad y/o estabilidad. Las talas excesivas de bosques permiten un deterioro considerable, toda esta actividad se suma a los daños causados por el derrame de diesel que van arrojando las maquinas al recorrer el terreno en la extracción de los metales preciados como lo son oro, platino, cobre entre otros.

Diferentes estudios realizados por importantes universidades demuestran la principal causa de las deformaciones afirmó es el desprendimiento por humedecimiento, aunque pueden existir otras causas más relevantes como la erosión interna que después conduce a un desprendimiento interno (Chávez-Negrete et al., 2016). Como los suelos compactados están saturados por partes, es pertinente comprender su estabilidad en tamaño, teniendo en cuenta los criterios mismos de la mecánica de suelos parcialmente saturados como: la curva de retención, la variación de la permeabilidad, el flujo de agua y el clima de la zona. En el caso de los terraplenes requiere que el suelo sea poco compresible, con una resistencia alta, además de ser poco susceptible al colapso por humedecimiento.

Lo preferible es que se realice un estudio en laboratorio para determinar las condiciones y el tipo de suelo que cuente con las propiedades mecánicas específicas en el proyecto y, por otro lado, que se determinen las condiciones de compactación en campo para alcanzar estos requerimientos (Chávez-Negrete et al., 2016).

Las condiciones dinámicas que tienen los suelos son obtenidas tanto en ensayos de laboratorio como en ensayos “in situ”, estos son de gran importancia ya que determinan el comportamiento del suelo a pequeñas y grandes escalas esto debido a que estas cargas logran un cambio en el estado tensional del suelo, afectando la estabilidad del mismo, su entorno y las obras existente a su alrededor también estos efectos disminuyen el volumen

ocupado por los poros e incrementa la densidad aparente y la tensión de este (Laureda, Botta & Tobón, 2015).

El uso de la Biotecnología aplicada al mejoramiento de suelos degradados busca compensar todos estos impactos producidos por la acción propia del hombre, la producción de agentes Biofertilizantes como fijadores de nitrógeno, fosfatos, y promotores del crecimiento vegetal, así mismo la aplicación del sistema rizosférico microbiano, este cumple un papel fundamental para que la planta consiga mejorar sus capacidades de adaptación a un ambiente cambiante Gutiérrez, (2016).

Todas estas investigaciones se vienen realizando con múltiples usos de la biotecnología a partir de aislamientos de suelos de uso agrícola para mitigar los diferentes impactos. También las lombrices de tierra resultan útiles como fuente bioindicadora del estado de los suelos ya que estos son organismos que responden a las perturbaciones que se realizan en estos, además, influyen en los procesos que se dan en el interior del suelo, permitiendo mejorar sus características. (Gutiérrez-Sarmiento et al., 2014). Éste ha sido el caso de la Lombriz de Tierra (*Pontoscolex corethrurus*) la cual se reproduce y vive por su edad joven en terrenos ácidos y compactos, permitiéndole recuperar sus características fisicoquímicas, es resistente a ambientes húmedos en un 55% porque del 60% en adelante su población se diezma afectando la evolución orgánica de los suelos.

Reunidos todos estos conceptos técnicos científicamente dan soporte para proponer los biopreparados y las micorrizas como alternativas útiles a la biorremediación de suelos degradados en especial por minería los primeros como ya se ha dicho en varios apartes se pueden combinar con diferentes tipos de microorganismos capaces de utilizar todas esas

sustancias que son tóxicas para el suelo y utilizarlas para su metabolismo y en contrapartida aportar sustancias benéficas al suelo.

La aplicación de correctivos orgánicos sobre los suelos deteriorados puede ser uno de los pasos a seguir, para favorecer la recuperación y sostenimiento de estos suelos, debido a las mejoras que se registran. Con la aplicación de las enmiendas orgánicas, más la implementación de una buena disciplina de buenas prácticas agrícolas, podemos mitigar la degradación y/o erosión de suelos amenazados por distintas malas prácticas antrópicas, recuperando, además, algunos de los suelos, ya degradados desde el punto de vista agrícola o ambiental, aumentando y/o recuperando la productividad de estos.

Apoyado en la definición de diferentes autores (Cuenca et al., 2007; Guerra, 2008; Phosri et al., 2010; Fitter, Helgason y Hodge, 2011; Pellegrino et al., 2011; Andrews, Cripps y Edwards, 2012) se puede afirmar que las micorrizas aportan al fortalecimiento nutricional, especialmente en la absorción de fósforo en los vegetales, en ecosistemas del agro al igual que en los nativos. Esta relación de intercambio mutuo permite la mejora, la captación de agua y otros nutrientes, más la transferencia de nitrógeno a partir de varias fuentes. La relación simbiótica de la micorriza no sólo interviene en el ciclo de nutrientes en el sistema suelo/planta, sino que también mejora la sanidad vegetal a través de una protección incrementada contra el estrés, ya sean biótico o abiótico, sequía, salinidad, metales pesados, contaminantes orgánicos, y mejoran la estructura del suelo por medio de la formación de agregados pequeños útiles para un buen grado nutricional e hídrico de la tierra.

