



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Efecto de Microorganismos Eficientes (EM) en la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Fiorella Faloly Ramos Castillo

ASESOR:

M. Sc. Fernando Ugaz Odar

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO-PERÚ

2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	8
1.2. ANTECEDENTES	9
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	11
1.3.1. Microorganismos Eficientes (EM)	11
1.3.2. Degradación Biológica del suelo	13
1.3.3. Fertilidad del Suelo	14
1.3.4. Rendimiento del cultivo	20
1.3.5. Evapotranspiración	20
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	21
1.6. HIPÓTESIS	22
1.7. OBJETIVOS	22
II. MÉTODO	23
2.1. FASES DEL PROCESO.....	23
2.2. TIPO DE ESTUDIO.....	25
2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	25
2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	26
2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	29
2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	29
2.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	30
2.8. Aspectos Éticos	30
III. RESULTADOS.....	31
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	36
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. RECOMENDACIONES.....	40
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de arcilla	15
Tabla 2. Rangos del pH	15
Tabla 3. Rangos del Conductividad eléctrica	16
Tabla 4. Niveles de materia orgánica.....	17
Tabla 5. Niveles de fósforo (ppm) según la textura del suelo.....	17
Tabla 6. Niveles de potasio (ppm) según la textura del suelo.....	18
Tabla 7. Niveles de carbonato de calcio.....	18
Tabla 8. Niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) de un suelo.....	19
Tabla 9. Indicador biológico de la fertilidad del suelo.....	19
Tabla 10. Matriz de Operacionalización de Variables.....	26
Tabla 11. Materia Orgánica y Textura del suelo del sector Barraza.....	30
Tabla 12. Valores promedios de la pre y pos prueba de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza.....	31
Tabla 13. Parámetros de fertilidad del suelo en función a las dosis de EM.....	32
Tabla 14. Parámetros de fertilidad del suelo antes y después de aplicar los EM (pre y pos prueba).....	33
Tabla 15. Número de plantas y peso del rabanito por grupo experimental.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01. Zona de estudio.....	44
ANEXO 02. Determinación de puntos de muestreo.	45
ANEXO 03. Técnica de muestreo.	46
ANEXO 04. Fichas de muestreo de suelo.....	47
ANEXO 05. Recolección de muestra del suelo gradado biológicamente del sector Barraza, Laredo	50
ANEXO 06. Formación de grupos experimentales.....	52
ANEXO 07. Ficha técnica de los EM.....	55
ANEXO 08. Cálculos para determinar las dos dosis de EM y la cantidad necesaria de agua.	56

ANEXO 09. Activación de EM según ficha técnica.....	58
ANEXO 10. Aplicación de las dosis de EM.	60
ANEXO 11. Rendimiento del cultivo (rabanito) como indicador biológico de la fertilidad de suelo.....	64
ANEXO 12. Ficha de registro de datos.	68
ANEXO 13. Validación de instrumento	69
ANEXO 14. Valores de los parámetros de fertilidad de suelo pre y pos prueba	71
ANEXO 15. Prueba de Normalidad.....	72
ANEXO 16. Prueba de Tukey	72
ANEXO 17. Reporte de los análisis iniciales de los parámetros de fertilidad del suelo del sector Barraza (pre prueba).	73
ANEXO 18. Reporte de los análisis finales de los parámetros de fertilidad del suelo del sector Barraza (pos prueba)	74
Foto 1. Área con suelo degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo.....	50
Foto 2. Realización de calicatas de 30 x 30 y 30 cm de profundidad.	50
Foto 3. Calicata de 30 x 30 y 30 cm de profundidad.	51
Foto 4. Calicata de 30 x 30 y 30 cm de profundidad.	51
Foto 5. Extracción de muestra para pre análisis.	52
Foto 6. Muestra de suelo para pre análisis.	52
Foto 7. Extracción de suelo degradado biológicamente	52
Foto 8. Homogenización del suelo degradado biológicamente	53
Foto 9. Pesaje de suelo degradado biológicamente (5 kg) para formación de grupos experimentales.....	53
Foto 10. Llenado de suelo degradado biológicamente (5 kg) en macetas para la formación de los grupos experimentales.	54
Foto 11. Siembra directa de rabanito en grupos experimentales.	54
Foto 12. Agua, Microorganismos Eficientes (EM) y melaza.	58
Foto 13. Agua sin cloro.	58
Foto 14. Microorganismos Eficientes (EM).....	58
Foto 15. Agregando melaza.....	59
Foto 16. Mezcla de agua, EM y melaza.	59
Foto 17. Llenado de la mezcla en galones, para poner en reposo y obtener EM activados.	59
Foto 18. 200 ml de agua.....	60

