

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS	CÓDIGO	FO-GS-15	
		VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): PRIMITIVO **APELLIDOS:** NIETO ASCANIO

FACULTAD: INGENIERÍA AGRONÓMICA

PLAN DE ESTUDIOS: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

DIRECTOR:

NOMBRE(S): EDGAR ALFONSO **APELLIDOS:** RODRIGUEZ ARAUJO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EFECTO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA DE BIOFERTILIZANTES ARTESANALES

La problemática sobre el rendimiento de los fertilizantes orgánicos ha sido una de las causas por la cual hoy en día se han ido reemplazando por aquellos de origen sintético, ya que estos garantizan un mayor rendimiento de los cultivos. Por ello, esta investigación se centra en el estudio de los campos electromagnéticos como una alternativa para estimular la actividad de microorganismos presentes en tres (3) biofertilizantes de origen artesanal. Así pues, en la primera fase del experimento se determinaron las mejores interacciones, intensidad y tiempo de para el estímulo de los microorganismos aplicados en muestras de un sustrato orgánico (lombricompost). Seleccionando de estas, las tres mejores interacciones para ser probadas en una segunda fase sobre muestras de suelo y lombricompost, y de este modo establecer parámetros que permitan el uso de este tipo de tecnología a nivel de campo. Los resultados obtenidos brindan una posible solución para el aumento gradual del microbiota en el suelo, ya que con la aplicación de campos electromagnéticos de 20 mT durante 8 y 16 minutos, y 25 mT durante 8 minutos de recirculación se logró evidenciar un aumento de la actividad de los microorganismos presentes.

PALABRAS CLAVES: Campo electromagnético, biofertilizante, actividad microbiana, sustrato.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 69 **TABLAS:** 6 **FIGURAS:** 30 **CD ROOM:** 1

Copia No Controlada

EFFECTO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA ACTIVIDAD
MICROBIANA DE BIOFERTILIZANTES ARTESANALES

PRIMITIVO NIETO ASCANIO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

EFFECTO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA DE
BIOFERTILIZANTES ARTESANALES

PRIMITIVO NIETO ASCANIO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero agrónomo bajo la modalidad de proyecto de investigación.

Director:

EDGAR ALFONSO RODRIGUEZ ARAUJO

Ph. D en ciencias agropecuarias con énfasis en suelos y agua

Co-Director

GABRIEL PEÑA RODRÍGUEZ

Ph. D en tecnología avanzada

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

FECHA: viernes 28 de octubre de 2022

HORA: 4:00 pm

LUGAR: Sala de Juntas de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: "EFECTO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA DE BIOFERTILIZANTES ARTESANALES".

Modalidad: INVESTIGACIÓN

JURADOS: HILDA MAYELA BAUTISTA RANGEL
ANA MARÍA ARISMENDI PABÓN
JESÚS ARTURO RAMÍREZ SULVARÁN

DIRECTOR: EDGAR ALFONSO RODRÍGUEZ ARAUJO
CO DIRECTOR: GABRIEL PEÑA RODRÍGUEZ

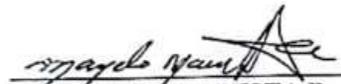
NOMBRE DEL ESTUDIANTE
PRIMITIVO NIETO ASCANIO

CÓDIGO: 1620757

CALIFICACIÓN: 4,5 (Cuatro coma cinco)

OBSERVACIONES: MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS:


HILDA M. BAUTISTA R.


ANA M. ARISMENDI P.


JESÚS A. RAMÍREZ S.


Vc. Bo. Coordinador Comité Curricular

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por guiarme a lo largo de mi vida y brindarme la oportunidad de poder aportar mi granito de arena al desarrollo de la agricultura.

A mi muy querida madre Ana Benilda Ascanio Pérez por ser esa fuente inagotable de paciencia y sacrificio.

A mi muy querido padre Primitivo Nieto Botello. Quien ha sido y será siempre un ejemplo para mí por tu calidad humana, tu perseverancia y perfeccionismo, como testimonio de años de sacrificio, cuidado, aliento y oraciones.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi director de tesis Ph.D. en ciencias agropecuarias con énfasis en suelos y agua Edgar Alfonso Rodríguez Araujo, por su paciencia, su disponibilidad y sobre todo sus sabios consejos, que ayudaron a alimentar mi pensamiento.

Al Ph.D. en tecnología avanzada Gabriel Peña Rodríguez por el tiempo que dedicó a proporcionarme las herramientas metodológicas esenciales para la realización de esta investigación.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	14
1. El Problema	17
1.1 Título	17
1.2 Planteamiento del Problema	17
1.3 Formulación del Problema	18
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo General	19
1.4.2 Objetivos Específicos	19
1.5 Justificación	19
1.6 Delimitaciones	21
1.6.1 Espacial	21
1.6.2 Conceptual	21
1.6.3 Temporal	22
2. Marco Referencial	23
2.1 Antecedentes	23
2.2 Marco Contextual	25
2.3 Marco Teórico	27
2.3.1 Campos Eléctricos y Magnéticos	27
2.3.2 Energía del Campo Electromagnético: Ondas Electromagnéticas	28

2.3.3 El Espectro de Frecuencias	29
2.3.4 Fuentes de Campo Magnético	30
2.3.5 Bioelectromagnetismo	33
2.4 Marco Conceptual	36
2.5 Marco Legal	37
3. Diseño Metodológico	40
3.1 Tipo de Investigación	40
3.2 Hipótesis	40
3.3 Universo y Muestra	41
3.3.1 Universo	41
3.3.2 Muestra	41
3.4 Instrumentos para la Recolección de Información	41
3.4.1 Fuentes Secundarias	41
3.4.2 Diseño Experimental Fase I	42
3.4.3 Diseño Experimental Fase II	43
3.4.3.1 Prueba de actividad microbiana en muestra de sustrato	45
3.5 Adecuación de los Biofertilizantes	46
3.6 Adecuación del Sistema de Recirculación	47
3.6.1 Calibración de los Equipos del Sistema de Recirculación	48
3.6.2 Preparación de los Recipientes para Pruebas de Actividad Microbiana	50
3.7 Preparación de los Sustratos	51
3.8 Estimulación de los Biofertilizantes	53
3.8.1 Inoculación de Sustrato con Biofertilizante Estimulado	55

3.9 Pruebas de Actividad Microbiana	56
3.9.1 Titulación de Señuelos	57
3.9.2 Cálculo de Actividad microbiana	58
4. Resultados y Discusión	59
4.1 Fase I	59
4.1.1 Actividad Microbiana en Muestras de Sustrato	59
4.2 Fase II	65
4.2.1 Actividad Microbiana en Muestras de Suelo y Sustrato	65
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
Bibliografía	73
Anexos	80

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Generación de energía de las plantas	23
Figura 2 Ilustración de los flujos de campos eléctricos y magnéticos	28
Figura 3 Representación de la onda electromagnética dirigida por el Vector de Poynting	29
Figura 4 Representación de todas las posibles frecuencias de energía electromagnética que incluye desde longitudes de ondas extremadamente largas (radiación no ionizante) hasta longitudes de ondas extremadamente corta (radiación ionizante)	30
Figura 5 Campo magnético de una espira circular con corriente.	30
Figura 6 Gráfica de B como función de x para puntos sobre el eje de un solenoide corto.	32
Figura 7 Líneas de campo magnético que pasan por el centro de una bobina cilíndrica portadora de corriente	33
Figura 8 Sistema ternario de microorganismos, minerales y luz solar	34
Figura 9 Modelo de interacción en la transducción de señales.	35
Figura 10 Inoculación de biofertilizante en medio de cultivo Agar papa dextrosa (PDA).	47
Figura 11 Sistema de recirculación.	48
Figura 12 Calibración de los solenoides.	49
Figura 13 Limpieza y preparación de los recipientes.	51
Figura 14 Pesaje de sustratos y autoclavado	51
Figura 15 Secado de sustratos	52
Figura 16 Pesaje y adición del sustrato en los recipientes.	53

Figura 17 Preparación de biofertilizantes.	11 54
Figura 18 Toma de muestra de biofertilizante estimulado.	55
Figura 19 Aplicación de biofertilizante estimulado en recipiente con muestra de sustrato.	55
Figura 20 Recipientes sellados y almacenados en sitio con baja luminosidad.	56
Figura 21 Adición de cloruro de bario ($BaCl_2$) y posterior sellado de recipiente señuelo.	57
Figura 22 Precipitación del CO_2 en forma de carbonato de bario ($BaCO_3$) en señuelos testigos.	57
Figura 23 Titulación de muestras.	58
Figura 24 Resultados prueba de actividad microbiana de los tres (3) biofertilizantes para una inducción electromagnética de 20 mT.	59
Figura 25 Resultados de la prueba de actividad microbiana de los tres (3) biofertilizantes para una inducción electromagnética de 25 mT.	60
Figura 26 Resultados de la prueba de actividad microbiana de los tres (3) biofertilizantes para una inducción electromagnética de 20 mT.	60
Figura 27 Resultados prueba inicial de conductividad eléctrica de los tres (3) biofertilizantes bajo la inducción de los diferentes campos electromagnéticos	63
Figura 28 Resultados prueba de temperatura de los tres (3) biofertilizantes bajo la inducción de los diferentes campos electromagnéticos	63
Figura 29 Resultados de la prueba de actividad microbiana.	65
Figura 30 Germinación de esporas de especies de bacillus	69

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Tratamientos implementados para la fase I	43
Tabla 2 Tratamientos implementados para la fase II	44
Tabla 3 Datos para el cálculo de los campos magnéticos de 30, 25 y 20 mT.	50
Tabla 4 Análisis de varianza actividad microbiana	64
Tabla 5 Monitoreo del comportamiento del biofertilizante bajo la inducción de los campos electromagnéticos a los 8 y 15 días.	67
Tabla 6 Observación de microorganismos en microscopio y conteo de unidades formadoras de colonias UFC.	70

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1 Ficha técnica del lombricomposto	80
Anexo 2 Ficha técnica SAFERSOIL WP.	81
Anexo 3 Aislamiento en medio de cultivo y pH de los biofertilizantes.	82
Anexo 4 Ficha técnica Trichox WP	83
Anexo 5 Análisis de suelo	84

Introducción

Sobre la tierra se originan dos tipos de campos electromagnéticos, aquellos que son de origen natural producidos por el mismo planeta y los de origen artificial generados por el hombre, estos últimos pueden ser de tipo magnético, eléctrico o de ondas electromagnéticas, (Carbonell, Flórez, Martínez, y Álvarez, 2017) siendo estas ondas el resultado de la interacción de un campo magnético y un campo eléctrico, capaz de propagarse e interactuar con la materia. (Insua, García, Montiel, y Prado, 2009) De modo que la aplicación de campos electromagnéticos comprendidos en el rango de frecuencia desde 0 Hz y 300 GHz, son capaces de interactuar, de una forma u otra, con los organismos vivos, (Cherif, 2014) por lo que su utilización en la agricultura se ha incrementado considerablemente desde la década de los cuarenta del siglo XX, dando paso así a la realización de estudios, tanto en organismos vivos como en el agua. Por consiguiente, se han realizado reportes en algunos sistemas vivientes como semillas de arroz, cebada, tabaco, maíz, girasol, papa, tomate entre otros, obteniendo resultados positivos a la exposición de campos magnéticos y electromagnéticos. (Méndez et al. 2013). Sin embargo, se ha demostrado que la asistencia electroquímica proporciona electrones que aceleran la tasa de transferencia de los mismos en la degradación microbiana del ácido 2,4-diclorofenoxiacético. (Zhang et al. 2013) por lo tanto los períodos prolongados de exposición a campos eléctricos, no tienen efectos negativos significativos sobre la viabilidad de los microorganismos, tanto así, que se han estimulado cultivos microbianos que degradan el diésel y por tanto la tasa de degradación aumenta. (Mena, Villaseñor, Cañizares, & Rodrigo, 2014) Por consiguiente, los efectos de diferentes intensidades de campo magnético estático sobre la

actividad en lodos activados a bajas temperaturas, promueve a que los microorganismos produzcan más ácidos grasos insaturados (UFA), para estimular el TTC-DHA y poder adaptarse así a las bajas temperaturas (Niu et al. 2014) asimismo, es preciso mencionar que el campo magnético estático tiene cierto grado de influencia en el tratamiento de las aguas residuales, siendo este económicamente ventajoso, ya que la eficiencia de eliminación de DQO es de aproximadamente del 90% y de nitrificación de más del 95% en reactores expuestos a campos magnéticos estáticos, observándose así un aumento en el número de copias del gen *amoA* y de bacterias oxidantes del amoníaco.(Zieliński et al. 2017) aunque por otro lado, se ha utilizado campos eléctricos pulsados, en la estimulación de la actividad fermentativa por *Saccharomyces cerevisiae* provocando así una cinética más rápida que el de las levaduras no tratadas (Mattar, 2015) de modo que la aplicación de los campos electromagnéticos en biofertilizantes, puede resultar como una muy buena alternativa para mejorar el rendimiento y la calidad de los mismos ya que como se menciona (Grageda-Cabrera, Díaz-Franco, Peña-Cabriales, y Vera-Nuñez, 2012) los biofertilizantes ayudan a mantener el suministro de los nutrientes por su acción sobre los ciclos biogeoquímicos, tales como la fijación de N₂, la solubilización de elementos minerales, la mineralización de compuestos orgánicos, además de que contribuyen a mejorar la estructura del suelo, aportan agentes de control biológico de patógenos y la eliminación de productos xenobióticos.

Hoy en día es muy común que se preste más atención a la importancia de la biodiversidad de especies animales y vegetales para mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, pero se presta menos atención a la biodiversidad bajo nuestros pies, la biodiversidad del suelo, que impulsa muchos procesos que producen alimentos o purifican el suelo y el agua (FAO, ITPS, CBD, GSBI, & EC, 2021) en ese sentido, la presente investigación se lleva a cabo con el

finalidad de indagar, sobre los efectos que pueden tener los campos electromagnéticos en la actividad de microorganismos presentes en tres (3) biofertilizantes artesanales.

1. El Problema

1.1 Título

Efecto de campos electromagnéticos en la actividad microbiana de biofertilizantes artesanales.

1.2 Planteamiento del Problema

A pesar de la clara importancia de la biodiversidad del suelo en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales (descontaminación, remediación, fuente de productos farmacéuticos, mitigación de GEI, provisión de alimentos, filtrado de agua, fibra y combustible, ciclo de carbono y nutrientes, formación del suelo y control de plagas y enfermedades), su uso y gestión adecuados no está a la altura (FAO, ITPS, CBD, GSBI, & EC, 2021) Sin embargo, desde el siglo XX, la agricultura se ha enfocado en aumentar la producción de alimentos mediante el uso de nuevos cultivos vegetales de alto rendimiento (Bradshaw, 2017) por lo que, estos nuevos cultivos al ser de alto rendimiento van a requerir una mayor fertilización; la cual no puede ser suplementada en su totalidad por biofertilizantes ya que su contenido de nutrientes en comparación con los fertilizantes inorgánicos es menor, y esto podría resultar en síntomas de deficiencia en plantas cultivadas con biofertilizante, por lo que se debe recurrir a fuentes de origen inorgánico (Itelima et al. 2018). Aunque, la aplicación excesiva de agroquímicos está deteriorando la calidad del suelo y del agua subterránea por la adición de nitrógeno, fósforo y

pesticidas persistentes (Srivastav, 2020). Los fertilizantes sintéticos que no son absorbidos por las plantas o retenidos en los suelos, pueden llegar a ser lixiviados, llegando a generar problemas en la salud humana, además de que el exceso de nutrientes como el nitrógeno y fósforo ocasionan eutrofización y deterioro de la calidad del agua, ya que elementos como el N pueden ser liberados a la atmósfera a través de la volatilización en forma de amoníaco, o como emisiones de gases de efecto invernadero de óxido nitroso (FAO, 2019) adicionalmente, la contaminación de aguas subterráneas, genera impactos negativos como por ejemplo el conocido síndrome del bebé azul, en el que los altos niveles de nitratos en el agua puede causar metahemoglobinemia, una enfermedad potencialmente mortal en los bebés (Mateo-Sagasta et al. 2017). Tanto así, que los niveles de contaminación por nitratos mayores o iguales a 10 mg /l en el agua generan la enfermedad de metahemoglobinemia (Johnson, 2019) aunque, en investigaciones recientes se ha reportado los riesgos de infarto de miocardio, problemas respiratorios y asma, están relacionados con la exposición a óxidos de nitrógeno en el aire del ambiente, además de que la exposición excesiva a nitratos / nitritos en alimentos y agua, pueden llegar a inhibir competitivamente la captación de yodo e inducir cambios en la tiroides (Brender, 2020).