El valor de los abonos verdes como vía para el suministro de nitrógeno ha sido reconocido durante siglos por los agricultores. Otro beneficio asociado a la utilización de este tipo de plantas con asociación micorrizica es que incrementan la actividad y diversidad de los microorganismos del suelo, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA).

A pesar de que los medios Biotecnológicos que acarreen el empleo de microorganismos genéticamente modificados para cumplir una labor específica, siempre se correrá el riesgo de que estos seres muten gracias a los procesos metabólicos que cumplen, afectando la salud humana y la estabilidad de los suelos cuando se saturan de estos, pero aun así son de muchísima ayuda en la recuperación de los suelos, organismos nativos del mismo suelo y de las cavidades intestinales (probióticos) de los seres vivos son bioestimulados para restaurar benéficamente las propiedades y aspectos litosféricos primordiales que permitan germinar vida sana para que ésta produzca frutos de calidad.

Además, los beneficios son tan inmejorables que el estado del suelo en post-cosecha no se afecta ya que culmina su tiempo conteniendo las mismas características con las que se comenzó en la siembra. Ya por lo tecnológico, otros microorganismos (anélidos y hongos) y fitorremediación las cosas son un poco más seguras al fin último, pues de ellas no hay mutación genética, algunos no la requieren y actúan de acuerdo a la naturaleza de las mismas. En el caso de la fitohormona etileno es el componente químico gaseoso quien le da funcionalidad a ésta, induciendo a la formación de raíces y permitiendo que engrosen, además de permitir la generación de frutos de gran envergadura siempre y cuando la planta no presente estrés por encharcamiento, calor, congelación y otros factores que alteran la estabilidad de la misma.

Según Da Silva (2017), y apoyado en todo lo anteriormente descrito, la tierra es una estructura frágil del medio ambiente, un recurso natural no renovable ya que su formación y regeneración es muy lenta mientras que los procesos que contribuyen a su degradación, deterioro y destrucción son mucho más rápidos.

Conceptos emitidos por varios autores (Antoun, 2012; Chuang et al, 2007; Paredes, Mendoza y Espinoza, 2010; Archana et al, 2012; Khan et al, 2014) han demostrado que la mayor parte de las bacterias son capaces de disolver el fosforo y que la actividad está ceñidamente relacionada con la producción de ácidos orgánicos, como resultado de la respiración oxidativa o de procesos fermentativos microbianos cosa que sigue dando argumentos para la utilización de biopreparados como alternativa biotecnológica aplicada al mejoramiento de suelos degradados.

Otra alternativa biotecnológica involucra varias redes genéticas donde la fitohormona etileno desempeña un papel clave ya que las plantas cultivadas en suelo compactado exhiben frecuentemente reducciones en el crecimiento de raíces y brotes, esta hormona permite la aparición de condiciones favorables para la interacción planta/suelo lo que permite una regulación directa de la vida útil de las plantas. La biosíntesis de etileno y su percepción influye en la adaptabilidad y el rendimiento del cultivo en diferentes condiciones de estrés. Se ha demostrado que otras hormonas vegetales pueden influir positiva o negativamente en este equilibrio (Noushina, Nafees Ferrante, Trivellini, & Francini 2017)

Conclusiones

La biotecnología permite enfocar soluciones desde lo oculto al poder del ojo humano, son los microorganismos la materia prima de investigación en la solución a problemáticas como la que atañe la degradación de suelos; el reino fungí y mónica, antes temidos y esquivados por el interés humano son piezas muy elementales y aliadas en los últimos tiempos para el restablecimiento o soporte de las afectaciones a la naturaleza que le infringe las personas.

Es importante mantener la originalidad del suelo, que se altera desde el momento en que las prácticas obsoletas referentes a su uso son implementadas con objetivos egoístas que centran la idea de explotación de bienes y servicios pero no las de retribución por los mismos. El análisis de la compactación de suelos ha permitido definir que el nivel de afectación edáfica se da por factores como el agua, el tipo de arcilla o componentes fisicoquímicos y el ritmo al cual los agentes compactadores (animales o máquinas) ejercen su paso por esos terrenos.