Foto 19. 10 ml de Microorganismo Eficientes (EM) activado.....	60
Foto 20. Dosis de 10 ml EM más 200 ml de agua.....	61
Foto 21. Aplicación de dosis de EM (10ml EM+200ml H ₂ O) al grupo experimental G1 con sus respectivas repeticiones.....	61
Foto 22. 200 ml de agua.....	62
Foto 23. Dosis de 20 ml EM más 200 ml de agua.....	62
Foto 24. Aplicación de 20ml EM+200ml H ₂ O al grupo experimental G2 con sus respectivas repeticiones.....	62
Foto 25. 200ml de agua.....	63
Foto 26. Aplicación de 200ml de agua al grupo testigo G3.....	63
Foto 27. Germinación del cultivo al cuarto día de haberse sembrado en el grupo experimental G1.....	64
Foto 28. Germinación del cultivo al cuarto día de haberse sembrado en el grupo experimental G2.....	64
Foto 29. Ausencia de germinación del cultivo al cuarto día de haberse sembrado en el grupo testigo (G3).....	64
Foto 30. Cultivo al quinto día de haberse sembrado.....	65
Foto 31. Cultivo al onceavo día de haberse sembrado.....	65
Foto 32. Cultivo al veinteavo día de haberse sembrado.....	65
Foto 33. Cultivo al veintiseisavo día de haberse sembrado.....	65
Foto 34. Cultivo al veintinueveavo día de haberse sembrado.....	66
Foto 35. Cultivo al treintaseisavo día de haberse sembrado.....	66
Foto 36. Cultivo al cuarentavo día de haberse sembrado.....	66
Foto 37. Cultivo al cuarentaicuatroavo día de haberse sembrado.....	66
Foto 38. Cultivo al cuarentainueveavo día de haberse sembrado.....	67
Foto 39. Cosecha del rabanito después de un mes y medio de haberse sembrado.....	67
Foto 40. Rabanito después de un mes y medio de haberse sembrado en los tres grupos experimentales (G1, G2 y G3).....	67
Foto 41. Pesaje de rabinos de los tres grupos experimentales (G1, G2 y G3).....	67

RESUMEN

La presente investigación, se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de Microorganismos Eficientes (EM) en la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo. Para ello, el diseño que se empleó, fue el cuasi experimental con pre prueba y pos prueba y grupos intactos (uno de ellos de control), donde se utilizó tres grupos experimentales (G1, G2 y G3) con tres repeticiones cada uno, excepto el testigo (G3). Los tratamientos fueron conformados de la siguiente manera: G1 (10 ml EM + 200ml H₂O), G2 (20 ml EM + 200ml H₂O) y G3 (200ml H₂O). Se sembró rabanito, con la finalidad de evaluar el rendimiento del cultivo como parte de un indicador biológico para determinar la fertilidad del suelo, donde se observó el número de plantas y peso del cultivo; asimismo se analizaron los siguientes parámetros de fertilidad del suelo: M.O., P, K, pH, C.E., CaCO₃ y C.I.C. Finalmente, se determinó que el G2 es el que presentó mejores resultados, debido a que los valores de algunos parámetros que se encontraban en un nivel inadecuado para la fertilidad del suelo, lograron estar dentro de los valores adecuados después del tratamiento con los EM; asimismo obtuvo el mayor peso en cuanto al cultivo (0,233 kg – 4 150 Kg/ha). Por tanto, se concluye que los EM mejoraron la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.

Palabras Clave: Microorganismos Eficientes (EM), degradación biológica del suelo, fertilidad de suelo.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the effect of Efficient Microorganisms (EM) on the fertility of biologically degraded agricultural land in the Barraza, Laredo, Trujillo sector. For this, the design that was used was the quasi-experimental with pre-test and post-test and intact groups (one of them of control), where three experimental groups were used (G1, G2 and G3) with three repetitions each, except the witness (G3). The treatments were conformed in the following way: G1 (10 ml EM + 200ml H₂O), G2 (20 ml EM + 200ml H₂O) and G3 (200ml H₂O). Radish was planted, with the purpose of evaluating the yield of the crop as part of a biological indicator to determine soil fertility, where the number of plants and crop weight was observed; the following parameters of soil fertility were also analyzed: M.O., P, K, pH, C.E., CaCO₃ and C.I.C. Finally, it was determined that G2 was the one that presented the best results, because the values of some parameters that were at a level unsuitable for soil fertility, managed to be within the appropriate values after treatment with MS; also obtained the greatest weight in terms of cultivation (0,233 kg - 4 150 kg / ha). Therefore, it is concluded that the ME improved the fertility of biologically degraded agricultural land in the Barraza, Laredo, Trujillo sector.

Keywords: Efficient Microorganisms (EM), biological soil degradation, soil fertility.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente a nivel mundial y específicamente en el Perú, la fertilidad y productividad del suelo agrícola va disminuyendo con el pasar del tiempo, debido al mal uso del suelo y técnicas agresivas al medio ambiente. Ante ello las causas principales que generan dicho problema, es la erosión del suelo por técnicas de riego inadecuadas y el uso de forma indiscriminada de fertilizantes de síntesis química. Asimismo Pérez (2016) refiere que diferentes factores como la actividad antrópica y el continuo uso del suelo, genera efectos como la erosión, reducción de microorganismos que forman parte de la biodiversidad del suelo y que generan el desgaste de los nutrientes del suelo.