1.3 Formulación del Problema

¿Los campos electromagnéticos pueden llegar a influir en la actividad de los microorganismos presentes en los biofertilizantes?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto que tienen los campos electromagnéticos sobre la actividad de los microorganismos presentes en tres (3) biofertilizantes.

1.4.2 Objetivos Específicos

Determinar la mejor interacción, intensidad y tiempo para el estímulo de los microorganismos en los biofertilizantes.

Analizar la actividad de los microorganismos presentes en los biofertilizantes expuestos a los campos electromagnéticos.

Registrar las unidades formadoras de colonias (UFC) de muestras de biofertilizantes con la mejor interacción, intensidad y tiempo para el estímulo.

1.5 Justificación

El suelo presta servicios ecológicos esenciales al hombre, siendo el primero de ellos el de "producción agrícola primaria", además de que proporciona servicios ambientales relacionados con el aire, el agua y la biodiversidad, sirviendo así como medio de vida para albergar una gran cantidad de organismos que actúan directamente sobre la fertilidad del mismo, por consiguiente, actúa como sumidero o fuente de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). (Fleury, 2011). Adicionalmente, el uso excesivo de fertilizantes químicos puros, causa una disminución de las colonias microbianas, por lo tanto

estas ya no garantizarán las transformaciones bioquímicas naturales (Layet y Wehrien, 2014).

Sin embargo, la microbiota del suelo como hongos micorrícicos arbusculares y bacterias fijadoras de nitrógeno puede minimizar el costo y la dependencia de fertilizantes sintéticos nitrogenados en la agricultura, ayudando a mejorar la fertilidad del suelo y la sostenibilidad ambiental, incluida la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de la fabricación intensiva de nitrógeno fertilizante (FAO, ITPS, CBD, GSBI, & EC, 2021) Por consiguiente, los biofertilizantes pueden ser un componente importante del manejo integrado de nutrientes, ya que estos utilizan microorganismos tales como; fijadores de nitrógeno, solubilizadores de potasio y fósforo, rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR), hongos endo y ecto micorrícicos, cianobacterias y otros organismos microscópicos útiles, que contribuyen a mejorar la absorción de nutrientes y agua, crecimiento de las plantas, y tolerancia a factores abióticos y bióticos (Itelima et al. 2018). De igual manera, es preciso mencionar que la degradación de los suelos en el departamento Norte de Santander ha afectado notablemente su potencial productivo, incidiendo directamente en el desarrollo de la producción y en el rendimiento de los cultivos, por lo que el mejoramiento de las condiciones de los biofertilizantes, constituye una de las vías que se pueden emplear adicionales a las prácticas de recuperación de suelos, a fin de incrementar la utilidad obtenida en cada cosecha; entre éstas opciones se encuentra la aplicación de campos electromagnéticos a los biofertilizantes, la cual se ha venido estudiando desde el siglo pasado con el objetivo de determinar los efectos que genera sobre los microorganismos. En muchas de las investigaciones realizadas los resultados han sido estimulantes y en algunas han sido inhibitorios, lo que puede justificarse por el amplio rango de condiciones con que se pueden aplicar los campos electromagnéticos, como la intensidad del mismo, el tipo de corriente, el tiempo de exposición y la especie tratada.

El uso de los biofertilizantes estimulados con campos electromagnéticos pueden llegar a ser una muy buena alternativa para lograr aumentar el rendimiento de los cultivos, y de igual manera minimizar el uso de fertilizantes sintéticos, ya que estos representan un grave riesgo para la conservación de nuestros suelos y agua, sin contar que se estaría contribuyendo a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero como el óxido nitroso, el cual es liberado en su gran mayoría por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Grageda-Cabrera et al. 2012). Dicho de otra manera, esta investigación tiene como fundamento el implementar campos electromagnéticos, para estimular microorganismos presentes en tres (3) biofertilizantes, ya que mediante el uso de estos biofertilizantes se estaría contribuyendo en el aumento de las colonias de microorganismos en los suelos.

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Espacial

El proceso de aplicación de los campos electromagnéticos a los biofertilizantes, se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander, Sede Campos Elíseos del municipio de los Patios.

1.6.2 Conceptual

En este proyecto se utilizó todas las bases de datos conceptuales referentes a la aplicación de campos electromagnéticos a biofertilizantes, y los requerimientos que debe cumplir en cuanto a intensidad, tipo de corriente y tiempo de exposición de los biofertilizantes a los campos electromagnéticos, limitándose solo a los temas que intervienen en la investigación.

1.6.3 Temporal

El desarrollo de este proyecto llevó a cabo en un periodo aproximado de seis meses, tiempo que se estima para la culminación total del trabajo de investigación.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Después del descubrimiento de la electricidad natural en los siglos XVIII y XIX, muchos investigadores han pensado en aumentar la vida microbiana en el suelo, atrayendo la electricidad de la naturaleza donde se desea aumentar la vegetación. Considerando que en los lugares donde la electricidad será atraída y concentrada, habrá un aumento de la vida microbiana y por ende crecimiento de vida vegetal, y un aumento de las cualidades biológicas de esta vegetación, la electricidad es fuente de vida para todo lo que vive en la tierra, la concentración de electricidad natural en el subsuelo cultivado desarrollará allí la microbiota absolutamente necesaria para la vitalidad y la buena salud de las plantas (Layet & Wehrien, 2014) así mismo, se han estudiado los procesos que ocurren naturalmente alrededor de las raíces de las plantas para generar electricidad directamente, como se muestra en la (figura 1) (Helder, 2012).

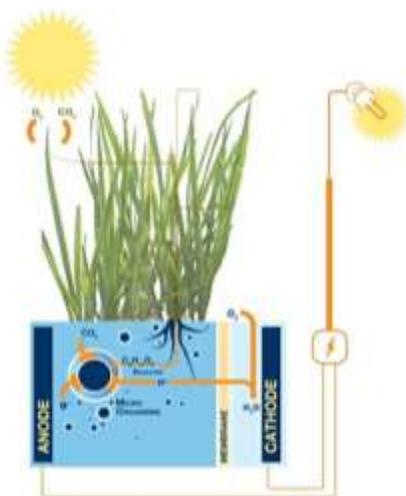


Figura 1 Generación de energía de las plantas

Fuente: (Helder, 2012)

La planta produce materia orgánica a través del proceso fotosintético, y gran parte de esta materia alrededor del 70 % termina en el suelo como material de raíces muertas, lisados, mucílago y exudados, las cuales posteriormente son oxidadas por los microorganismos en y alrededor de las raíces, liberando CO₂, protones y electrones.

Dini & Abbro (2005) Hacen referencia a los innumerables efectos de los campos magnéticos de 6mT sobre la estructura y las funciones de la célula: reorientación de los dominios diamagnéticos moleculares, transporte de iones de calcio (Ca⁺²), a través de las membranas celulares y cambios en la forma de la célula.

Con el objetivo de impulsar el desarrollo de técnicas innovadoras que propicien el uso de biofertilizantes, se han realizado trabajos relacionados con la aplicación de campos electromagnéticos, para mejorar ciertos procesos como el de la descomposición de la cachaza fresca de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), para la cual se recomienda utilizar un campo magnético de 4 mT, con una frecuencia de 25 Hz durante 120 minutos de exposición, con aplicaciones de microorganismos benéficos (Cuero y Tulande, 2004 citado en Carrejo, 2013). De la misma forma Peña et al. (2011) han evaluado la eficiencia productiva y el nivel del proceso de compostaje de la cachaza de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) aplicando los siguientes tratamientos: cachaza fresca sin microorganismos (F), cachaza fresca con microorganismos (FM), cachaza fresca con microorganismos estimulados magnéticamente (FME), y cachaza madura (C), obteniendo como resultado, que el tratamiento (FME) fue el mejor, ya que la aplicación del campo electromagnético de 15 mT con una frecuencia de 250 Hz durante 1 hora permitió acelerar el proceso de compostaje de la cachaza de caña en un 49,1%.

Por otro lado Escobar et al. (2011) plantearon 4 tratamientos, con el fin de mitigar los problemas de salinidad presentes en los suelos de Valle del Cauca, en donde se empleó la

aplicación de biofertilizantes, enmiendas convencionales, biopolímeros y exposición de microorganismos a un campo electromagnético variable de 4 mT, con frecuencia de 25 Hz durante 2 horas, lo cual permitió acelerar la acción dinámica de los microorganismos benéficos presentes en los biofertilizantes, realizando de este modo un proceso de rehabilitación en un menor tiempo sobre los suelos afectados por la salinidad en comparación con los demás tratamientos. Por consiguiente (Zúñiga et al. 2016) Analizaron el efecto de distintos campos electromagnéticos sobre un biofertilizante conocido como multibiol, en donde el mejor tratamiento resultó ser la aplicación de 25 mT y un tiempo de recirculación de 7 1/2 minutos, logrando así una mayor estimulación de los microorganismos presentes en ese biofertilizante. Aunque por otro lado Anaya et al. (2015) Aplicó un campo magnético oscilante de frecuencia extremadamente baja de 3 mT, con una frecuencia de 60 Hz durante 2 horas, obteniendo así un estímulo de las cepas de microorganismos evaluados, llegando a aumentar el número de unidades formadoras de colonias (UFC) tratadas con respecto a los controles, siendo mayor en el caldo nutriente que en el agua destilada y más en las bacterias que en las levaduras.

2.2 Marco Contextual

Los tres (3) biofertilizantes utilizados para el estudio de los efectos de campos electromagnéticos en la actividad microbiana; son de fabricación artesanal elaborados en el año 2019 en la finca San Pablo de la Universidad Francisco de Paula Santander, por los integrantes del semillero de investigación en Uso y Manejo de suelos Degradados (SIUMASD).

Para la elaboración inicial de los biofertilizantes se aplica el inoculante biológico conocido bajo la marca comercial SAFERSOIL WP (anexo 2), el cual es un producto que

contiene la mezcla de microorganismos eficientes (EM) como: (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma atroviride*, *Paecilomyces lilacinus*).

Biofertilizante 1: producto de 125 ml de microorganismos eficientes (EM) + 8 kg de cascarilla de arroz + 300 g de roca fosfórica + 300 g de melaza + 200 g de óxido de Magnesio + 550 ml de leche entera + 1 kg de lombricompuesto + agua.

Biofertilizante 2: producto de 125 ml de microorganismos eficientes (EM) + 8 kg de cascarilla de arroz + 300 g de roca fosfórica + 300 g de melaza + 200 g de óxido de Magnesio + 550 ml de leche entera + 1kg de Bovinaza (estiércol de bovinos) + agua.

Biofertilizante 3: producto de 125 ml de microorganismos eficientes (EM) + 8 kg de cascarilla de arroz + 300 g de roca fosfórica + 300 g de melaza + 200 g de óxido de Magnesio + 550 ml de leche entera + 1 kg de Gallinaza (estiércol de gallinas) + agua.

Debido a la eventualidad presentada a nivel mundial en el marco de la emergencia sanitaria por la pandemia del coronavirus (COVID-19), se emitieron decretos mediante los cuales se imparten instrucciones para el cumplimiento del aislamiento preventivo obligatorio, en donde se impide el ingreso a centros de educación debido a las aglomeraciones, tiempo en el cual los biofertilizantes no reciben ningún tipo de intervención.

Posteriormente en la recuperación post-pandemia del año 2022 se procede a tomar muestras para el aislamiento en medios de cultivo (anexo 3), para ser analizadas en el laboratorio de Sanidad vegetal de la Universidad Francisco de paula Santander sede campos Elíseos del municipio de los Patios, en donde se obtiene una baja carga microbiana pero resultados positivos en cuanto a pH de cada biofertilizante (anexo 3), Por lo cual se toma la medida de inocularnos nuevamente con el producto comercial TRICHOX el cual contiene *Trichoderma harzianum* (anexo 4) en dosis de 200 g por recipiente de 200 l.

La estimulación de los biofertilizantes con campos electromagnéticos se llevó a cabo en los laboratorios de suelos y sanidad vegetal, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y del medio ambiente de la universidad Francisco de Paula Santander sede Campos Elíseos del municipio de los Patios, que se encuentra a una altura de 410 msnm, con un clima cálido y una temperatura promedio de 27 °C, la cual hace parte del Departamento de Norte de Santander.

2.3 Marco Teórico

2.3.1 Campos Eléctricos Y Magnéticos

Todo tipo de material está formado por cantidades enormes de átomos, los cuales pueden estar en estado neutro, ya que cada átomo está constituido por un núcleo que tiene un número de cargas positivas (protones), igual al de las cargas negativas (electrones), que están a su alrededor. Los iones son átomos que han cedido o capturado electrones. Por lo tanto, los iones protones y electrones son portadores de la electricidad (Ríos et al. 2012).

Por consiguiente, el campo eléctrico es producido por un voltaje, el cual es la presión necesaria para empujar electrones por un alambre, en donde al aumentar el voltaje, el campo eléctrico aumenta su fuerza, los campos eléctricos se miden en voltios por metro (V/m). Por otro lado, la intensidad de la corriente eléctrica es la cantidad de cargas, que circula por un conductor por unidad de tiempo, y su unidad de medida es el amperio (A) (Red eléctrica de España, 2001).

Los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, es decir, por corrientes eléctricas; por lo tanto, el campo magnético en un punto dado del espacio se define como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto, y se expresa en amperios por metro (A/m). De modo que, el campo eléctrico existe siempre que haya cargas

eléctricas, mientras que sólo hay campo magnético cuando esas cargas están en movimiento, es decir, cuando hay un flujo de corriente eléctrica (Figura 2) (Red eléctrica de España, 2001).



Figura 2 Ilustración de los flujos de campos eléctricos y magnéticos

Fuente: (Red eléctrica de España, 2001)

2.3.2 Energía del Campo Electromagnético: Ondas Electromagnéticas

La disciplina del electromagnetismo está descrita por las ecuaciones de Maxwell, las cuales demuestran que un campo magnético variable en el tiempo actúa como fuente de campo eléctrico, y que un campo eléctrico que varía con el tiempo genera un campo magnético. Estos campos se sostienen el uno al otro, y forman una onda electromagnética que se propaga a través del espacio (Young y Freedman, 2009). Siendo esta una de las propiedades del campo electromagnético para transmitir energía a grandes distancias, en ausencia de cualquier medio material. Esta energía se asocia con el producto vectorial del campo eléctrico y del magnético. Dicho producto se denomina vector de Poynting (S) y representa la densidad de flujo de energía de una onda electromagnética por unidad de tiempo (Figura 3). (Red eléctrica de España, 2001).