El suelo es un elemento bastante importante, ya que este genera, algunas variables como: Minerales, rocas, residuos de plantas, animales y aguas. Donde sí este, permanece estable sin afectación de variables negativas como químicos, puede fortalecerse y dar una vida normal, pero si esto pasa al revés, se perjudican los habitantes, animales y todo tipo de insectos.

Al proponer biopreparados y micorrizas como alternativas de solución, se idea una nueva forma en el medio para mitigar flagelos que atañen a productores de la zona, ya que las micorrizas se asocian con el suelo para favorecer su funcionalidad.

La sobreexplotación agropecuaria, la minería principalmente la que se realiza con maquinaria pesada tiene efectos negativos sobre el suelo y el ambiente, como la disminución de la actividad biológica, la contaminación ambiental, la reducción en la disponibilidad de nutrientes, que generan cambios en la estructura y composición química del suelo, lo cual provoca la degradación y la desertización de ecosistemas.

Se requieren de estrategias que incorporen vida a estos suelos compactados para que sean más amigables con el ambiente, es por ello se hace necesario incorporar sustancias como los biopreparados para que contribuyan a fortalecer la producción intensiva, más no expansiva, ayudando a evitar el problema de desalojo de tierras productivas a campesinos de pequeña escala de producción.

El desarrollo de tecnologías nuevas por medio de este trabajo nos abrirá caminos de mejoramiento y recuperación de suelos degradados, que permitirán su uso constante, disminuyendo costos de expansión a otros predios, generando a mediano plazo rentabilidad productiva, y se procurara disminuir la compra de fertilizantes por medio de una agricultura de precisión ya que los suelos estarán óptimos para su explotación adecuada.

Recomendaciones

Proponer más estudios biotecnológicos que permitan claramente garantizar el uso biopreparados y micorrizas como fuente de biorremediación de suelos degradados por minería en el territorio nacional e internacional.

Se recomienda divulgar más acciones enmarcadas en la utilización de los avances biotecnológicos direccionados la creación y aplicabilidad de métodos como fuente de biorremediación de suelos.

Referencias Bibliográficas

- Abdo, G. y Riquelme H. (2008). Las aromáticas en la huerta orgánica y su rol en el manejo de los insectos. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuaria. Salta (Argentina)
- Alexander C. et al., (2015). Diversidad de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) en suelos compactados y no compactados del municipio de San Marcos, Sucre-Colombia. *Revista colombiana de Ciencia Animal - recia*. 7. 185.
10.24188/recia.v7.n2.2015.267
- Cabrera R. (2015) Efecto del cambio de grado de saturación en el módulo de corte y factor de amortiguamiento en suelos compactados parcialmente saturados mediante el equipo de columna resonante.
- Coyne, M. *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. Ed. Paraninfo. 416p.
- Carlos Chávez, José de Jesús Espinosa, Jorge Alarcón-Ibarra, José Eleazar, Arreygüe-Rocha, Colapso por humedecimiento en los terraplenes de la autopista Paztcuaro-Uruapan. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVII (02) (2016), pp. 201-210
- Colás Sánchez, A., Machado de Armas, J., Bladimir Díaz, M., Cairo Cairo, P., & Padrón Hernández, I. (Julio de 2015). Uso alternativo de abonos órgano-minerales en suelos ferralíticos rojos compactados. *Centro Agrícola*, 33(3), 31-34 recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/composicion/morfologia.pdf>
- Ferrera y Alarcón A. 2007. *Microbiología agrícola*. Ed. Trillas- 568p. • Madigan, M; Martinko J; Parker J. 2000. *Brock. Biología de los microorganismos*. 8ª edición. Ed. Pearson. 986p.
- Franco J. (2017). *Efectos de las Micorrizas sobre las Plantas*. España: Universidad de Sevilla.
- González V. (2012) Estudio de la mejoría de un suelo tropical a partir de técnicas biotecnológicas utilizadas en campo.

Gutiérrez, F. J. (2016). Aplicación biotecnológica de bacterias rizosféricas: elicitación de sistemas defensivos sistémicos en relación con la producción de compuestos con interés farmacológico y alimentario. Retrieved from

<http://search.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true>

Gutiérrez, M. C., & Cardona, C. M. (2014). Caracterización ecológica de las lombrices (*Pontoscolex corethrurus*) como bioindicadoras de suelos compactados bajo condiciones de alta humedad del suelo con diferentes coberturas vegetales (Zipacón, Cundinamarca)-Ecological characterization of earthworm (*Pontoscolex corethrurus*) as bioindicator of soil compacted by livestock activity, under conditions of high soil moisture, within different vegetation cover (Zipacón, Cundinamarca).

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/22690/39018>. [Consulta: 2019,

agosto 22.] Use the "Insert Citation" button to add citations to this document.