Por consiguiente este problema viene afectando severamente a los ecosistemas de la mayor parte de las regiones con producción agrícola. Un claro ejemplo es el caso de las chacras de cultivo de Laredo, Poroto, Simbal, entre otros, ya que hoy en día se puede observar la degradación del suelo agrícola existente en estas zonas. Específicamente en el sector Barraza, Laredo, por ser una zona donde se siembra la caña de azúcar, los suelos agrícolas se ven afectados por la quema de la misma, lo cual provoca indirectamente la degradación biológica del suelo y esto se ve reflejado en la apariencia física del suelo, en la pérdida de materia orgánica, así como también en la baja o escasa producción de sus cultivos.

En tal sentido, Pérez (2016) hace mención que entre las herramientas que se puede proponer para poder disminuir este problema y para que el suelo regrese a un estado sano, es ineludible la reparación con microorganismos que incitan a la creación de nutrientes para un suelo saludable y fértil.

1.2. ANTECEDENTES

Según Silva y Torres (2007) en su investigación, tuvo como objetivo precisar el efecto de los EM en las micorrizas de los suelos deteriorados del área de Mondoñedo y su influencia en la combinación con otros restauradores de suelo, por tal motivo utilizó un diseño experimental de grupos al azar con 3 repeticiones de 8 tratamientos para un total de 24 grupos experimentales. Los tratamientos se formaron de la siguiente manera: T1 (testigo), T2 (EM), T3 (EM + compost), T4 (EM + mulch), T5 (EM + gallinaza), T6 (EM + fertilizante químico), T7 (EM + compost + gallinaza + mulch), T8 (EM + compost + gallinaza + mulch + fertilizante químico). Asimismo sembró *Acacia* Japonesa para que realice una mejor evaluación en cuanto a la recuperación del suelo. Ante los resultados concluye que los EM, en el T2 benefician a la simbiosis hongo *Acacia*, aumentando la inoculación aproximadamente a un 12%, tomando en cuenta la inoculación que se mostró en el T1, asimismo indica que el T5 presenta mejor simbiosis hongo *Acacia*, evidenciado un 85.3%, porcentaje alto de inoculación micorrizica, además indica que los abonos naturales y los EM utilizados en el proyecto, dan al suelo concentraciones considerables de Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro, Cobre y Manganeso.

Según Zúñiga, *et al.* (2011), realizaron una investigación, la cual se desarrolló con el objetivo de evaluar las tecnologías no convencionales empleadas para la reparación de suelos perjudicados por salinidad según la réplica agronómica de un cultivo de maíz. Para ello emplearon 3 tratamientos alternativos: Microorganismos Benéficos, Biopolímeros y Electromagnetismo comprobados con la propuesta: Convencional de enmiendas químicas (yeso - azufre). Además de un testigo (sólo drenaje). Ante sus resultados concluyeron que los tratamientos con el

uso de microorganismos fueron los más eficientes en cuanto a la respuesta fisiológica y productiva, sin embargo la estimulación electromagnética resalta, puesto que apresura la actividad microbiana, lo cual reduce el tiempo de mejora y enriquece los suelos, asimismo los biofertilizantes (microorganismos benéficos) y los biopolímeros influenciaron en la mejora de las propiedades físicas y estructura del suelo, mostrando una reducción de la compactación.

Según Monsalve (2015), su proyecto se basó en demostrar la eficiencia de los Microorganismos Eficaces (EM) para mejorar las características de los suelos agrícolas y su productividad. Para ello utilizó un cultivo de maíz y aplicó el diseño de bloques completamente al azar, donde consistió en la estructuración de bloques, los cuales se subdividen en pequeñas unidades experimentales donde se les aplicó seis tratamientos que fueron identificados por colores. Ante los resultados que obtuvo concluye que la utilización de microorganismos eficaces (EM) en el cultivo de maíz, tanto a nivel foliar como en el suelo, no afectó en forma considerada los niveles de las propiedades químicas del suelo, pero si hubo un efecto positivo en los niveles de las características físicas del suelo, asimismo concluyó que los beneficios de los EM en la producción del cultivo, indica que existe efectos muy positivos, ya que existe una diferencia significativa dentro de la producción tanto en la calidad como en la cantidad de la cosecha, existiendo una diferencia casi en un 400% entre los tratamiento con EM y el tradicional sin EM.

Según Pérez (2016), en su investigación, tuvo como objetivo analizar los efectos que produce la inoculación de Microorganismos Eficaces (EM) en compost o de forma directa en los suelos intervenidos por el hombre en el Parque Forestal Embalse del Neusa; para ello en el área de muestreo se escogió 4 zonas al azar donde se extrajo el suelo,

asimismo se reconocieron las características físico - químicas y microbiológicas mediante la manifestación de iones como N, P, C, Mg, pH, entre otros, antes y después de los tratamientos con Microorganismos Eficaces. En tal sentido realizó inoculación directa al suelo de EM (25%, 50% y 75%) e inoculación de EM combinado con distintos tipos de compost (25%, 50% y 75% de la tecnología EM y mezcla con el suelo), consecutivamente realizó un análisis del cambio físico - químico del suelo, dando como resultados, que los tratamientos de EM combinados con compost presentaron un aumento en los nutrientes y UFC, a comparación de los tratamientos donde se inocularon los EM directo al suelo, por otro lado mostró un aumento de nutrientes en el suelo al final del estudio, mostrado en la proporción de fósforo que incrementó de 8 (cmol (+)/kg) a 116 (cmol (+)/kg). El tratamiento diez que tenía EM + compost de cerdaza, aserrín, papa, mostró los mejores resultados. Por ende concluyó que los EM tiene un efecto positivo en la recuperación geomorfológica al arreglar las propiedades físico-químicas y microbiológicas del suelo, además se sostuvo que los cambios de EM tiene un mayor efecto con la inoculación con compost, que la inoculación directa en el suelo.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. Microorganismos Eficientes (EM)