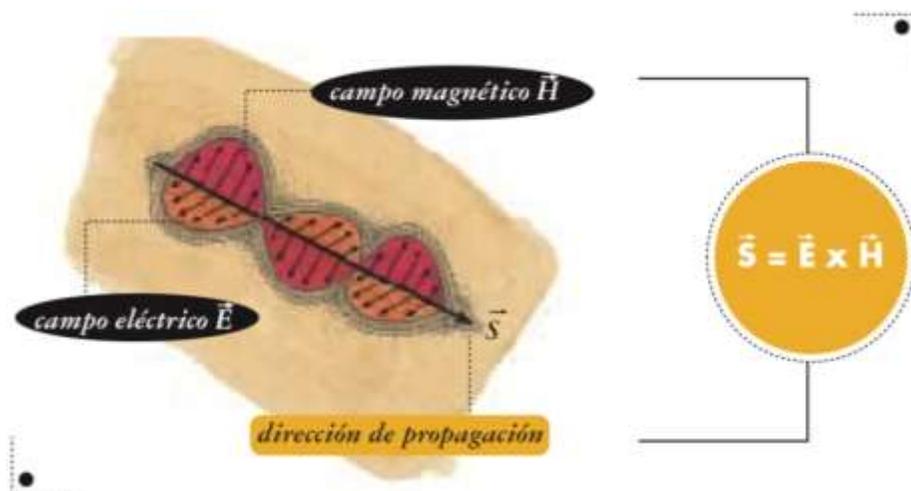


Figura 3 Representación de la onda electromagnética dirigida por el Vector de Poynting

Fuente: (Red eléctrica de España, 2001).

2.3.3 El Espectro de Frecuencias

El espectro electromagnético cubre toda la gama de frecuencias, la frecuencia determina el tipo de efectos que puede producir la onda electromagnética en el organismo. Cuanto más alta es la frecuencia más corta es la distancia entre una onda y la siguiente, y mayor la cantidad de energía que transmite (figura 4). (NIH, 2016) La frecuencia es una magnitud que se expresa en ciclos por segundo o hercios (Hz): siendo $1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo por segundo}$. La longitud de onda es la distancia recorrida por la corriente eléctrica durante un ciclo, cuando aumenta la frecuencia (ciclos por segundo), disminuye la longitud de onda (Red eléctrica de España, 2001).

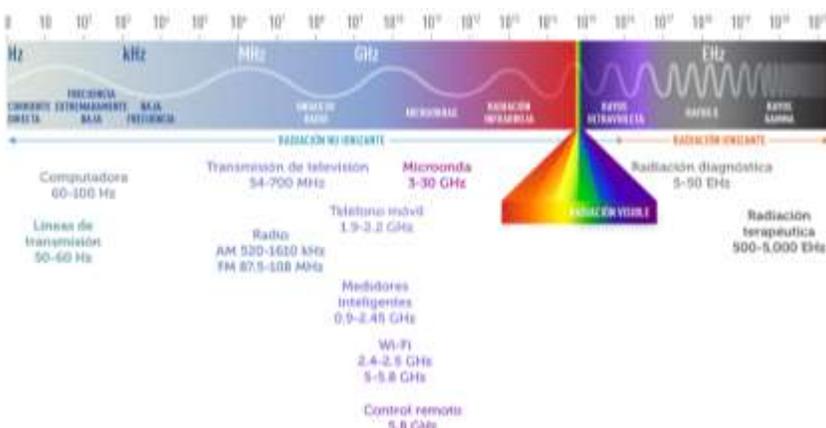


Figura 4 Representación de todas las posibles frecuencias de energía electromagnética que incluye desde longitudes de ondas extremadamente largas (radiación no ionizante) hasta longitudes de ondas extremadamente corta (radiación ionizante)

Fuente: (NIH, 2016)

2.3.4 Fuentes de Campo Magnético

Un solenoide es un alambre enrollado como una bobina helicoidal, la cual es una de las fuentes de campo magnético, que se conforma de N espiras circulares conductoras muy próximas entre sí, y transportan una corriente I que entra y sale de la espira por conducto de dos alambres rectos y largos, las corrientes de estos alambres fluyen en sentidos opuestos, (Young & Freedman, 2009) como se puede observar en la figura 5.

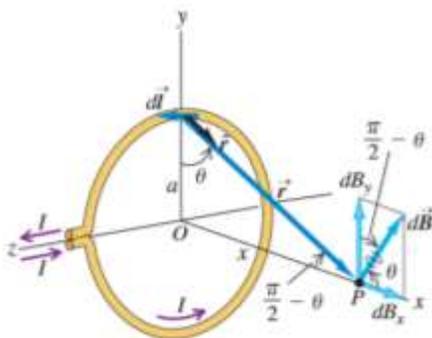


Figura 5 Campo magnético de una espira circular con corriente.

Fuente: (Young & Freedman, 2009)

Un solenoide es un alambre enrollado como bobina helicoidal, y para obtener una expresión para para calcular el campo magnético se usa la ley de Biot y Savart, se puede hallar el campo dB en un punto p sobre el eje de la espira, teniendo en cuenta que la corriente de elemento dl genera dB sobre el plano xy . Como $r^2 = x^2 + a^2$, la magnitud dB del campo debido al elemento dl (Young & Freedman, 2009)

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl}{(x^2 + a^2)}$$

Las componentes del vector dB son:

$$dB_x = dB \cos \theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl}{(x^2 + a^2)} \frac{a}{(x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$dB_y = dB \sin \theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl}{(x^2 + a^2)} \frac{x}{(x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}}}$$

La corriente en el segmento dl genera el campo dB que está en el plano xy . Las corrientes de los otros dl generan dB con distintos componentes perpendiculares al eje x ; la suma de estos componentes es cero. Las componentes x de los elementos dB se combinan para dar el campo total B en el punto P .

$$B_x = \int \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{a dl}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_0 I a}{4\pi (x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \int dl$$

La integral de dl es simplemente la circunferencia del círculo, $\int dl = 2\pi a$ y

finalmente obtenemos

$$B_x = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Suponiendo que se tiene una bobina compuesta por N espiras, todas con el mismo radio, se obtiene un campo total equivalente a N veces el campo producido por una sola espira, así:

$$B_x = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

El factor N en la ecuación anterior, es la razón por la que se utilizan bobinas de alambre, y no de espiras aisladas, para producir campos magnéticos con una mayor intensidad; ya que para obtener una determinada intensidad de campo, el uso de una sola espira podría requerir una corriente I tan grande que superaría la capacidad nominal del alambre de la espira. El valor máximo del campo está en $x=0$, es decir en el centro de la espira o bobina (Young & Freedman, 2009):

$$B_x = \frac{\mu_0 N I}{2a}$$

Ahora, para puntos a lo largo del eje de un solenoide muy largo en comparación con su diámetro, el campo es más fuerte en el centro y disminuye cerca de los extremos y para el caso de un solenoide corto y grueso, la relación es más complicada. Por lo tanto, la magnitud del campo magnético en diferentes puntos a lo largo del eje de un solenoide con longitud $4a$, equivale a cuatro veces su radio a como se observa en la figura 6.

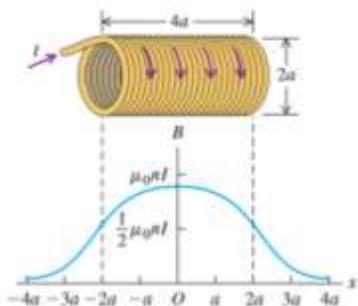


Figura 6 Gráfica de B como función de x para puntos sobre el eje de un solenoide corto.

Fuente: (Young & Freedman, 2009)

En la figura 7 se puede observar la distribución de las líneas de campo magnético (B) a lo largo del eje de una bobina con corriente (I).

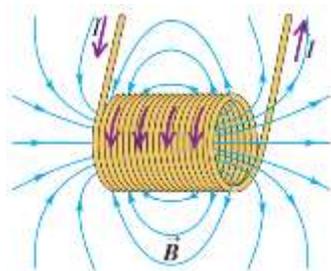


Figura 7 Líneas de campo magnético que pasan por el centro de una bobina cilíndrica portadora de corriente

Fuente: (Young & Freedman, 2009)

2.3.5 Bioelectromagnetismo

Durante miles de millones de años, la luz del sol ha estado estimulando los abundantes minerales semiconductores en la superficie de la tierra para generar energía de fotoelectrones, que no solo desempeña un papel importante en el origen y la evolución de la vida temprana en la tierra, sino que también desempeña un papel único en el material de la tierra. El crecimiento de microorganismos está estrechamente relacionado con la energía de los fotoelectrones y bajo diferentes longitudes de onda de irradiación de luz consistente con el espectro de absorción de luz de los minerales (Juan et al. 2018). Sin embargo, los minerales semiconductores son omnipresentes en la superficie de la Tierra y participan ampliamente en las reacciones redox que siguen a los pares de fotoelectrones-fotoagujeros excitados por la luz solar. Como los fotoagujeros pueden ser fácilmente eliminados por sustancias reductoras ambientales y los microorganismos poseen múltiples estrategias para utilizar electrones extracelulares, los fotoelectrones altamente reductores sirven como fuente de energía potencial para la vida microbiana como se puede apreciar en la (figura 8) (Lu et al. 2013).

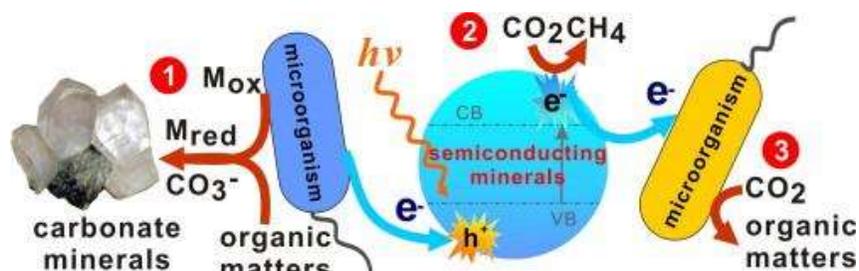


Figura 8 Sistema ternario de microorganismos, minerales y luz solar

Fuente: (Lu Et Al. 2013)

Por otro lado, se ha demostrado que los campos electromagnéticos afectan la actividad en las membranas celulares (conductividades de iones sodio frente a potasio) y canales no selectivos, potenciales transmembrana e incluso el ciclo celular (Romanenko et al. 2017). Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja alteran primero los eventos de transducción de señales (conductividad de iones de Ca^{++}) de la membrana celular precursora y, por lo tanto, influyen en las funciones dentro de la célula a través de una cascada de transducciones de señales, afectando así la activación enzimática, la expresión génica, la síntesis de proteínas y la proliferación celular (figura 9). (Liburdy, 1994).

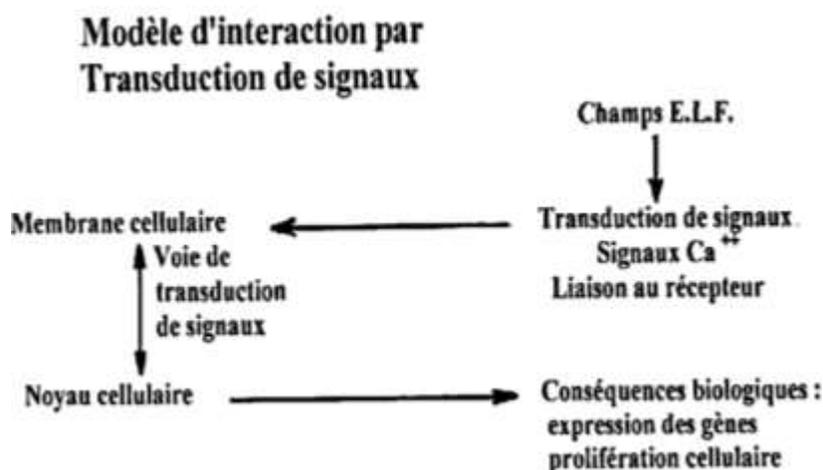


Figura 9 Modelo de interacción en la transducción de señales.

Fuente: (Liburdy, 1994).

Los biofertilizantes juegan un papel importante en la agricultura de Vietnam, *Bradyrhizobium japonicum* y *Azotobacter chroococcum* son especies de bacterias fijadoras de nitrógeno y se utilizan para mejorar el rendimiento de los cultivos, de modo que estas se sometieron a frecuencias extremadamente altas (rayos gamma), Con el propósito de inducir mutaciones que pudiera mejorar la capacidad de estas bacterias para tolerar la sal y la temperatura. Obteniendo así nueve (9) mutantes tolerantes a altas temperaturas de *B. japonicum* y ocho (8) mutantes tolerantes a la sal de *A. chroococcum* (Lien, 2017).

De igual manera, se han usado campos electromagnéticos de frecuencia ultra alta en desechos animales como estiércol de cerdo y excrementos de aves de corral a exposición de 90 segundos con capacidad de 60 kW, a una frecuencia de 915 MHz. Causando así la destrucción completa de microorganismos patógenos, así como los huevos y larvas de gusanos, logrando de este modo un alto nivel de seguridad microbiológica de los excrementos de cerdo y aves de corral, que permite utilizarlos como fertilizantes orgánicos (Soboleva et al. 2017).

Sin embargo, también se ha probado densidades de flujo magnético de 1500 Gauss (150 militeslas), obteniendo resultados positivos en el agua magnetizada con biofertilizante + media dosis de fertilizante químico, registrándose así la mayor tasa de peso de 786.0, 807.3 y 775.3 g en la primera, segunda y tercera cosecha en el cultivo de *Cucurbita moschata* debido a que los biofertilizantes estaban enriquecidos con *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense* obteniendo así, altos rendimientos en comparación con la aplicación de un fertilizante químico completo solo (Ali et al. 2019). Por otro lado, también se ha demostrado que los campos electromagnéticos de frecuencia baja de 50 Hz, con intensidad de 1mT durante 2 h provocan cambios en las propiedades fisicoquímicas de las bacterias, observándose hiperpolarización en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* tratada con EDTA (Oncul et al. 2016).

2.4 Marco Conceptual

Biofertilizante: Los biofertilizantes son preparaciones que contienen microorganismos benéficos, que le facilitan la absorción de nutrientes a las plantas, estos microorganismos ayudan a la formación y estabilización de la estructura del suelo, especialmente los hongos con su micelio al igual que los exudados y metabolitos de la gran mayoría de estos microorganismos.

Campo eléctrico: El campo eléctrico es una noción que se remonta al trabajo de Coulomb (1785), es el campo de fuerza asociado a una unidad de carga eléctrica. Por tanto, un campo eléctrico es una fuerza creada por la atracción y repulsión de cargas eléctricas siendo esta la causa del flujo eléctrico y su unidad de medida es voltios por metro (Vm^{-1}).

Campo magnético: el campo magnético está vinculado a la corriente, y se caracteriza por la influencia de una carga eléctrica en movimiento sobre la cual ejerce recíprocamente su acción. Por tanto, su unidad de medida es el amperio por metro (Am^{-1}). Sin embargo, el tesla (T), se usa

más comúnmente hoy en día para definir la fuerza de un campo magnético. Sin embargo, los campos magnéticos que se suele medir son del orden de microtesla (mT), otra unidad que se utiliza a veces es el Gauss (G). Un Gauss equivale a 100 microteslas.

Campo electromagnético: Este campo resulta de la combinación de 2 ondas (una eléctrica y otra magnética) que se propagan a la velocidad de la luz, estos campos se encuentran descritos mediante las ecuaciones de Maxwell y Lorentz. u

Onda electromagnética: Es una vibración que se propaga en un medio determinado, por lo tanto, estas ondas se encuentran formadas por campo eléctrico y magnético cuyas amplitudes varían sinusoidalmente a lo largo del tiempo.