<http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/biopreparados-para-el-manejo-sostenible-deplagas-y-enfermedades-en-la-agricultura-urbana-y-periurbana/> y revisado bajo la supervisión técnica de Alberto Pantoja, Ph.D Oficial de Producción y Protección Vegetal RLC Oficial Técnico Líder del Proyecto.

Huerta A., y Chiffelle, I. Propiedades insecticidas del árbol del Paraíso (*Melia Azederach*). Cap. 5. En Revista de Extensión Ambiente Forestal. N° 3 Fac. Cs. Forestales, U. de Chile. www.forestal.uchile.cl/ambiente_forestal/ambiente...3/cap5.pdf

IDEAM. (2006). Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono. Bogotá: Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental.

Iqbal N., Khan N. A., Ferrante A., Trivellini A, Francini A., Khan M. I. R. (2017) Ethylene Role in Plant Growth, Development and Senescence: Interaction with Other Phytohormones

<http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00475/full#B82>

Kremer R. (2016) Biotechnology Impacts on Soil and Environmental Services. University of Missouri, Columbia, MO, United States

Lanthier R. Revista de divulgación científica Facultad de Ciencias Agrarias – Uncuyo
Número 11 - Año 2020 ISSN 2422-6254

Mediavilla M. 2010 IPES / FAO (2010). “Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana”. Primera Edición, noviembre de 2010. UCT SUR AMBA (2013). “Manejo agroecológico de plagas y enfermedades”. Cartilla

Leon, O. (09 de 02 de 2004). El tramo prohibido del Antro. El Tiempo, págs.

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1512526>.

Mejía E., Osorno L., & Osorio N. (2015). Residuos de la construcción: Una Opción para la Recuperación de Suelos. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext
[HYPERLINK "http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-)

Madigan, M; Martinko J; Parker J. 2000. Brock. Biología de los microorganismos. 8ª edición. Ed. Pearson. 986p. página 50-51 en el documento

Noda, Y. (2005). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, 2.

Ossa, P. (1962). Anotaciones Sobre el Choco. Sociedad Geografica de Colombia, 1.

Palm C., Sanchez P., Ahamed S., y Awiti A. (2007) Soils: A Contemporary Perspective. Annual Review of Environment and Resources. 32:99–129.
10.1146/annurev.energy.31.020105.100307

Pascua, R., & Venegas, S. (05 de 01 de 2018). La materia organica del Suelo, el Papel de los Microorganismos. Obtenido de Universidad de Granada:
<https://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>

Patiño-Torres, C. O., & Sanclemente-Reyes, O. E. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. Entramado, 10(2), 288-297.

- Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández, A., Garcia, I., & Biatriz, B. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 155.
- Ramos, D., & Alfonso, T. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 55.
- Rede Simbiotica de Biologia e Conservacion de la Naturaleza. (01 de 01 de 2008).
Obtenido de <http://www.simbiotica.org/fungi.htm>
- Rocha Vargas, M. A., Sánchez, J., & Azero, M. (2012). Estudio del mejoramiento de la calidad del suelo por el uso de diferentes enmiendas orgánicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenavar.* Waycha) en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5(4), 417–444. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext
[HYPERLINK "http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-)
- Rodríguez, M. J. (01 de 02 de 2007). [permaculturescience.org](http://es.permaculturescience.org/paginas-espanolas/3-cuidar-la-tierra/suelo/biologia-y-ecologia/micorrizas). Obtenido de <http://es.permaculturescience.org/paginas-espanolas/3-cuidar-la-tierra/suelo/biologia-y-ecologia/micorrizas>
- Rosas Patiño, H., Muñoz, J., & Suárez Salazar, J. C. (Junio de 2016). Incidencia de sistemas agroforestales con *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. sobre propiedades físicas de suelos de lomerío en el departamento de Caquetá, Colombia. *Acta Agronómica*:<http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/detail/detail?vid=18>
- Sarmiento, N. M. (2016). La agricultura sostenible un reto para la microbiología del suelo. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 5-6. Tomado de <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/composicion/morfologia.pdf> páginas 22 a 25 en el documento guía manejo y conservación de suelos UNAD 2017.
- Valencia, y. Camapum de Carvalho, J., & Lara Valencia, L. A. (13 de Febrero de 2012). Estudio de la mejoría de un suelo tropical a partir de técnicas biotecnológicas

utilizadas en campo. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v79n173/a07v79n173.pdf>

Weisser Gómez, F. A. (2014). Mecanismos de acción de extractos de plantas sobre procesos de nitrificación y evaluación biotecnológica para su uso (Doctoral dissertation, Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía 2014).