BID (2009) hace mención que los Microorganismos Eficientes conocidos por sus iniciales en inglés (EM), es una combinación de microorganismos completamente naturales.

“Los EM conformados por: Lactobacillus, semejantes a los que se emplean para elaborar el yogur y quesos. Levaduras, como las que se utilizan para hacer el pan o la cerveza. Bacterias Fotosintéticas o Fototróficas, comúnmente encontrados en los suelos y en las raíces de las plantas. Estos microorganismos no son perjudiciales, ni

genéticamente transformados por el humano; estos son benéficos, naturales y altamente eficientes”. (BID, 2009, p.4)

Por otra parte Jusoh (2013) refiere que los EM fueron desarrollados por el docente Teruo Higa en la década de 1970. Básicamente, esta solución microbiana se desarrolló para sistemas de cultivos naturales y orgánicos, sin embargo, con investigaciones adicionales se han ampliado sus usos para resolver algunos problemas ambientales, permitiendo el reúso de algunos los residuos orgánicos.

1.3.1.1. Composición Microbiológica de los EM

Los EM están compuestos por:

Bacterias Fotosintéticas: “Conjunto de microorganismos autosuficientes, los cuales recopilan sustancias útiles mediante la segregación de la materia orgánica, raíces y/o gases nocivos, usando el calor del suelo y la luz solar como fuentes de energía”. (Acevedo, 2009, p. 2)

Bacterias Acidolácticas: “Bacterias que generan ácido láctico a partir de carbohidratos, como azúcares generados por levaduras y bacterias fotosintéticas” (Acevedo, 2009, p.2), además Golec (2007) sostiene que el ácido láctico es un agregado altamente esterilizador que apresura la descomposición de la materia orgánica y elimina microorganismos perjudiciales.

Levaduras: “Las levaduras reducen sustancias antimicrobiales y otros elementos útiles que impiden el desarrollo de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares segregados por bacterias fotosintéticas, raíces de las plantas y materia orgánica”. (Acevedo, 2009, p.3)

1.3.1.2. Microorganismos Eficientes (EM) en el suelo

Zapata, *et al.* (2013) sostiene que los EM en el suelo consiste en un cultivo mixto de microorganismos naturales, que pueden ser utilizados como inoculantes para aumentar la variedad microbiana de suelos.

Asimismo menciona que estudios han demostrado que la inoculación de EM al ecosistema suelo/planta pueden mejorar la fertilidad y calidad del suelo, acelerando el crecimiento, mejorando calidad y la producción de los cultivos.

1.3.1.3. Efectos de los EM en suelos agrícolas

Ibáñez (2011) sostiene que los efectos en el aspecto físico del suelo, mejora su estructura, aumenta los espacios porosos, mejora la infiltración del agua y disminuye su compactación. Por ende se reduce la cantidad de veces de riego, volviendo a los suelos aptos para absorber 24 veces más el agua de lluvia.

Asimismo Ibáñez (2011), menciona que los efectos que producen los EM en las condiciones químicas del suelo, se evidencia a partir en la mejora de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, liberando y solubilizando las moléculas que los sostienen fijos, dejando los componentes separados en manera simple para facilitar su absorción por el sistema radical de las plantas.

Por consiguiente Ibáñez (2011), también hace mención que los EM produce efectos en la microbiología del suelo, estos efectos pueden eliminar o controlar las poblaciones de microorganismos dañinos que posee el suelo; así como también aumenta la biodiversidad microbiana, produciendo las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos se desarrollen.

1.3.2. Degradación Biológica del suelo

UNICEN (2015) informa que la degradación biológica del suelo reside en la disminución de materia orgánica (nivel bajo de materia orgánica). Esto repercute en las funciones nutritivas de los suelos agrícolas. Asimismo menciona que está demostrado que el uso intensivo del suelo, la aplicación de tecnología inadecuada, los manejos inadecuados del suelo en la agricultura y los incendios forestales provocados, constituyen algunas de las causas de la ocurrencia de estos procesos de degradación biológica en suelos agrícolas, provocando la disminución de las propiedades del suelo y reduciendo su fertilidad.

1.3.3. Fertilidad del Suelo

INFOJARDIN (2015) informa que la fertilidad del suelo es la capacidad que posee un suelo para proporcionar los nutrientes necesarios en cantidad adecuada y balanceada para el desarrollo de los cultivos. Por tanto García, Ramírez y Sánchez (2012) sostienen que un suelo con una buena fertilidad es el que conserva las propiedades físicas, químicas y biológicas en cantidades deseables.