Microorganismo: Es un ente microscópico, generalmente invisible a simple vista y observable bajo un microscopio. Entre los microorganismos se encuentran bacterias, hongos, arqueobacterias y protistas; microalgas (llamadas algas verdes); y microorganismos plancton, planaria y ameba.

2.5 Marco Legal

Estas son las leyes que rigen el presente proyecto donde establecen las normas que se deben seguir para la realización del mismo.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como entidad adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y autoridad sanitaria en el país, mediante las Resoluciones:

Resolución 150 de 2003; 375 de 2004 capítulo I establece requisitos y procedimientos vigentes, tanto para el registro como para el control legal y técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos; especialmente en lo relacionado con terminología, clasificación,

composición garantizada, etiquetado, tolerancias, contenidos mínimos permisibles y parámetros para verificación de la conformidad.

Resolución 0187 de 2006 reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización de productos agropecuarios ecológicos, y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos.

Circular ICA 1 de junio de 2007 según la cual, las personas naturales o jurídicas interesadas en registrarse como productores de acondicionadores orgánicos de suelos a partir de gallinaza o pollinaza, deben cumplir con lo establecido en la Resolución 150 del 21 de enero de 2003 y en la Norma ICONTEC - NTC 5167.

Resolución No. 068370 del 27 de Mayo de 2020 que regula los ensayos con bioinsumos para uso agrícola.

Norma ICONTEC - NTC 5167 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abono o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo.

NTC 40, Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Etiquetado.

NTC 202, Métodos cuantitativos para la determinación del potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes de materias primas para su fabricación.

NTC 234, Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para la determinación cuantitativa del fósforo.

NTC 326, Abonos o fertilizantes. Método de ensayo de granulometría en seco.

NTC 370, Abonos o fertilizantes. Determinación del nitrógeno total.

NTC 1154, Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Determinación de azufre.

NTC 1369, Fertilizantes. Determinación de boro, calcio, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, silicio y zinc por absorción atómica

NTC 1860, Productos químicos para uso agropecuario. Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para determinar el contenido de boro. Método de azometina-H.

NTC 1927, Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas.

UIT-T K.52: “Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos”. Fue publicada en febrero del 2000, modificada en diciembre de 2004, y revisada nuevamente en mayo de 2009.

UIT-T K.83: “Técnicas de monitoreo de la intensidad de campo de los campos electromagnéticos”. Fue publicada en marzo de 2011

Decreto 1370 de 2018 y Resolución 774 de 2018, por medio del cual se establece que los Cálculos Simplificados, DCER y mediciones de Campos electromagnéticos en cuanto a parámetros técnicos para una estación de radiocomunicaciones (coordenadas, potencia, altura, ancho de banda, etc.) y para fines diferentes a los contemplados en la resolución 774 de 2018, deben ser dirigidas al Ministerio TIC, quien es la entidad competente.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo exploratoria, ya que no se controlan todas las variables, Solo se hará control en la variable de campos electromagnéticos y el tiempo de exposición objeto de estudio. El campo electromagnético que resulte más efectivo y apropiado, para la estimulación de los microorganismos presentes en los biofertilizantes, se seleccionará la evaluación de los mismos sobre muestras de lombricompuesto y suelo tomado de la Finca La Victoria, vereda Santa Matilde, del municipio de Cacota, Norte de Santander.

3.2 Hipótesis

Debido a que este es un estudio exploratorio en donde se determinará tendencias, y se identifican relaciones potenciales entre la inducción electromagnética y el tiempo de exposición con la actividad microbiana, por lo tanto, carece de hipótesis.

3.3 Universo y Muestra

3.3.1 Universo

El siguiente proyecto de investigación tiene como universo la aplicación de los campos electromagnéticos en la actividad de microorganismos presentes en biofertilizantes, mediante la construcción de un circuito en el laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander, Sede Campos Elíseos del municipio de los Patios.

3.3.2 Muestra

La muestra que se tomó es de 10 litros de cada biofertilizante a los cuales se les aplicó campos electromagnéticos de 20, 25 y 30 mT durante una interacción de 8 y 16 minutos.

3.4 Instrumentos para la Recolección de Información

Para la recolección de información se utiliza un diario de campo donde se anexa la información recolectada, datos, variables, tiempos, adicionalmente se utilizó formatos de registro de las variables como actividad microbiana y recuentos de microorganismos.

3.4.1 Fuentes Secundarias

Información disponible en libros, periódicos, páginas web y otros materiales documentados (trabajo de grado, enciclopedias, revistas especializadas, anuarios, etc.). Esta información es de gran importancia ya que está fundamentada en investigaciones realizadas las

cuales permiten tener más certeza de lo que se está investigando, a su vez se pueden obtener datos confiables de los distintos comportamientos de los aspectos analizados.

3.4.2 Diseño Experimental Fase I

Se plantea un diseño experimental dividido en dos (2) fases; para lo cual en la primera fase se hizo un análisis de varianza de tres (3) factores (biofertilizante, campo electromagnético y tiempo) que permite analizar la variable independiente determinada como la estimulación de microorganismos presentes en biofertilizantes con campos electromagnéticos, y su incidencia sobre la variable dependiente o de respuesta determinada por la actividad microbiana obtenida en cada uno de los ensayos planteados.

En la fase I el diseño experimental planteado es de tipo factorial en donde se evaluó el mejor tiempo de exposición de (8 y 16 minutos) y la mejor inducción electromagnética de (20, 25 y 30 mT) sobre tres (3) biofertilizantes artesanales, elaborados en la Finca San Pablo de la Universidad Francisco de Paula Santander. Se tuvo como variable de respuesta la prueba de actividad microbiana presente en muestras de lombricompost sometido bajo un tratamiento térmico en autoclave a 121 °C durante 30 minutos a 15 PSI en dos días consecutivos (Carter, Yellowlees, & Tibbett, 2007), adicionalmente una vez sacadas del autoclave se dejaron enfriar durante una hora para continuar con el secado en el horno a 35 °C durante 24 horas, a cada muestra de 50 g de lombricompost se le adicionan 50 ml de biofertilizante estimulado, con el objeto de identificar intervalos de campos y tiempos de estimulación óptimos para el desarrollo de los microorganismos. Los tratamientos planteados se detallan en la tabla 1 y se realizaron por triplicado cada uno obteniendo un total de 63 unidades experimentales.

Tabla 1*Tratamientos implementados para la fase I*

Biofertilizante	Campo electromagnético	Tiempo de exposición
Biofertilizante (1)	20 mT	8 minutos
		16 minutos
	25 mT	8 minutos
		16 minutos
	30 mT	8 minutos
		16 minutos
Testigo	-	-
Biofertilizante (2)	20 mT	8 minutos
		16 minutos
	25 mT	8 minutos
		16 minutos
	30 mT	8 minutos
		16 minutos
Testigo	-	-
Biofertilizante (3)	20 mT	8 minutos
		16 minutos
	25 mT	8 minutos
		16 minutos
	30 mT	8 minutos
		16 minutos
Testigo	-	-

Fuente: (Nieto, 2022).

3.4.3 Diseño Experimental Fase II

En la fase II se evaluó las tres (3) mejores interacciones obtenidas en la fase I entre los tres (3) biofertilizantes, en cuanto a tiempo de exposición, campo electromagnético y actividad microbiana, se utilizó muestras de lombricompost y muestras de suelo tomadas de la Finca La Victoria, vereda Santa matilde, del municipio de Cacota. Para lo cual se tuvo en cuenta dos (2) factores en cuanto a las muestras a usar que son aquellas que se sometieron a un tratamiento de autoclave a 121 °C durante 30 minutos a 15 PSI en dos días consecutivos (Carter, Yellowlees, & Tibbett, 2007), y posterior secado en horno a 35 °C durante 24 horas y aquellas que solo se sometieron a secado.

Se usó 50 g de sustrato a la cual se le adicionan 50 ml de biofertilizante estimulado (tabla 2). La variable de respuesta será la prueba de actividad microbiana sobre las unidades experimentales, seguidamente se tomó una muestra de cada biofertilizante para realizar su aislamiento en medios de cultivo para bacterias agar nutritivo (AN) y para hongos Agar papa dextrosa (PDA), para lo cual fue necesario tener en cuenta la metodología planteada por Cervera (2011), tomando así 1 ml de muestra proveniente de cada biofertilizante estimulado, el cual se diluyó en 9 ml de agua peptona estéril (10⁻¹), se homogeniza y se deja reposar un momento para que los sólidos decantan. A partir de esta solución se realizó dos diluciones más (10⁻² y 10⁻³) en agua peptona estéril, y Seguidamente se tomó 0,2 ml de las dos (2) últimas diluciones para posteriormente inoculadas en cada medio de cultivo preparado en cajas de Petri.

Una vez terminada la inoculación de los medios se lleva a incubación a 65 °C Agar nutritivo (AN) y para Agar papa dextrosa (PDA) a 26 °C, durante 3 días para el respectivo conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) el cual se realizó entre las 24 y 72 horas transcurridas desde la inoculación de los microorganismos en sus respectivos medios de cultivos.

Tabla 2
Tratamientos implementados para la fase II

Campo electromagnético	Tiempo	Sustrato	Biofertilizante
-	-	50 g de suelo normal	50 ml biofertilizante
		50 g de lombricompost normal	50 ml biofertilizante
		50 g de suelo autoclavado	50 ml biofertilizante
		50 g de lombricompost autoclavado	50 ml biofertilizante
		50 g de lombricompost normal + suelo normal	50 ml biofertilizante
-	-	50 g de suelo normal	50 ml biofertilizante
		50 g de lombricompost normal	50 ml biofertilizante
		50 g de suelo autoclavado	50 ml biofertilizante
		50 g de lombricompost autoclavado	50 ml biofertilizante
		50 g de lombricompost normal + suelo normal	50 ml biofertilizante

	50 g de suelo normal	50 ml biofertilizante
	50 g de lombricompost normal	50 ml biofertilizante
	50 g de suelo autoclavado	50 ml biofertilizante
	50 g de lombricompost autoclavado	50 ml biofertilizante
	50 g de lombricompost normal + suelo normal	50 ml biofertilizante

Fuente: (Nieto, 2022).

3.4.3.1 Prueba de actividad microbiana en muestra de sustrato

Para la determinación de la actividad microbiana se utilizó la metodología implementada por (Anderson, 1983; Mewhort et al., 2020) en donde se tomó como unidad experimental un recipiente de sello hermético, dentro del cual se adiciona 50 g de muestra del sustrato + 50 ml de biofertilizante durante 8 días a 24 °C; adicionalmente se deja un señuelo de 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 0,5 N atrapando así el dióxido de carbono (CO₂) desprendido por la muestra; así mismo se tuvo muestras blanco (frasco de incubación sin sustrato). La reacción en la cual el CO₂ es absorbido es:



Después de 8 días de incubación del suelo se adiciona 2 ml de cloruro de bario (BaCl₂) al 10 % para precipitar el CO₂ en forma de carbonato de bario (BaCO₃).



Luego se adicionan dos gotas de fenolftaleína 1% (solución alcohólica indicadora) y se titula con ácido clorhídrico (HCl) 0,5 N lentamente para cuantificar el volumen de NaOH que no reaccionó con el CO₂. El blanqueamiento de la solución titulada indicará la neutralización de todo el hidróxido, análogamente la muestra testigo se tituló con HCl 0,5 N.



La determinación de la actividad microbiana para las muestras de sustrato y suelo, se realizó calculando el contenido de CO₂ de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$cantidad\ de\ CO_2 = \left[\frac{(ml\ HCl_{Blanco} - ml\ HCl_{muestra})(N)(E)}{Tiempo\ de\ incubación\ x\ 50gr} \right]$$

Donde:

HCl muestra: ml de HCl utilizados para titular la muestra.

HCl Blanco: promedio de ml de HCl utilizados para titular los blancos.

N: Normalidad del NaOH y HCl.

E: Peso miliequivalente del carbono = 6 mg/meq

3.5 Adecuación de los Biofertilizantes

La adecuación de los biofertilizantes consiste primeramente en la inoculación de los mismos con el producto comercial TRICHOX el cual contiene *Trichoderma harzianum* (anexo 4) en dosis de 200 g por recipiente de 200 L procurando a los 15 minutos remover todo el contenido del recipiente para homogeneizar la mezcla. Adicionalmente transcurridos 15 días contados desde la inoculación se procede a tomar muestras de cada biofertilizante para realizar aislamientos en medio de cultivos de Agar papa dextrosa (PDA) en dilución de 10⁻² para hacer seguimiento durante tres (3) días y evidenciar si hubo o no crecimiento de *Trichoderma harzianum* en cada biofertilizante figura 10.



Figura 10 Inoculación de biofertilizante en medio de cultivo Agar papa dextrosa (PDA).

Fuente: (Nieto, 2022).

De acuerdo a los aislamientos realizados de los biofertilizantes en los medios de cultivos se evidencia que los mismos presentaron variabilidad de microorganismos, en donde el aislamiento del biofertilizante #3 presentó un mayor crecimiento posiblemente de *Trichoderma sp.* Por lo tanto, se decide trabajar con los tres (3) biofertilizantes a fin de evidenciar el comportamiento de esta variabilidad de microorganismos después de someterlos a campos electromagnéticos ya que según lo reportado por Mas Diego et al. (2015) plantean que los campos magnéticos de 80 mT aplicados durante 15 minutos estimulan el crecimiento celular de *Trichoderma harzianum* generando así un aumento de esporas alrededor del 50% en un sistema de fermentación sólida.

3.6 Adecuación del Sistema de Recirculación

El sistema de recirculación de los biofertilizantes contó con tres (3) solenoides, los cuales cuentan con las siguientes especificaciones de 3400 vueltas de alambre, fabricado en un marco

de PVC de cara cuadrada de 15 cm de longitud y 1,5 cm de grosor, con un orificio central de 8 cm de diámetro para permitir la conexión con el circuito de recirculación de fluidos. En cuanto a la intensidad del campo electromagnético se hizo uso de un regulador de voltaje variable de 2000 VA (Variac) modelo TDGC2-2KM con un voltaje de entrada de 110 VCA/120 VCA, 60 Hz y un Voltaje de salida: 0-130 VCA. También se usó una bomba eléctrica Titán QB60 con caudal máximo de 35 litros por minuto, y para el almacenamiento del biofertilizante se implementó dos (2) recipientes plásticos de 30 litros y dos (2) sistemas de tubería de PVC de 2,54 y 1,27 cm de diámetro con 2 válvulas de control de flujo en la tubería de 2,54 cm, ya que por medio de esta tubería la descarga se realiza a favor de la gravedad como se puede apreciar en la figura 11.



Figura 11 *Sistema de recirculación*

Fuente: (Nieto, 2022).

3.6.1 Calibración de los Equipos del Sistema de Recirculación

Para la calibración de equipos como los solenoides y la fuente variable fue necesario el uso de un multímetro digital Uni-t Ut123, mediante el cual se mide la resistencia promedio que tienen los solenoides, así como también el voltaje que reciben los mismos figura 12.

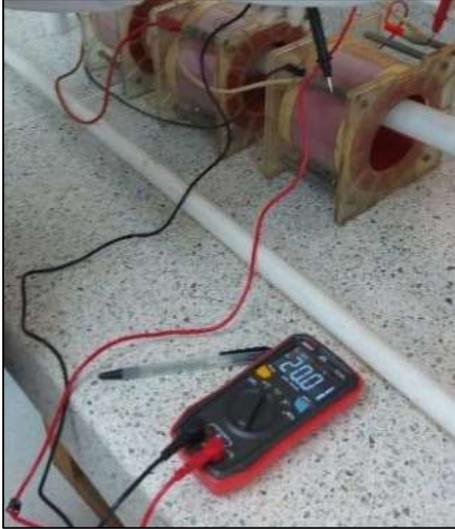


Figura 12 Calibración de los solenoides.

Fuente: (Nieto, 2022).

Para el cálculo del campo magnético creado en el interior del solenoide por el que circula una corriente eléctrica se aplica la ley de Ampere mediante la siguiente expresión:

$$B = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{L}$$

Donde:

μ : permeabilidad magnética en el vacío tiene un valor de $4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}/\text{A}$.

I: intensidad de corriente (A).

N: número de vueltas.

L: longitud del alambre conductor (m).

Para poder aplicar la ley de Ampere primero es necesario calcular la intensidad de corriente mediante la ley de Ohm la cual permite determinar la relación entre tensión, corriente y resistencia en un circuito mediante la siguiente expresión:

$$E = I \cdot R$$

Donde:

E: Tensión (V).

I: intensidad de corriente (A).

R: resistencia (Ω).

De modo que al aplicar las expresiones de la ley de Ampere y de Ohm se obtiene los siguientes datos para los campos magnéticos de 30, 25 y 20 mT como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3

Datos para el cálculo de los campos magnéticos de 30, 25 y 20 mT.

Campo Magnético mT	Tensión (v)	Intensidad de corriente (A)	Resistencia (Ω)	Número de vueltas.	Longitud (m)
30	42	0,64	65	3400	0.09
25	34,5	0,53	65	3400	0.09
20	28	0,43	65	3400	0.09

Fuente: (Nieto, 2022).

3.6.2 Preparación de los Recipientes para Pruebas de Actividad Microbiana

La preparación de los recipientes consistió como primer paso el lavado con Extran® líquido, neutro. Adicionalmente se procede a realizar un enjuague de los mismos con agua desionizada para posteriormente dejarlos secar boca abajo sobre un mesón en un paño limpio como se puede observar en la figura 13.

Una vez secos los recipientes, con un algodón humedecido con alcohol al 70% se procede a desinfectar el interior de los recipientes de plástico en donde se depositará las muestras de lombrinaza con el biofertilizante.

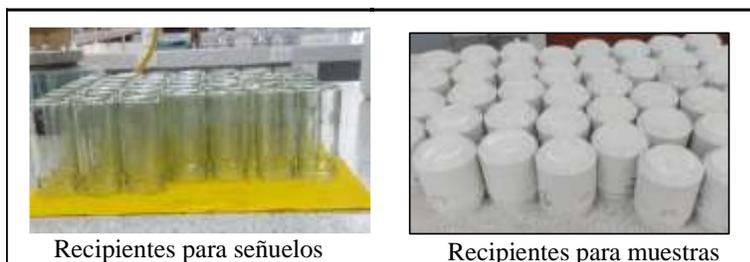


Figura 13 Limpieza y preparación de los recipientes.

Fuente: (Nieto, 2022).

3.7 Preparación de los Sustratos

La preparación de los sustratos consiste en primera medida en almacenar 420 g de sustrato en recipientes de 16 Oz de sello hermético, para lo cual se hará uso de la balanza de precisión BJ 6100D. Posteriormente para el proceso de autoclave de la muestra de suelo se tuvo en cuenta el reporte realizado por (Carter, Yellowlees, & Tibbett, 2007). De modo que se toma un recipiente de cada sustrato de lombrinaza y de suelo para someterlas al tratamiento en autoclave a 121 °C durante 30 minutos a 15 PSI en dos días consecutivos, como se puede apreciar en la figura 14.



Figura 14 Pesaje de sustratos y autoclavado

Fuente: (Nieto, 2022).

Una vez retiradas las muestras del autoclave se dejan enfriar por 1 hora para posteriormente someterlas a secado, en la estufa de temperatura controlada modelo D720 serie 910113 a 35 °C durante 24 horas utilizando recipientes de aluminio, transcurrido este tiempo se retiran las muestras y se almacenan en los recipientes de sello hermético figura 15. De igual manera se procede a someter a secado aquellas muestras que no recibieron el tratamiento en autoclave.



Figura 15 Secado de sustratos

Fuente: (Nieto, 2022).

Una vez secadas las muestras de sustrato en la estufa de temperatura controlada a 35 °C durante 24 horas, se retiran de la misma para posteriormente distribuirlas en cantidades de 50 g en los recipientes plásticos figura 16. Así mismo, una vez se adiciona el sustrato en cada recipiente se tapa inmediatamente.



Figura 16 Pesaje y adición del sustrato en los recipientes

Fuente: (Nieto, 2022).

Por otro lado, para el caso de los recipientes señuelos, se tomará 10 ml de NaOH al 0,5 N el cual es adicionado en un frasco de vidrio, y seguidamente con papel envoplast se sella la boca del recipiente.

3.8 Estimulación de los Biofertilizantes

Una vez recolectadas las muestras de biofertilizante, con ayuda de un colador y de un balde con escala graduada en litros, se tomó 10 L de biofertilizante para lo cual se usó el colador con la finalidad de eliminar las impurezas que puedan ocasionar atascamientos en el sistema de recirculación figura 17. Posteriormente se adicionan los 10 L de biofertilizante en un recipiente plástico ubicado a nivel del suelo de donde se dará inicio al sistema de recirculación para el estímulo con campos electromagnéticos.



Figura 17 Preparación de biofertilizantes.

Fuente: (Nieto, 2022).

El sistema de recirculación se da inicio con el campo de mayor intensidad después de transcurridos 5 minutos de circulación con la motobomba, ya que la misma está encargada de mover el líquido por una tubería de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada desde el recipiente ubicado a nivel del suelo hasta el recipiente que se encuentra sobre la silla en el mesón, de donde posteriormente el biofertilizante por acción de la fuerza de la gravedad vuelve a retornar al recipiente de inicio. Este recipiente cuenta con una llave de paso la cual se deja ubicada en dirección transversal al plano longitudinal de la tubería de 1 pulgada, para así poder disminuir la velocidad de salida y a su vez aumentar la exposición del biofertilizante al campo electromagnético, las muestras son tomadas a los 8 y 16 minutos transcurridos desde la puesta en marcha de los solenoides, para lo cual en la parte baja de la tubería de descarga se tiene una llave de paso en la parte inferior con una conexión en T con tapón móvil en la parte superior, lo cual permite cerrar el paso de descarga del biofertilizante estimulado y así poder tomar las muestras en recipientes de sello hermético figura 18.



Figura 18 Toma de muestra de biofertilizante estimulado.

Fuente: (Nieto, 2022).

3.8.1 Inoculación de Sustrato con Biofertilizante Estimulado

Una vez tomadas las muestras de biofertilizante estimulado en recipientes de sello hermético, estas son transportadas a un área independiente, limpia y desinfectada en donde se realizó la aplicación de 50 ml de biofertilizante en los recipientes plásticos con ayuda de una pipeta aforada y un pipeteador marca Accu-jet pro. La muestra es depositada en forma progresiva en puntos equidistantes al punto central del recipiente de plástico figura 19.



Figura 19 Aplicación de biofertilizante estimulado en recipiente con muestra de sustrato.

Fuente: (Nieto, 2022).

Seguidamente a la aplicación del biofertilizante se toma el recipiente señuelo y se introduce dentro del recipiente de plástico en el punto central, teniendo el cuidado de no dejar residuos de sustrato debajo del señuelo. Posteriormente se cierra el recipiente plástico con su respectiva tapa y adicionalmente con papel envoplast se cubre la tapa del recipiente esto para evitar tanto el ingreso como la salida de gases del recipiente. Todos los recipientes se ubicaron en un sitio donde la penetración de luz fuera la más mínima, para simular las condiciones de baja luminosidad que penetra al suelo bajo condiciones normales figura 20.



Figura 20 Recipientes sellados y almacenados en sitio con baja luminosidad.

Fuente: (Nieto, 2022).

3.9 Pruebas de Actividad Microbiana

Transcurridos ocho (8) días de incubación de las muestras, de forma progresiva se abre un recipiente plástico a la vez para extraer el señuelo y adicionar dos (2) ml de cloruro de bario ($BaCl_2$). Consecutivamente con papel envoplast se sella la boca del recipiente señuelo para dejar reaccionar durante una hora figura 21. La respuesta de esta reacción es inmediatamente la

precipitación del CO_2 en forma de carbonato de bario (BaCO_3), lográndose observar la formación de un sedimento color lechoso figura 22.

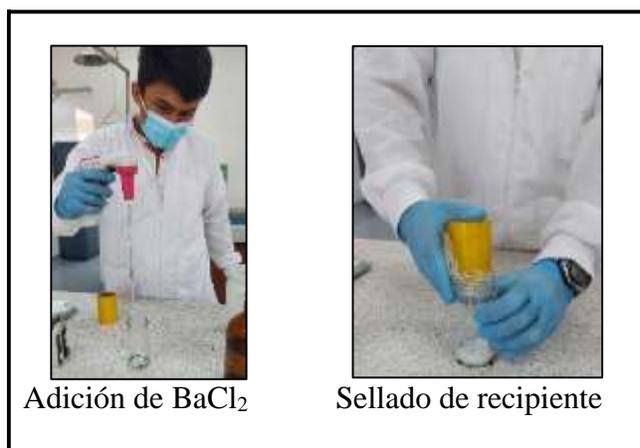


Figura 21 Adición de cloruro de bario (BaCl_2) y posterior sellado de recipiente señuelo.

Fuente: (Nieto, 2022).

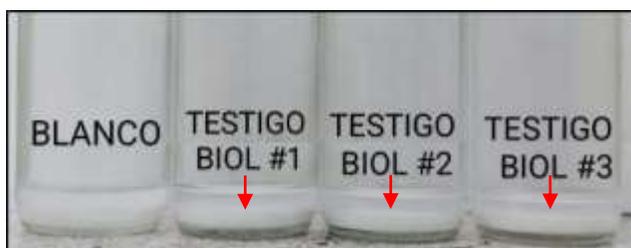


Figura 22 Precipitación del CO_2 en forma de carbonato de bario (BaCO_3) en señuelos testigos.

Fuente: (Nieto, 2022).

3.9.1 Titulación de Señuelos

Para la titulación de los señuelos de NaOH se agregó dos (2) gotas de fenolftaleína 1% (solución alcohólica indicadora) y se tituló con ácido clorhídrico (HCl) 0,5 N lentamente para cuantificar el volumen de NaOH que no reaccionó con el CO_2 figura 23.

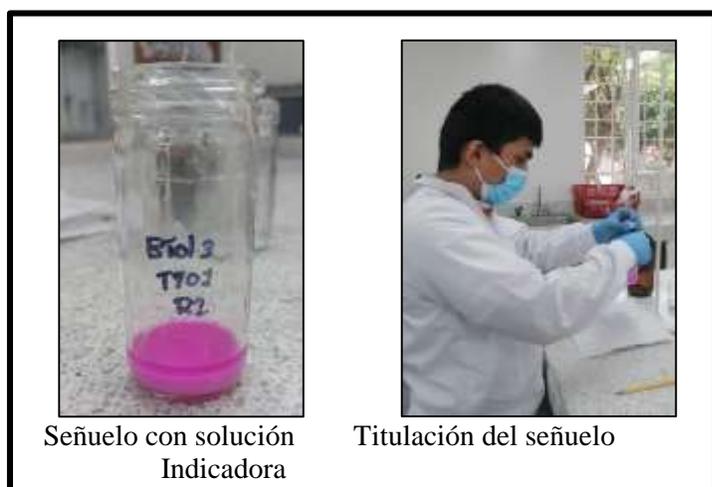


Figura 23 *Titulación de muestras.*

Fuente: (Nieto, 2022).

3.9.2 Cálculo de Actividad microbiana

La determinación de la actividad microbiana para las muestras, se realizó calculando el contenido de CO₂ de acuerdo a la ecuación planteada por (Anderson, 1983; Mewhort et al., 2020):

$$\text{cantidad de CO}_2 = \left[\frac{(\text{ml HCl}_{\text{Blanco}} - \text{ml HCl}_{\text{muestra}})(N)(E)}{\text{Tiempo de incubación} \times 50\text{gr}} \right]$$

Donde:

HCl muestra: ml de HCl utilizados para titular la muestra.

HCl Blanco: promedio de ml de HCl utilizados para titular los blancos.

N: Normalidad del NaOH y HCl.

E: Peso miliequivalente del carbono = 6 mg/meq

4. Resultados y Discusión

4.1 Fase I

4.1.1 Actividad Microbiana en Muestras de Sustrato

El generar conocimientos que permitan entender cómo optimizar la dinámica de los microorganismos en sistemas de producción agrícola es el principal reto para agricultores y científicos. Por lo tanto, parece lógico buscar como aliado tecnologías avanzadas como la implementación de campos electromagnéticos para el estímulo de microorganismos. Por consiguiente, en esta investigación se realizaron tres (3) ensayos durante un tiempo de ocho (8) días, teniendo en cuenta la inducción electromagnética, el tiempo de exposición y el tipo de biofertilizante usado. De modo que los resultados de la prueba de actividad microbiana para los tres (3) ensayos desarrollados se presentan en las figuras 24,25 y 26.

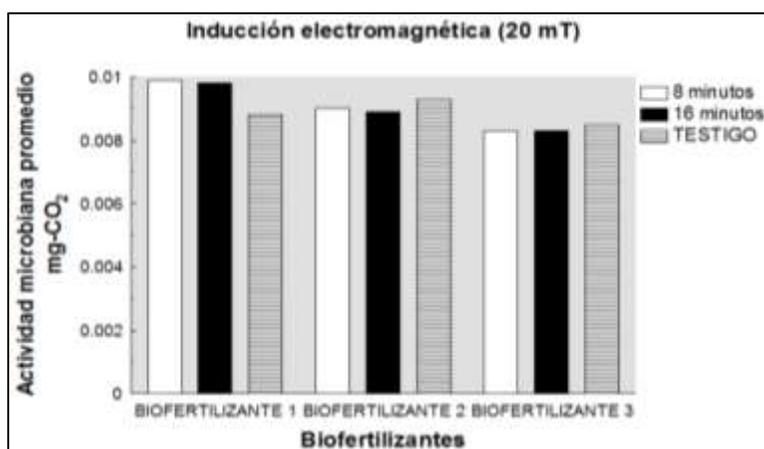


Figura 24 Resultados prueba de actividad microbiana de los tres (3) biofertilizantes para una inducción electromagnética de 20 mT.

Fuente: (Nieto, 2022).

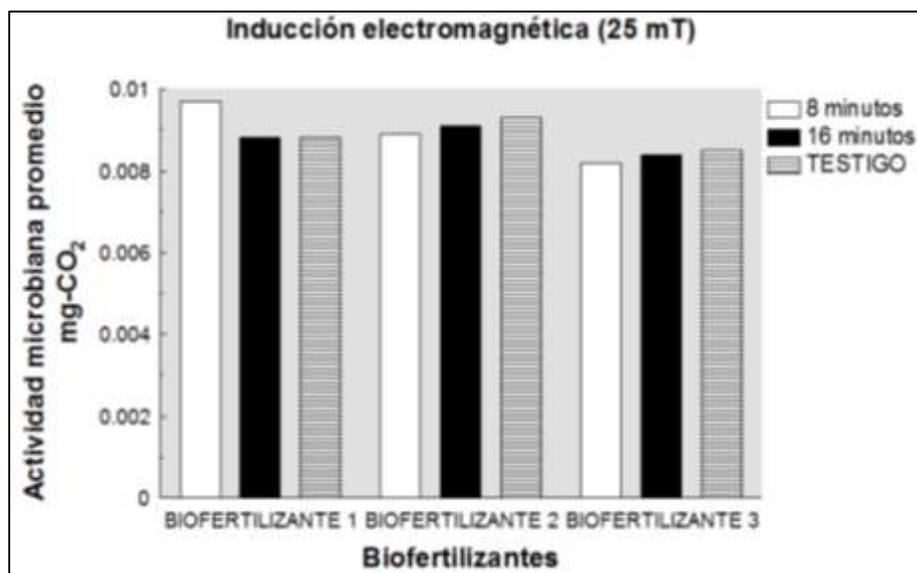


Figura 25 Resultados de la prueba de actividad microbiana de los tres (3) biofertilizantes para una inducción electromagnética de 25 mT.