Asimismo Andrades y Martínez (2014) indican que los parámetros que determinan la fertilidad del suelo son: textura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo, potasio, capacidad de intercambio catiónico y carbonato de calcio.

1.3.3.1. Parámetros de Fertilidad del Suelo.

Para determinar la fertilidad del suelo se debe de evaluar los siguientes parámetros:

a. Textura

La textura se refiere al tamaño de las partículas elementales adquiridas de la tierra fina, de tal manera que el porcentaje de

arena, arcilla de determina de textura pertenece.	Tipo de suelo	% arcilla	limo y un suelo la clase a la que
	Arenoso	<10	
	Franco	10-30	
	Arcilloso	>30	

Tabla 1. Contenido de arcilla

Fuente: Andrades y Martínez, 2014.

Andrades y Martínez (2014), refieren que el suelo más apropiado para una buena fertilidad es el tipo de suelo franco (10-30% arcilla), ya que en este se desarrolla una apropiada contención de nutrientes y agua, adecuada aireación y favorable penetración de raíces.

b. pH

Sirve para constituir o establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia.

Tabla 2. Rangos del pH.

pH	Clasificación
<5,5	Muy ácido
5,6 – 6,5	Ácido
6,6 – 7,5	Neutro
7,6 – 8,5	Básico
>8,6	Alcalino

Fuente: Andrades y Martínez, 2014.

Andrades y Martínez (2014) sostienen que un suelo agrícola con pH neutro, es el estado adecuado para el desarrollo de la mayoría de los cultivos y para el aprovechamiento de nutrientes. A comparación un pH ácido es desfavorable para el desarrollo radicular, reduce la actividad microbiana, suelen ser pobres en bases de intercambio catiónico, etc. Asimismo un pH básico en el suelo, produce un alto contenido en bases de intercambio catiónico, la presencia de carbonato cálcico dificulta la asimilación del Mg, Zn y Fe, además disminuye la asimilación del fósforo.

c. Conductividad eléctrica

Este parámetro se hace referencia al conjunto de todas las sales solubles (salinidad del suelo).

Tabla 3. Rangos del Conductividad eléctrica.

CEe (mS/cm)	Clasificación
<2	No salino
2 – 4	Ligeramente salino
4 – 8	Salino
>8	Muy salino

Fuente: Andrades y Martínez, 2014.

Andrades y Martínez (2014), refieren que los suelos salinos o altamente salinos, no pueden ser favorables para el desarrollo de la vegetación, no obstante algunos cultivos presentan resistencia al medio salino, pero lo favorable es un suelo no salino o ligeramente salino.

d. Materia Orgánica

“El contenido de materia orgánica de un suelo depende del material vegetal, del pH y de la textura. De esta manera el suelo debe tener una adecuada proporción de materia orgánica”. Su

adecuada proporción favorece el desarrollo de una buena estructura, mejorando la aireación del suelo y la capacidad de retención de agua, asimismo protege a la erosión y aumenta la capacidad total de cambio favoreciendo una buena reserva de elementos nutritivos. Por lo que es recomendable niveles óptimos de materia orgánica, no menor al 2,1%. (Andrades y Martínez, 2014, p.19)

Tabla 4. Niveles de materia orgánica

Nivel	%
Bajo	< 2
Medio	2,1 – 4
Alto	>4,1

Fuente: Agrobanco, 2012.

e. Fósforo

“Una cantidad adecuada de fósforo en el suelo es muy importante para mejorar la fertilidad del suelo y el desarrollo de las plantas” (Andrades y Martínez, 2014, p.19), por lo tanto es recomendable que la presencia de fósforo esté en un nivel normal.

Tabla 5. Niveles de fósforo (ppm) según la textura del suelo.

	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Arenoso	<12	13 – 18	>19
Franco	<15	16 – 25	>26
Arcilloso	<20	21 – 30	>31

Fuente: Andrades y Martínez, 2014.

f. Potasio

“El contenido de niveles de potasio en el suelo es determinante para que éste desempeñe sus funciones en las plantas y mejore la fertilidad del suelo”. (Andrades y Martínez, 2014, p.20). En tal sentido se recomienda estar en un nivel normal.

Tabla 6. Niveles de potasio (ppm) según la textura del suelo.

	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Arenoso	<135	136 – 215	>216
Franco	<155	156 – 295	>296
Arcilloso	<175	176 – 330	>331

Fuente: Andrades y Martínez, 2014.

g. Carbonato de Calcio

Andrades y Martínez (2014) sostienen que la existencia de carbonato de calcio, tiene una acción efectiva sobre la actividad microbiana y estructura del suelo. Sin embargo un exceso de carbonatos daña la nutrición de las plantas, por eso es recomendable que estén niveles normales.

Cabe recalcar que si el nivel de carbonato de calcio es mayor al 10%, entonces es recomendable hacer un análisis de caliza activa. Asimismo el contenido de carbonatos, es medido en %CaCO₃.

Tabla 7. Niveles de carbonato de calcio.