Fuente: (Nieto, 2022).

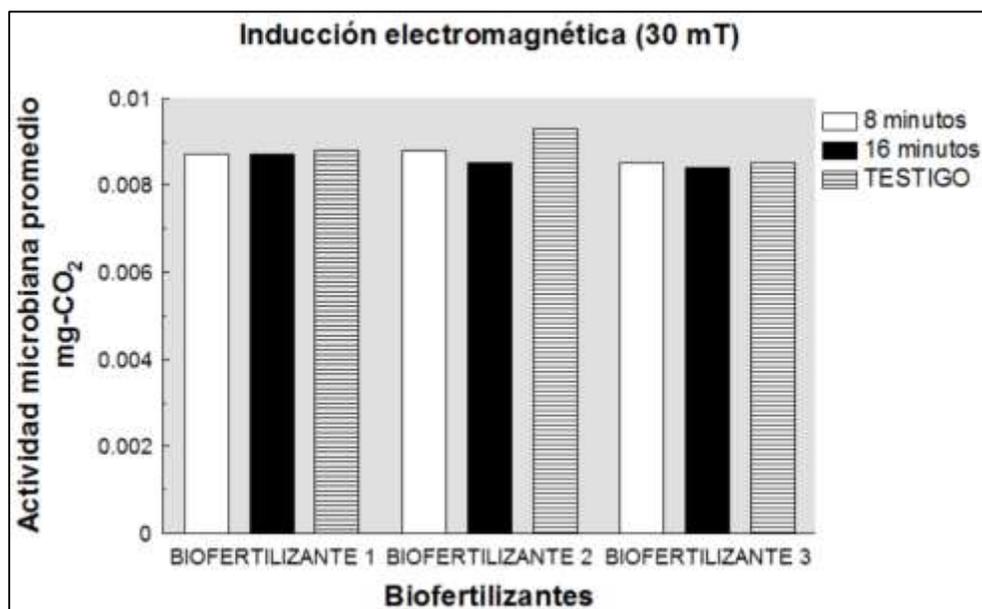


Figura 26 Resultados de la prueba de actividad microbiana de los tres (3) biofertilizantes para una inducción electromagnética de 20 mT.

Fuente: (Nieto, 2022).

En los tres (3) ensayos (figuras 24, 25 y 26), se observó un ligero aumento en la actividad microbiana presentada en el biofertilizante uno (1), cuando se induce un campo electromagnético de 20 mT en tiempos de exposición de 8 y 16 minutos, de la misma manera se evidencia en la aplicación de 25 mT durante 8 minutos. Adicionalmente, es preciso mencionar que por el contrario de los demás tratamientos se logra apreciar que la actividad microbiana fue baja en comparación a los testigos, y esto podría explicarse debido al proceso de recirculación del biofertilizante por la bomba eléctrica, la cual genera un proceso de ventilación que posiblemente repercute en el crecimiento de un porcentaje significativo de los microorganismos anaeróbicos presentes en estos tipos de biofertilizantes; Por otro lado existe la probabilidad de que los campos magnéticos alcanzaron a provocar un efecto no solo directamente sino también indirectamente al cambiar las propiedades de las moléculas presentes en la solución de cada biofertilizante. Por ejemplo, la velocidad del flujo a través de un campo magnético estático permanente altera las características del enlace de hidrógeno de las moléculas de agua, lo que provoca cambios en la hidratación de los iones y la formación de moléculas de hidronio. (Wu & Brant, 2020) De modo que al momento de realizar seguimiento de variables como la conductividad eléctrica y la temperatura presentada en las figuras 27 y 28 se evidenció que los campos electromagnéticos de 20,25 y 30 mT resultaron ser favorables para el biofertilizante uno (1) y, para los biofertilizantes dos (2) y tres (3) fue inhibitorio ya que la conductividad eléctrica no mostró alteraciones tendientes a un aumento en comparación con los testigos sino que por el contrario en algunos tratamientos se presentó disminución; esto podría deberse a la presencia o no de ciertos tipos de minerales en la solución de cada biofertilizante, puesto que un equipo de investigación descubrió que ciertos tipos de minerales semiconductores comunes en la naturaleza, incluidos el rutilo (TiO_2), la goethita (FeOOH) y la esfalerita (ZnS), liberan

electrones fotogenerados por la catálisis de luz visible lo cual puede promover significativamente el crecimiento de microorganismos. (Juan, et al. 2018) así mismo para esta investigación pudo haber influido la concentración de minerales ya que para la elaboración de los biofertilizantes se usó roca fosfórica y óxido de Magnesio, encontrándose en investigaciones que los iones de calcio y magnesio son los mejores para promover la degradación de microorganismos anaeróbios en concentraciones de 1073 mg/L (Xuan, 2021). Sin embargo, observaciones recientes de magnetismo en óxidos no magnéticos, como el MgO, han abierto nuevas vías en el campo del magnetismo, este tipo de materiales se conoce como d⁰ferromagnetismo, ya que estos óxidos tienen orbitales d-/f completamente llenos o vacíos y el magnetismo en estas estructuras es inducido por orbitales 2p de átomos de oxígeno rodeados por vacantes de Mg y estados de triplete de espín (Singh & Chae, 2017). Por otro lado, la temperatura (figura 28) mostró un aumento casi que homogéneo para los tres (3) tipos de biofertilizantes después de inducir los campos electromagnéticos por lo que se puede llegar a deducir que este aumento quizás se pueda deber a un tipo de transferencia de energía por la inducción de los campos electromagnéticos, y tal vez al no haber la suficiente concentración de minerales en la solución del biofertilizante dos (2) y tres (3) este tipo de energía pudo haber sido recibida por los microorganismos lo cual permite el aumento de la temperatura y a su vez abre la posibilidad del efecto en la baja actividad microbiana y la conductividad eléctrica, lo cual es muy plausible teniendo en cuenta el reporte realizado por (Shi, 2019) sobre el efecto que tiene el campo electromagnético externo sobre el campo electromagnético interno de un microorganismo los cuales se superponen para generar un nuevo campo electromagnético que puede afectar la transferencia de electrones, ya que de acuerdo con la ley de fuerza de Lorentz, el flujo de la corriente metabólica puede verse

afectado por la interacción de los campos electromagnéticos ELF-EMF externos y los campos electromagnéticos endógenos.

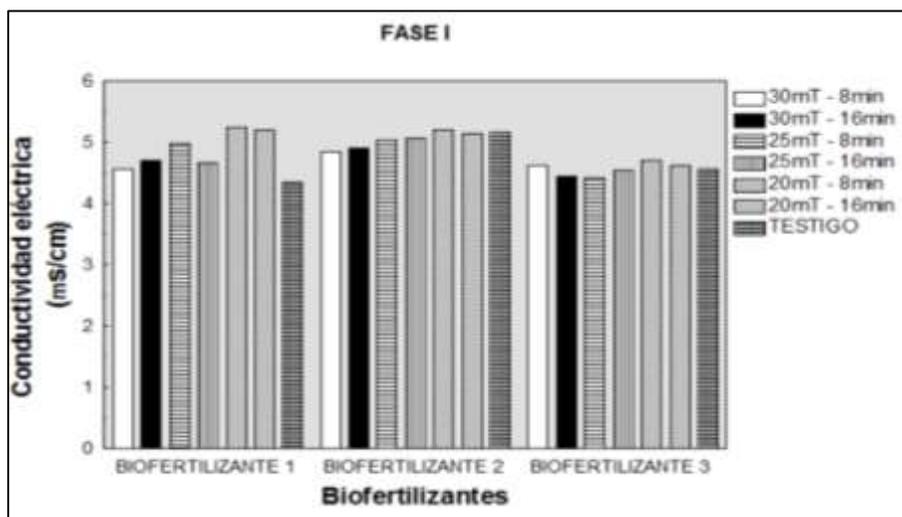


Figura 27 Resultados prueba inicial de conductividad eléctrica de los tres (3) biofertilizantes bajo la inducción de los diferentes campos electromagnéticos

Fuente: (Nieto, 2022).

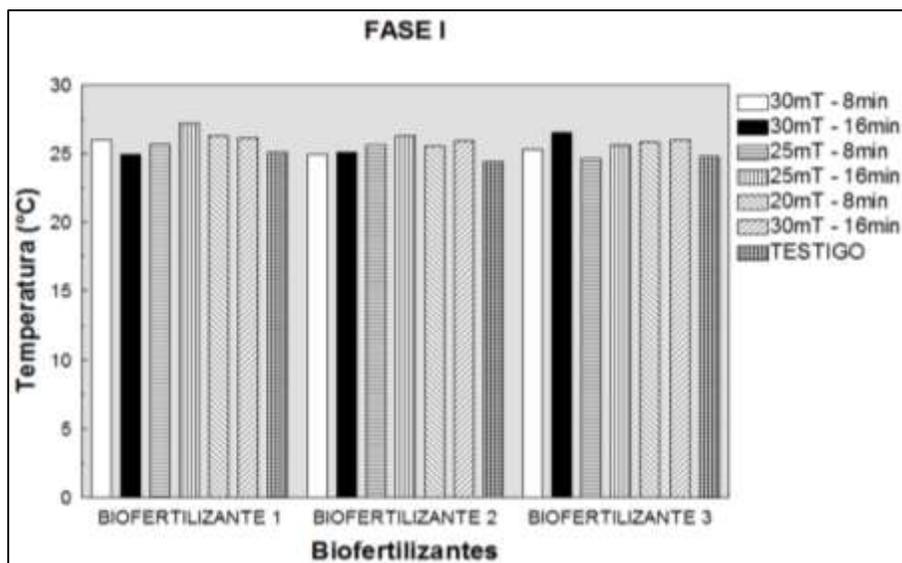


Figura 28 Resultados prueba de temperatura de los tres (3) biofertilizantes bajo la inducción de los diferentes campos electromagnéticos

Fuente: (Nieto, 2022).

Los resultados obtenidos de la actividad microbiana para los tres (3) ensayos se pasaron por un análisis de varianza (tabla 4) en el programa statgraphics, arrojando como resultado que existe una diferencia en las medias de los resultados de la actividad microbiana obtenidos en las inducciones electromagnéticas de 20, 25 y 30 mT en tiempos de exposición de 8 y 16 minutos y de igual manera existe una diferencia en la medias de los datos de la actividad microbiana entre los tipos de biofertilizantes.

Tabla 4
Análisis de varianza actividad microbiana

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
TRATAMIENTOS	2.79238095 238095E- 06	6	4.653968253968 25E-07	3.6834 17085 42714	0.02603 3780784 9239	2.9961203 7751711
BIOFERTILIZANTES	1.74380952 380952E- 06	2	8.719047619047 62E-07	6.9007 53768 84422	0.01012 0849937 2502	3.8852938 3465239
Error	1.51619047 619048E- 06	12	1.263492063492 06E-07			

Fuente: (Nieto, 2022).

Dado que hubo diferencias con respecto a la actividad microbiana, la conductividad eléctrica y la temperatura se escogió las tres (3) mejores interacciones para probarlos en la segunda fase de la investigación siendo estos los de inducción electromagnética de 20 mT con tiempos de 8 y 16 minutos, y de 25 mT durante 8 minutos del biofertilizante uno (1). Lo cual concuerda con la investigación realizada por (Zúñiga et al. 2016) quienes reportaron que la mejor actividad microbiana se presentó con la inducción de un campo electromagnético de 25 mT con un tiempo de estimulación de 7 ½^{para} un biofertilizante comercial.

4.2 Fase II

4.2.1 Actividad Microbiana en Muestras de Suelo y Sustrato

Se realizó la adecuación del suelo y del sustrato para la prueba de actividad microbiana, sometiendo a secado algunas muestras y otras al autoclave y secado; Sobre estas se adicionó el biofertilizante estimulado con campos electromagnéticos de 20 mT con tiempos de inducción de 8 y 16 minutos, igualmente para el campo de 25 mT durante 8 minutos. Los resultados de esta segunda fase de la investigación se exponen en la figura 29.

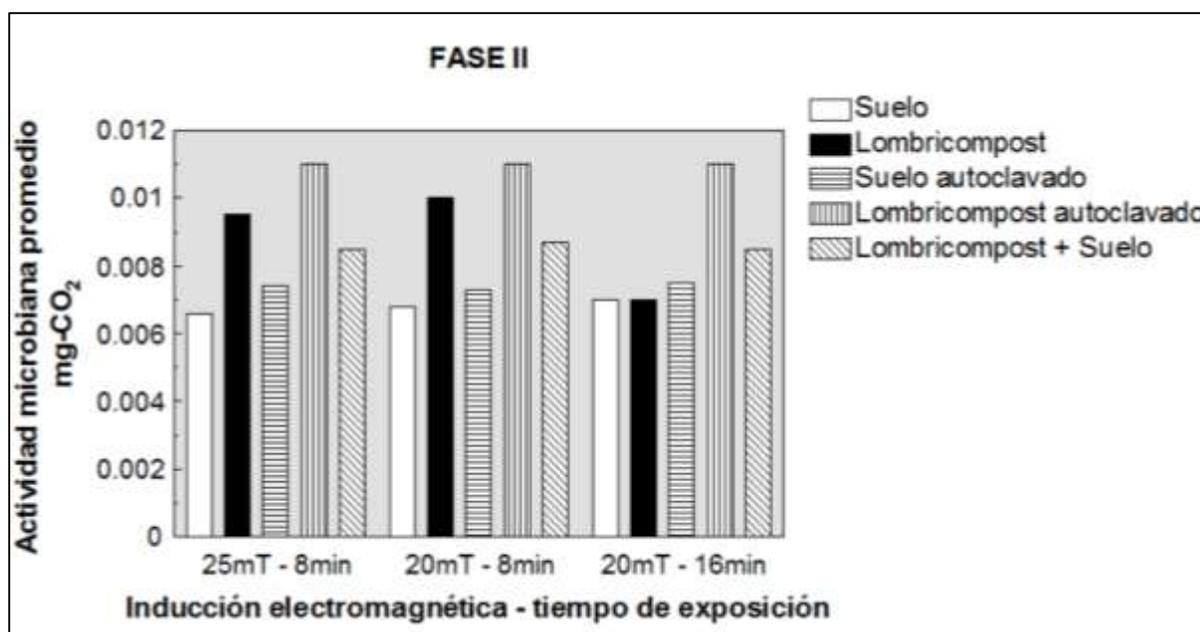


Figura 29 Resultados de la prueba de actividad microbiana.

Fuente: (Nieto, 2022).

Los resultados de la actividad microbiana (figura 29), son bastante atípicos ya que se logra observar cómo la actividad microbiana se ve influenciada por el efecto que tienen los campos electromagnéticos y a su vez cómo estos microorganismos requieren de un sustrato

adecuado para su óptimo desarrollo, es decir, cuando se inocula el biofertilizante estimulado con los tres (3) tipos de campos electromagnéticos en un lombricompost autoclavado y secado la actividad microbiana es casi que homogénea para los tres (3) tratamientos, pero por el contrario cuando se usa un lombricompost que solo ha sido secado la actividad microbiana inmediatamente sufre un decrecimiento; lo cual es posible debido a la presencia de microorganismos en el lombricompost (anexo 1) el cual según la ficha técnica se especifica la presencia de enterobacterias las cuales a lo mejor ejercieron represión sobre los microorganismos presentes en los tratamientos, así mismo, para las muestras de suelo se presentaron variaciones aumentando la actividad microbiana en muestras autoclavadas y secadas.

Por otra parte, la actividad microbiana con el mayor incremento se presenta cuando se usa un lombricompost debido a que este sustrato es el resultado del proceso de degradación de la lombrices las cuales excretan materiales de desecho parcialmente digeridos (Kumar, Kumar, & Sood, 2021) por lo tanto, este tipo de sustrato es más aceptado por los microorganismos; además de que cuenta con pH de 7,37 (anexo 1) al contrario del suelo que presenta un pH de 4,55 (anexo 5), el cual es ligeramente ácido siendo desfavorable posiblemente para los microorganismos presentes en los tratamientos ya que en un estudio realizado se demostró que las plantas y los microbios beneficios del suelo prefieren un rango de pH casi neutro de 6 a 7, por lo que el aumento de la acidez del suelo suele ir acompañado de cambios en los tipos de microbios en los suelos y sus actividades. Esto significa cambios significativos en la tasa de descomposición que pueden llevar a la inmovilización de nutrientes básicos y a una menor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Sullivan, Barth, & Lewis, 2017) De modo que los microorganismos que se encuentran presentes en los tratamientos de los biofertilizantes necesitan de un sustrato con un pH cercano a la neutralidad.

Adicionalmente, para esta investigación se realizaron observaciones más detalladas del comportamiento de la actividad de los microorganismos de cada tratamiento bajo condiciones de laboratorio presentadas en las tablas 5 y 6.

Tabla 5

Monitoreo del comportamiento del biofertilizante bajo la inducción de los campos electromagnéticos a los 8 y 15 días.

Monitoreo 8 días



pH: 20 mT – 16 minutos : 7.51
 20 mT – 8 minutos : 7.46
 25 mT – 8 minutos : 7.48
 Testigo : 7.8

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
 (mS/cm)

20 mT – 16 minutos : 5.07
 20 mT – 8 minutos : 5.1
 25 mT – 8 minutos : 5.12
 Testigo : 4.59

Monitoreo 15 días



pH: 20 mT – 16 minutos : 7.9
 20 mT – 8 minutos : 7.56
 25 mT – 8 minutos : 7.64
 Testigo : 7.8

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
 (mS/cm)

20 mT – 16 minutos : 5.5
 20 mT – 8 minutos : 5.16
 25 mT – 8 minutos : 5.2
 Testigo : 4.6

Fuente: (Nieto, 2022)

En la tabla 5 se puede apreciar el monitoreo que se le realizó al biofertilizante estimulado con los campos electromagnéticos a los 8 y 15 días, lograndose percibir a simple vista un cambio de colorimetría entre tratamientos a través del tiempo, lo cual demuestra la actividad de los

microorganismos que crecieron en cada tratamiento, y tal y como se puede apreciar a los 8 días las muestras presentaron una tonalidad un poco más oscura que el testigo, posiblemente a un alto crecimiento de las unidades formadoras de colonias (UFC), y a su vez éstas pudieron haber repercutido en el cambio de tonalidades de los tratamientos a los 15 días debido al proceso de digestión de estos microorganismos.

Con referencia a este tema se tiene las observaciones realizadas de los microorganismos directamente al microscopio (tabla 6), encontrando que la inducción de campos de 25 mT durante una inducción de 8 minutos permite el crecimiento de bacterias del género *Bacillus sp.* gran positivas y negativas; por otra parte, los campos electromagnéticos de 20 mT durante 8 minutos permiten el crecimiento de microorganismos del género *Aspergillus sp.*

Y, por último, la inducción de 20 mT en un tiempo de 16 minutos pudo haber generado un impacto de adaptación en bacterias posiblemente del género *Bacillus sp* del tipo gran positivos ya que estos microorganismos se encontraban en una una fase de esporulación hecho que se puede relacionar con el cambio del pH 7,51 a 7,9 y la conductividad eléctrica de 5,07 a 5,5 medidos a los 8 y 15 días (tabla 5). Por consiguiente, estos cambios se pueden explicar según lo reportado por (Setlow, 2014) en donde se demuestra que la germinación de esporas de especies de *Bacillus* se da en el marco de la adición de un nutriente germinante y la posterior liberación de cationes monovalentes (H^+ , K^+ , Na^+) tal y como se puede apreciar en la figura 30.

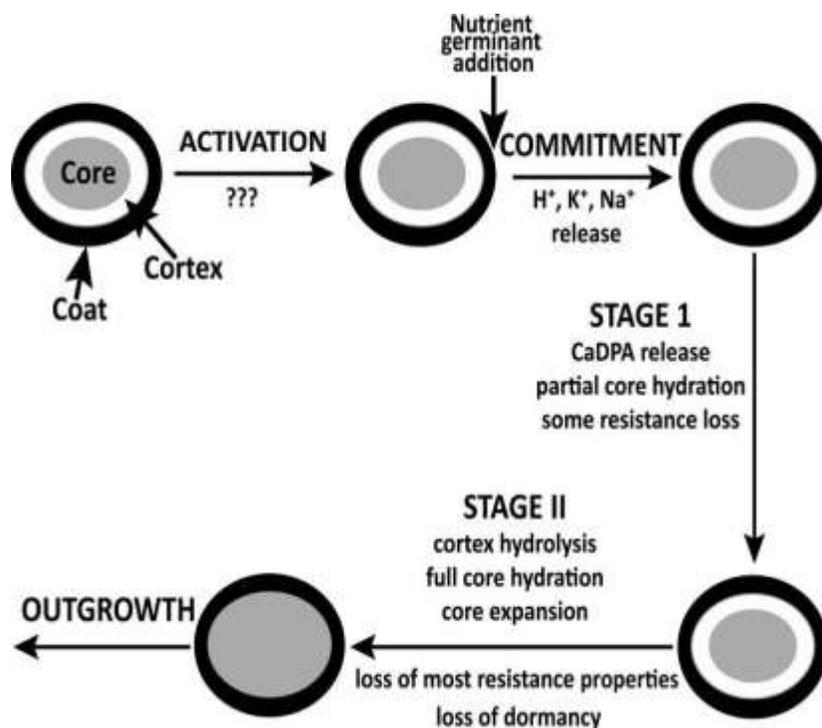
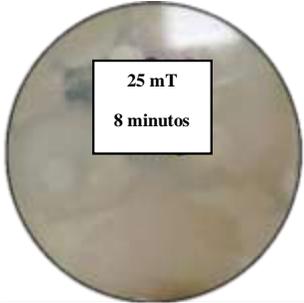
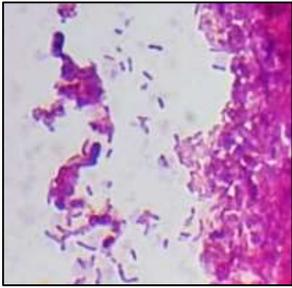
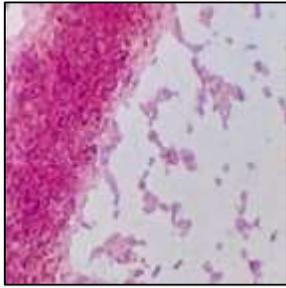
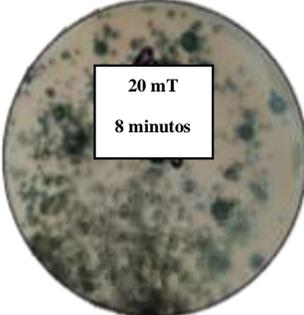
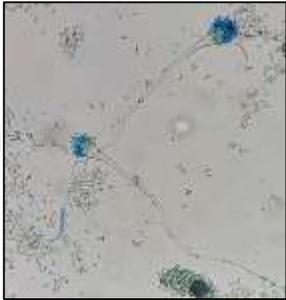
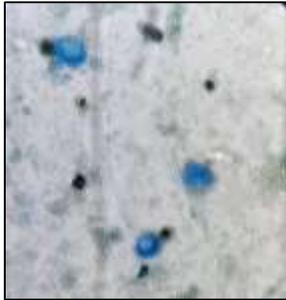
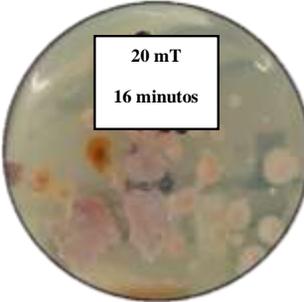
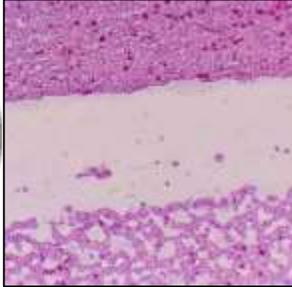
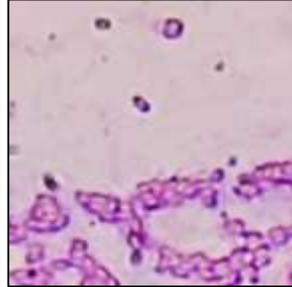
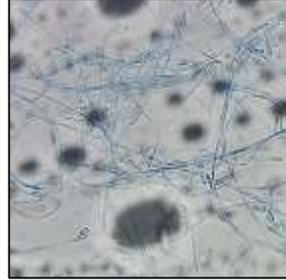


Figura 30 Germinación de esporas de especies de bacillus

Fuente: (Setlow, 2014).

Tabla 6

Observación de microorganismos en microscopio y conteo de unidades formadoras de colonias UFC.

TRATAMIENTOS	MICROORGANISMOS		UFC
	aumento microscopio: 1000X		
			BACTERIAS 8×10^4 UFC/ml
	aumento microscopio: 400X		
			HONGOS 2.2×10^5 UFC/ml
	aumento microscopio: 1000X		
			BACTERIAS 2.7×10^5 UFC/ml
	aumento microscopio: 400X		
			HONGOS 6×10^4 UFC/ml

Conclusiones

La aplicación del campo electromagnético de 20 mT durante 16 minutos, presentó la mejor inducción para microorganismos posiblemente del género *Bacillus sp.* Ya que mediante la observación realizada en el microscopio estos se encontraban en un estado de esporulación, lo cual da indicios de una posible respuesta de adaptación por parte del mismo.

La actividad de los microorganismos presentes para las inducciones de campos electromagnéticos de 20 mT con tiempos de 8 y 16 minutos, y 25 mT durante 8 minutos, resultaron ser homogéneas sobre un sustrato de lombricompost sometido a autoclave. Ya que de acuerdo a la cuantificación del CO₂ los tres tratamientos presentaron 0.11 mg CO₂.

Se observó que la actividad microbiana de la mezcla de lombricompost + suelo (sin autoclavar) fue de 0.086 mg CO₂, en comparación con la actividad presentada en la muestra de suelo (sin autoclavar) que fue de 0.067 mg CO₂. Por lo tanto, el uso de lombricompost optimiza el rendimiento del biofertilizante estimulado con campos electromagnéticos.

En el aislamiento del testigo solo se evidenció el crecimiento de 6.0×10^4 UFC/ml, para un tipo de hongo. Pero con la aplicación de campos electromagnéticos de 20 mT durante 16 minutos y de 25 mT durante 8 minutos, el crecimiento microbiano fue de 2.2×10^5 y 8.0×10^4 UFC/ml respectivamente. Por lo tanto, se pudo haber generado un proceso de activación de bacterias posiblemente del género *Bacillus sp.* los cuales pudieron haber permanecido en el biofertilizante en un estado de latencia.

Recomendaciones

Se recomienda ampliar el tiempo de investigación por lo menos a 15 y 23 días después de inducir los campos electromagnéticos. De igual manera, es ideal realizar la cuantificación del pH, conductividad eléctrica, concentración de los minerales antes, durante y después de la inducción de los campos para determinar qué tanto influyen en la actividad microbiana.

Realizar el aislamiento individual del microorganismo objeto de estudio en medios de cultivos selectivos, con la finalidad de poder realizar un seguimiento más riguroso al momento de aplicar los campos electromagnéticos. Ya que como se pudo apreciar en la inducción de 20 mT con un tiempo de 16 minutos estos se encontraban en un estado de esporulación, por lo tanto, es recomendable realizar curvas de crecimiento microbiano.

Para optimizar el uso de biofertilizantes estimulados con campos electromagnéticos, se recomienda emplear sustratos que permitan potencializar la actividad de los microorganismos al momento de realizar aplicaciones en campo.

Bibliografía

- Ali, A. F., Alsaady, M. H., & Salim, H. A. (2019). Influence of Magnetized Water and Nitrogen Bio-fertilizers on the Quantity and Quality Features of the Butternut Squash *Cucurbita moschata*. *Iraqi Journal of Science*, Vol.60, No.11, pp: 2398-2409. doi: 10.24996/ijis.2019.60.11.10
- Anaya, M., Barbará, E., Padrón, J., Borrego, S. F., Valdés, O., & Molina, A. (2015). Influencia del campo magnético sobre el crecimiento de microorganismos patógenos ambientales aislados en el Archivo Nacional de la República de Cuba. *redalyc*, 12.
- Anderson, J. P. (1983). Soil Respiration. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9.2.2, Second Edition, 9,831-871. Obtenido de <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c41>
- Bradshaw, J. E. (2017). Plant breeding: past, present and future. *Euphytica*, 213(3), 60.
- Brender, J. D. (2020). Human Health Effects of Exposure to Nitrate, Nitrite, and Nitrogen Dioxide. *Springer*, 283-294.
- Carbonell, M. V., Flórez, M., Martínez, E., & Álvarez, J. (2017). aportaciones sobre el campo magnético: historia e influencia en sistemas biológicos. *intropica*, 17. obtenido de <https://doi.org/10.21676/23897864.2282>
- Carter, David O., David Yellowlees, y Mark Tibbett. 2007. «Autoclaving kills soil microbes yet soil enzymes remain active». *Pedobiologia* 51(4):295-99.
- Cervera, S. S. (2011). *Prácticas de microbiología (2a ed.)*. Logroño, España: Universidad de La Rioja. doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=100835>

- Cherif, m. (2014). effets des radiations electromagnetiques sur le corps humain. república argelina: ministere de l'enseignement superieur et de la recherche scientifique.
- Cuero y Tulande,2004 citado en Carrejo, m. m. (2013). Aplicación de campos electromagnéticos en semillas de ají [*capsicum frutescens* l.]. Facultad de ingeniería, universidad del valle, santiago de cali.
- Dini, L., & Abbro, L. (2005). Bioeffects of moderate-intensity static magnetic fields on cell cultures. *Micron*, 36(3), 195-217.
- Escobar, O. Z., Saravia, J. C., Guependo, R. C., & Ospina, J. A. (2011). Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*, 11.
- FAO. (2019). Código Internacional de conducta para el uso y manejo de fertilizantes. Roma: Creative Commons.
- FAO, ITPS, GSBI, SCBD, & EC. (2021). State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities. Summary for policy makers. *FAO*, 40.
doi:<https://doi.org/10.4060/cb1929es>
- Fleury, P. (2011). Chapitre 7. Fertilité des sols en agriculture biologique . italie: Éducagri éditions.
- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Nuñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura*. *SciELO*, 14.
- Helder, M. (2012). *Design criteria for the Plant-Microbial Fuel Cell Electricity generation with living plants – from lab to application*.
- Insua, D. A., García, C. P., Montiel, I. P., & Prado, E. A. (2009). Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos . *redalyc*, 24.