% de CaCO ₃	Nivel
<5	Muy bajo

5,1 – 10	Bajo
10,1 – 20	Normal
20,1 – 40	Alto
>40	Muy alto

Fuente: Andrades y Martínez, 2014.

h. Capacidad de intercambio catiónico

Andrades y Martínez (2014) refieren que es la proporción máxima de cationes intercambiables que pueda tener en el suelo. Este parámetro es muy importante para la estructura y fertilidad del suelo. Por ende, cuanto mayor sea esta capacidad, mayor será la fertilidad natural del suelo.

Tabla 8. Niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) de un suelo.

C.I.C. meq/100 g	Nivel	Observaciones
<6	Muy bajo	Suelo muy pobre, necesita aporte importante de materia orgánica para elevar la C.I.C.
6-13	Bajo	Suelo pobre; necesita aporte de materia orgánica
13-25	Medio	Suelo medio
25-40	Alto	Suelo rico
>40	Muy alto	Suelo muy rico

Fuente: Agrobanco, 2012.

Los suelos básicos tienen un cambio complejo totalmente saturado, y en ellos los cationes deben estar dentro de los siguientes límites para que haya un equilibrio y no aparezcan problemas de disconformidad. (Andrades y Martínez, 2014, p. 24)

1.3.3.2. Indicador biológico de la fertilidad del suelo.

Según el MINAM (2011) en la Memoria Descriptiva del Mapa de Suelos del Perú (1:2500000), se establece diferentes indicadores de la calidad del suelo, por consiguiente uno de los indicadores biológicos que determinan la fertilidad del suelo es el rendimiento del cultivo así como de observa en el cuadro N°10.

Tabla 9. Indicador biológico de la fertilidad del suelo.

Indicador	Relación con las funciones y condiciones del suelo	Valores o unidades relevantes
Rendimiento del cultivo	Producción potencial del cultivo, disponibilidad de nutrientes	Kg producto/ha

Fuente: MINAM, 2011.

1.3.4. Rendimiento del cultivo

Es la correlación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. El rendimiento de un cultivo depende de sus características genéticas de productividad y de las condiciones ambientales, asimismo puede cambiar de acuerdo con las características del suelo.

Los componentes para poder evaluar el rendimiento de un cultivo en este caso los tubérculos, son los siguientes: Cantidad de plantas por unidad de superficie y peso del tubérculo por planta. (EcuRed, 2009)

1.3.5. Evapotranspiración

ALLEN *et al.* (2007) Sostiene que la evapotranspiración es la unión de dos procesos distintos por los que se pierde el agua mediante la superficie del suelo, por evaporación y por transpiración del cultivo.

Para calcular la evapotranspiración se utiliza la siguiente fórmula:

$$ET_r = E_0 * K_c$$

Donde:

ET_r = Evapotranspiración real

K_c = Coeficiente único del cultivo

E_0 = Evaporación del suelo.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto de los Microorganismos Eficientes (EM) en la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo?

1.5. JUSTIFICACIÓN

Las malas acciones antrópicas y la aplicación de productos químicos en los cultivos perjudican a la actividad microbiana del suelo, provocando así una degradación biológica del mismo.

Por tal motivo este proyecto pretende evaluar el efecto que producen los Microorganismos Eficientes (EM) en la fertilidad de suelos biológicamente degradados. En tal sentido Monsalve (2015) sostiene que los EM cuando hacen contacto con la materia orgánica del suelo segregan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y principalmente sustancias antioxidantes. A través de los efectos antioxidantes generan la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus, lo cual mejora la fertilidad del suelo.

Es así que al aplicar los Microorganismos Eficientes (EM) se pretende contribuir a mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas degradados biológicamente, de esta manera mejorar las propiedades del suelo agrícola, las cuales vienen siendo afectadas por las malas prácticas de manejo agronómico; y con ello se contribuir a un equilibrio ecológico y ambiental.

1.6. HIPÓTESIS

H₁: Los Microorganismos Eficientes (EM) ayudan a mejorar la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.

H₀: Los Microorganismos Eficientes (EM) no ayudan a mejorar la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.

1.7. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el efecto de Microorganismos Eficientes (EM) en la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.

Objetivos Específicos:

- a) Evaluar dos dosis de Microorganismos Eficientes (EM) para mejorar la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.
- b) Evaluar los parámetros que determinan la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo. (Pre prueba y Pos prueba), los cuales son: Textura, pH, Conductividad eléctrica, Materia Orgánica, Fósforo, Potasio, Carbonato de calcio y Capacidad de intercambio catiónico.
- c) Evaluar el rendimiento del cultivo (rabanito) como indicador biológico de la fertilidad del suelo.

II. MÉTODO

2.1. FASES DEL PROCESO

- a) La determinación de puntos de muestreo, se realizó teniendo en cuenta la representatividad de las muestras frente a la población agrícola del sector Barraza y teniendo como referencia la Guía para Muestreo de Suelos, establecido por el MINAM, 2014. Tomando como tipo de muestreo el de Comprobación de la Remediación (MC) (ver anexo 02).