- Itelima, J. U., Bang, W. J., Onyimba, I. A., Sila, M. D., & Egbere, O. J. (2018). Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: A review. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, Vol. 6 Pp 73-83.
- Johnson, S. F. (2019). Methemoglobinemia: Infants at risk. *Current problems in pediatric and adolescent health care*, 49(3), 57-67.
- Juan, L., Anxu, S., Feng, L., Xiaoxu, L., Yiwen, J., & Guoheng, L. (2018). Nanominerals and Their Environmental Effects. *Earth Science*, 43(5), 14. doi:10.3799/dqkx.2018.404
- Kumar, S., Kumar, R., & Sood, P. (2021). Role of Microbial Enriched Vermicompost in Plant-Parasitic Nematode Management. *IntechOpen*, 15.
- Layet, M., & Wehrien, R. (2014). *electroculture et énergies libres: les bienfaits de l'électricité et du magnétisme naturels pour des cultures écologiques (2 édition ed., vol. rue des grands augustins). rue des grands augustins , parís: le courrier du livre.*
- Liburdy R P. *On the Nature of Electromagnetic Field Interaction with Biological systems.* California :Edition Landes . 1994
- Lien, n. t. (2017). *study on mutation of microorganisms for bio-fertilizer by gamma irradiation.* lam dong: dalat university nuclear engineering department .
- Lu, A., Li, Y., Wang, X., Ding, H., Zeng, C., Yang, X., . . . Santosh, M. (2013). Photoelectrons from minerals and microbial world: A perspective on life evolution in the early Earth. *ELSEVIER*, 231 , 401-408.
- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S. M., & Turrall, H. (2017). *Water pollution from agriculture: a global review.* Rome: the Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2017 and the International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems research program Colombo, 2017.

- Mattar, J. (2015). Stimulation of the fermentation by pulsed electric fields : *Saccharomyces cerevisiae* case. (*Doctoral dissertation, Compiègne*)., 139.
- Mena, E., Villaseñor, J., Cañizares, P., & Rodrigo, M. A. (2014). Effect of a direct electric current on the activity of a hydrocarbon-degrading microorganism culture used as the flushing liquid in soil remediation processes. *Separation and Purification Technology*, 124, 217-223.
- MÉNDEZ CARREJO M, JIMÉNEZ ALFARO C Y DAZA TORRES M. 2013. Aplicación de campos electromagnéticos en semillas de ají (*Capsicum frutescens* L.). Tesis de Pregrado. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente – EIDENAR.
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7756/1/semillas%20aji.pdf>
- Mewhort RL, Elliott CG, Wakeford D. 2020. Soil respiration. Article 13. In: McMahon K, editor. *Advances in biology laboratory education*. Volume 41. Publication of the 41st Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE).
<https://doi.org/10.37590/able.v41.art13>
- NIH. (13 de Marzo de 2016). *Electromagnetic Fields and Cancer*. Obtenido de *Electromagnetic Fields and Cancer*: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/electromagnetic-fields-fact-sheet>
- Niu, C., Liang, W., Ren, H., Geng, J., Ding, L., & Xu, K. (2014). Enhancement of activated sludge activity by 10–50 mT static magnetic field intensity at low temperature. *Bioresource technology*, 159, 48-54.

- Oncul, S., Cuce, E. M., Aksu, B., & Garip, Y. I. (2016). Effect of extremely low frequency electromagnetic fields on bacterial membrane. *Revista internacional de biología de las radiaciones* , 92 (1), 42-49.
- Peña, J. A., Zúñiga, O., & Cuero, R. (2011). Estimulación con campo electromagnético variable de microorganismos benéficos aplicados a la cachaza para mejorar su uso como biofertilizante. *biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 9(2), 150-158.
- Red eléctrica de España. (2001). Campos eléctricos y MAGNÉTICOS de 50 Hz. España: GRUPO PANDORA S.A. <https://www.ree.es/es/publicaciones/sostenibilidad-y-medio-ambiente/campos-electricos-y-magneticos-de-50hz-analisis-del-estado-actual-de-conocimientos>
- Ríos, H. B., Calderón, E. R., & Parra, E. R. (2012). FÍSICA Principios de Electricidad y Magnetismo. manizales : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Romanenko, S., Begley, R., Harvey, A. R., Hool, L., & Wallace, V. P. (2017). The interaction between electromagnetic fields at megahertz, gigahertz and terahertz frequencies with cells, tissues and organisms: Risks and potential. *Journal of the Royal Society Interface*, 14(137). <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0585>
- Setlow, P. (2014). Germination of Spores of Bacillus Species: What We Know and Do Not Know. *Journal of Bacteriology* , 196 (7), 1297-1305.
- Shi, Z. (2019). Geobacter sulfurreducens-inoculated bioelectrochemical system reveals the potential of metabolic current in defining the effect of extremely lowfrequency electromagnetic field on living cells. *Ecotoxicología y Seguridad Ambiental*, 173 , 8-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.008>

- Singh, J. P., & Chae, K. H. (2017). d°Ferromagnetism of Magnesium Oxide. *Condensed Matter*, 2(4), 36.
- Soboleva, O. M., Kolosova, M. M., Filipovich, L. A., & Aksenov, V. A. (2017). Electromagnetic Processing as a Way of Increasing Microbiological Safety of Animal Waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 66(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/66/1/012025>
- Srivastav, A. L. (2020). Chemical fertilizers and pesticides: role in groundwater contamination. *sciencedirect.*, Pages 143-159,
- Sullivan, T. S., Barth, V. P., & Lewis, R. W. (2017). Soil acidity impacts beneficial soil microorganisms. *Washington State University. Extension*), 1-6.
- Wu, T., & Brant, J. A. (2020). Magnetic Field Effects on pH and Electrical Conductivity: Implications for Water and Wastewater Treatment. *Environmental Engineering Science*, 37(11), 717–727. <https://doi.org/10.1089/ees.2020.0182>
- Xuan, J. (2021). 钙镁离子对垃圾渗滤液厌氧生物处理效果及微生物活性的影响. *CnKi*, 5
- YOUNG, H. D., & FREEDMAN, R. (2009). *FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA* (Decimosegunda Edición ed., Vol. II). México: Pearson Educación.
- Zhang, J., Cao, Z., Zhang, H., Zhao, L., Sun, X., & Mei, F. (2013). Degradation characteristics of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in electro-biological system. *Journal of hazardous materials*, 262, 137-142.
- Zieliński, M., Cydzik-Kwiatkowska, & A., Zielińska, M., Dębowski, & M., Rusanowska, P., & Kopańsk, & J. (2017). Nitrification in Activated Sludge Exposed to Static Magnetic Field. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(4), 126.

Zúñiga, O., Jiménez, C. O., Benavides, J. A., & González, C. T. (2016). Effect of

Electromagnetic Fields on Microbial Activity of a Bio-Fertilizer. *Revista de Ciencias*, 14.

Anexos

Anexo 1

Ficha técnica del lombricompuesto


REPUBLICA DE COLOMBIA
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
 SUBGERENCIA DE PROTECCION Y REGULACION AGRICOLA

REGISTRO DE

ACUERDO A LOS DECRETOS Y RESOLUCIONES VIGENTES SE CONCEDE EL REGISTRO DE VENTA No. 5585
 DESDE 25/09/05 CON VIGENCIA INDEFINIDA

LOMBRICES DE TENJO E.U.

PARA VENDER EN EL TERRITORIO NACIONAL EL PRODUCTO DENOMINADO

LOMBRICOMPUUESTO "LOMBRITENJO"

CON UNA COMPOSICION GARANTIZADA DE

NITROGENO TOTAL (N)	1,19 %
FOSFORO TOTAL (P2O5)	1,21 %
POTASIO SOLUBLE EN AGUA (K2O)	1,01 %
CALCIO (CaO)	1,62 %
MAGNESIO (MgO)	0,67 %
CARBONO ORGANICO OXIDABLE TOTAL	19,50 %
RELACION CARBONO/NITROGENO	16,00
CENIZAS	32,60 %
HUMEDAD MAXIMA	25,00 %
pH	7,37
DENSIDAD A 20 °C (Base seca)	0,55 g/cm ³
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	41,0 mEq/100 g
CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA	139,0 %

CONTENIDO MÁXIMO DE METALES PESADOS:
 Por debajo de los límites establecidos en la NTC-5167 (1a actualización)

CONTENIDO DE AGENTES PATÓGENOS:

* Salmonella sp. Ausente en 25 gramos de producto.

* Enterobacterias totales 67 X 10 E(2) UFC/gramo.

FUENTE:
 LOMBRICOMPUUESTO PREPARADO A PARTIR DE ESTIÉRCOL BOVINO Y
 DESECHOS ORGÁNICOS DE FINCA.

USO ESPECIFICO

ACONDICIONADOR ORGANICO DE SUELOS

TIPO DE FORMULACION

GRANULADO

EMPAQUES O ENVASES

SACOS DE POLIPROPILENO CON BOLSA INTERIOR DE POLIETILENO POR 50 KILO-
 GRAMOS DE PESO NETO.


RICARDO BARRETO REYES
 Profesional Especializado


JAIME GÁRDENAS LÓPEZ
 Subgerente Protección y Regulación

Anexo 2

Ficha técnica SAFERSOIL WP.

SAFERSOIL WP

AGENTE MICROBIAL
ANTAGONISTA DE HONGOS FITOPATÓGENOS Y NEMATICIDA DE USO
AGRÍCOLA

REGISTRO DE VENTA ICA 9134
CATEGORIA TOXICOLÓGICA III (MEDIANAMENTE TÓXICO)



SAFERSOIL WP, es un producto con base en la mezcla de los hongos *Trichoderma sp.* y *Paecilomyces sp.*, ideales para el control de hongos y nematodos fitoparásitos.

El hongo antagonista *Trichoderma sp.* utiliza distintos mecanismos de acción como rápido crecimiento y competencia por nutrientes y espacio, producción de antibióticos, parasitismo sobre el micelio de hongos fitopatógenos y estimulación de los mecanismos de defensa de las plantas. También participa en el ciclaje de nutrientes y compostaje debido a que puede descomponer materia orgánica mediante la acción de enzimas hidrolíticas como celulasas, xilanasas y hemicelulasas.

Paecilomyces sp. parasita nemátodos e insectos mediante la formación de apresorios y producción de enzimas hidrolíticas tipo quitinasas, proteasas y lipasas que digieren la pared del nemátodo y permiten la penetración de las hifas del hongo. *Paecilomyces sp.* también participa en el ciclaje de nutrientes debido a la capacidad que tiene de solubilizar fósforo.

COMPOSICIÓN	
INGREDIENTE ACTIVO	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma asperellum</i> , <i>Trichoderma atroviride</i> 5 x 10 ⁸ conidias/g <i>Paecilomyces lilacinus</i> 5x10 ⁸ conidias/g Contenido Total 1x10 ⁹ conidias/g
INGREDIENTE ADITIVOS	Talco y dispersante CSP 100%
FORMULACIÓN	Polvo Mojable
VIDA ÚTIL	Doce meses (12) meses, conservado en un ambiente fresco y seco, protegido de los rayos directos del sol.
PRESENTACIÓN	Bolsa de biolumin/flexible por 500 gramos y 5 kilos



Carrera 50C No. 10 sur-199 PBX: (4) 361 00 10 CELULAR: 320 723 9896

servicioalcliente@safer.com.co www.safer.com.co

Medellín - Colombia

Anexo 3

Aislamiento en medio de cultivo y pH de los biofertilizantes.

	Biofertilizante 1	Biofertilizante 2	Biofertilizante 3
Agar nutritivo (AN)			
Agar Sabouraud destroxa (SDA)			
pH			

Anexo 4*Ficha técnica Trichox WP***AGENTE MICROBIANO DE USO AGRÍCOLA****COMPOSICIÓN GARANTIZADA**

Ingrediente activo: Conidias viables de *Trichoderma harzianum*

Ingredientes inertes: Microtalcó u.s.p c.s.p; oligosacarinas u.s.p.; Dispersantes u.s.p;

Emulsificantes u.s.p.; Agentes estabilizadores; Agentes lubricantes u.s.p.

ESPECIFICACIONES

- • Recuento directo de conidias por gramo: $\geq 1 \times 10^8$ conidias/g.
- • Porcentaje de viabilidad de conidias: $\geq 1 \times 10^8$ conidias viables/g. • Porcentaje de pureza microbiológica: $\geq 95\%$
- • Germinación: 95% a las 24 horas.
- • pH: 5,0 – 7,0.
- • Suspensibilidad: 90 - 95%.
- • Humedad: $\leq 5\%$

EMPAQUE

Bolsa doy pack trilaminada con foil de aluminio y fuelle.

PRESENTACIÓN

Polvo mojable en presentación de doscientos gramos (200 g).

DOSIFICACIÓN

CULTIVO	PATÓGENO	DOSIS	INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN
Arroz	<i>Rizoctonia solani</i>	200g/H a 400g/H a	Aplicar en aspersión, en el momento de la siembra o en los primeros 15 días después de germinada la semilla.
Clavel		0,5-0 ,9g/m ²	
	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Dianthi</i>		Aplicar cada siete días

Anexo 5
Análisis de suelo

	LABORATORIO DE SUELOS AGRÍCOLAS		Código	FO-GA-06 /v 0
			No.	SA 016 - #N/A
FECHA	7 de junio de 2022		No. ORDEN DE SERVICIO	
INTERESADO	Cultivo Arveja	DIRECCIÓN	Pamplona	
CÉDULA / NIT	TELÉFONO	CÓDIGO DE MUESTRA		
FINCA	LOTE	VEREDA		
MUNICIPIO	Pamplona	PROPIETARIO		
DATOS DEL RESULTADO				
No.	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
1	pH	No Aplica	4.55	Potenciómetro 1:1
2	MATERIA ORGÁNICA	%	10.39	Walkley Black Colorimétrico
3	FÓSFORO	(p.p.m)	180	Bray II Colorimétrico
4	POTASIO	(meq/100g)	2.66	Extracción de Acetato de Amonio 1N
5	CALCIO	(meq/100g)	6.22	pH 7.0
6	MAGNESIO	(meq/100g)	1.69	Absorción Atómica
7	SODIO	(meq/100g)	0.2	Emisión
8	CIC	(meq/100g)	37.54	Titulación con NaOH 0.1 N
9	ACIDEZ INTERCAMBIABLE	(meq/100g)	0.80	Titulación con NaOH 0.05 N
10	HIERRO	(p.p.m)	#N/A	Método de D.T.P.A Absorción Atómica
11	MANGANESO	(p.p.m)	#N/A	Método de D.T.P.A Absorción Atómica
12	COBRE	(p.p.m)	#N/A	Método de D.T.P.A Absorción Atómica
13	ZINC	(p.p.m)	#N/A	Método de D.T.P.A Absorción Atómica
14	BORO	(p.p.m)	0.7	Colorimétrico Extracción con Fosfato
15	AZUFRE	(p.p.m)	17.89	Turbidimétrico
16	TEXTURA 1	No Aplica	#N/A	Determinación al tacto
17	TEXTURA 2 ARENA	%	#N/A	Método de Bouyoucos
18	TEXTURA 2 ARCILLA	%	#N/A	Método de Bouyoucos
19	TEXTURA 2 LIMO	%	#N/A	Método de Bouyoucos
OBSERVACIONES:				
1 Los resultados emitidos dependen de la calidad de la muestra y su manipulación				
2 Después de Treinta (30) días no se permite reclamos sobre los resultados emitidos				
3 Muestra tomada por el usuario				
Lic. HILDA MAYELA BAUTISTA Analista - Asistente Laboratorio de Suelos Agrícolas			ORIGINAL	
			Código de Verificación	