- b) La recolección de muestra del suelo degradado biológicamente se realizó haciendo calicatas de 30 x 30 cm y 30 cm de profundidad por cada punto de muestreo (ver anexo 05), tomando como referencia lo establecido en la Guía para Muestreo de Suelos (MINAM, 2014), de dicha recolección se mezcló y homogenizó, para llevar posteriormente al laboratorio y determinar si el suelo agrícola del sector Barraza, Laredo, está realmente degradado biológicamente, así mismo saber el estado en el que se encuentra la fertilidad de dicho suelo (Pre prueba).

- c) Una vez determinado el estado actual de la fertilidad del suelo y corroborar que realmente el suelo está degradado biológicamente, se extrajo la cantidad necesaria de suelo para formar dos grupos experimentales (G_1 y G_2) y un testigo (G_3), cada grupo experimental estuvo conformado por tres unidades de análisis (repeticiones), donde en cada uno de ellos se colocó 5 Kg de suelo biológicamente degradado y se realizó una siembra directa de rabanito (ver anexo 06) que según el parámetro de indicador biológico de la fertilidad del suelo (cuadro N°10) el rendimiento del cultivo, demostrará las condiciones favorables o no del suelo.

- d) Antes de aplicar las dosis de EM más agua a cada grupo experimental, se determinó las dos diferentes dosis de EM y la cantidad necesaria de agua que se debe aplicar durante el tiempo de tratamiento (ver anexo 08).
- e) Antes de la aplicación de las dosis de EM, estos deben ser activados con melaza (ver anexo 09)
- f) La aplicación de la solución de Microorganismos Eficientes (EM) se realizó añadiendo dos dosis diferentes de EM a cada grupo experimental (G_1 y G_2), excepto al grupo control o testigo (G_3), con respecto al tiempo de tratamiento (8 semanas). Estas dosis se aplicó de la siguiente manera: al G_3 se le aplicó 0ml EM+200 ml H_2O , tres veces por semana durante todo el tiempo de tratamiento, al G_1 se le aplicó 10ml EM + 200 ml H_2O tres veces por semana, durante cuatro semanas y al G_2 se le aplicó 20ml EM +200ml H_2O tres veces por semana, durante cuatro semanas y en el resto del tiempo de tratamiento se aplicó solo 200ml H_2O con la misma frecuencia (ver anexo 10).
- g) Durante el periodo de tratamiento con los EM, también se fue observando el proceso de desarrollo del cultivo (rabanito) como parte del indicador biológico de la fertilidad del suelo que es el rendimiento del cultivo (ver anexo 11).
- h) El análisis de parámetros que determinan la fertilidad del suelo, fueron realizados en un laboratorio externo, teniendo como punto de partida una pre prueba, con la finalidad de conocer el estado actual del suelo y evaluar estos parámetros. En la semana nueve, una vez culminado el tratamiento aplicado a cada grupo experimental, se realizó un análisis final de los parámetros de fertilidad (pos prueba), con lo que pudo determinar el efecto de los EM en la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.

2.2. TIPO DE ESTUDIO

Según su finalidad es básica, porque se generó conocimiento acerca del efecto que producen los Microorganismos Eficientes (EM) en la fertilidad de suelos degradados biológicamente. Según su enfoque es cuantitativa, porque a los grupos experimentales se le realizó un análisis de los parámetros que determinan la fertilidad los cuales fueron cuantificados. Según su nivel o alcance es explicativa, porque se pretenden explicar las causas que alteran la fertilidad del suelo a través del uso de los EM. Según su temporalidad es longitudinal, porque se realizó dos mediciones (antes y después del tratamiento con los EM).

2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se aplicó el diseño cuasi experimental con pre prueba y pos prueba y grupos intactos (uno de ellos de control), cuyo esquema es el siguiente:

$$\begin{array}{l} G_1 \quad O_1 - X_1 - O_2 \\ G_2 \quad O_3 - X_2 - O_4 \\ G_3 \quad O_5 \text{ ----- } O_6 \end{array}$$

Donde:

- G_1, G_2 = Grupos experimentales.
- G_3 = Grupo control o testigo.
- X_1 = 10ml de EM + 200 ml de agua.
- X_2 = 20ml de EM + 200 ml de agua.
- = Ausencia de estímulo (0ml de EM + 200 ml de agua).
- O_1, O_3, O_5 = Análisis de los parámetros de fertilidad actual del suelo degradado biológicamente (preprueba).
- O_2, O_4, O_6 = Análisis de los parámetros de fertilidad del suelo degradado biológicamente, después del tratamiento (posprueba).

2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Variable Independiente : Microorganismos Eficientes (EM).

Variable Dependiente : Fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente.

Tabla 10. Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	SUBVARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Microorganismos Eficientes (EM)	Dosis de Microorganismos Eficientes (EM)	Los EM es una combinación de microorganismos completamente naturales, que están conformados por bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y levaduras. (BID, 2009)	Se empleó dos grupos experimentales (G ₁ , y G ₂) y un testigo (G ₃), donde a cada grupo se le aplicó cierta dosis de EM más agua (G ₃ : 0ml EM + 200ml H ₂ O, G ₁ : 10ml EM + 200 ml H ₂ O y G ₂ : 20ml EM + 200 ml H ₂ O).	Tiene efecto, si los EM mejoran la fertilidad del suelos agrícola degradado biológicamente. No tiene efecto, si los EM no mejoran la fertilidad de suelo agrícola degradado biológicamente.	Cualitativa nominal
Variable Dependiente: Fertilidad de suelo agrícola degradado biológicamente.		Capacidad que posee un suelo para proporcionar los nutrientes necesarios en cantidad adecuada y balanceada para el desarrollo de los cultivos. (INFOJARDIN, 2015) Por lo tanto, un suelo fértil es el que conserva las propiedades físicas, químicas y biológicas en cantidades deseables (García, Ramírez y Sánchez, 2012), estas cantidades son medidas mediante los parámetros de fertilidad de suelo, que son: textura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo, potasio, capacidad de intercambio catiónico y carbonatos totales. (Andrades y Martínez, 2014)	Se realizó análisis de los siguientes parámetros que determinan la fertilidad del suelo: Textura, que se determinó mediante el método del densímetro de Bouyoucos.	Arenoso (<10 %arcilla) Franco (10-30 %arcilla) Arcilloso (>30 %arcilla)	Cualitativa nominal
			pH, se determinó mediante el método potenciométrico	Muy ácido (<5,5 pH) Ácido (5,6 – 6,5 pH) Neutro (6,6 – 7,5 pH) Básico (7,6 – 8,5 pH) Alcalino (>8,6 pH)	Nominal
			Conductividad eléctrica, se determinó mediante el método conductivimétrico	No salino (<2 mS/cm) Ligeramente salino (2 – 4 mS/cm) Salino (4 – 8 mS/cm) Muy salino (>8 mS/cm)	Ordinal
			Materia orgánica, se determinó mediante el método de Walkley y Black	Bajo (< 2 %) Medio (2 – 4 %) Alto (> 4 %)	
			Fósforo, se determinó mediante el método de Olsen modificado	Bajo (arenoso: <12 ppm franco: <15 ppm arcilloso:<20 ppm) Normal (arenoso: 13-18 ppm franco: 16-25 ppm)	

				arcilloso:21-30 ppm)	
				Alto (arenoso: >19 ppm franco: >26 ppm arcilloso: >31 ppm)	
			Potasio, se determinó mediante el método de Turbidimetría (Extraído con NaHCO ₃)	Bajo (arenoso: <135 ppm franco: <155 ppm arcilloso:<175 ppm) Normal (arenoso: 136 – 215 ppm franco: 156 – 295 ppm arcilloso: 176 – 330 ppm) Alto (arenoso: >216 ppm franco: >296 ppm arcilloso: >331 ppm)	
			Capacidad de Intercambio Catiónico, se determinó mediante el método de acetato de amonio 1N a pH 7.0 y destilación de amonio	Muy bajo (<6 meq/100g) Bajo (6 – 13 meq/100g) Medio (13 – 25 meq/100g) Alto (25 – 40 meq/100g) Muy alto (>40 meq/100g)	
			Carbonato de Calcio (CaCO ₃), se determinó mediante el método de Bernard	Muy bajo (<5 %CaCO ₃) Bajo (5,1 – 10 %CaCO ₃) Normal (10,1 – 20 %CaCO ₃) Alto (20,1 – 40 %CaCO ₃) Muy alto (>40%CaCO ₃)	
			Rendimiento del cultivo (rabanito), se determinó mediante el peso del cultivo y la cantidad de plantas por maceta	kg producto/ha N° de plantas	Nominal

Fuente: Elaboración propia.

2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Conformada por el suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.

Muestra: 35 kg de suelo obtenidos de los cinco puntos de extracción de suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo. Los puntos de extracción se llevó a cabo teniendo como referencia la Guía para Muestreo de Suelos (MINAM, 2014). Tomando como tipo de muestreo el de Comprobación de la Remediación (MC) (ver anexo 02).

Unidad de Análisis: 5 Kg de suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.

2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.6.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Observación de campo - Experimental.

Instrumento: Hoja o ficha de registro de datos (ver anexo 12).

La ficha de recolección de datos fue validada por medio de un juicio de expertos, donde se registrarán los datos proporcionados por el laboratorio externo que analizarán los parámetros que determinan la fertilidad del suelo. (ver anexo 13)

2.6.2. Validez y Confiabilidad

Para la toma y recolección de muestra se realizó teniendo en cuenta la Guía para Muestreo de Suelos establecido por el MINAM, 2014. Asimismo los análisis realizados para cada muestra en relación a los parámetros de fertilidad de suelo se desarrollaran en un Laboratorio externo que esté acreditado y que cuente con los instrumentos y materiales adecuados para el desarrollo de los análisis.

2.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Con los resultados de los parámetros de fertilidad de suelo, obtenidos en el laboratorio, se procedió a elaborar una base de datos para realizar el análisis estadístico.

Para ello, primero se aplicó la prueba de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) para ver si los datos se distribuyen en forma normal, como se dio el caso, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), para ver si existían diferencias significativas entre las dosis de EM y los parámetros que determinan la fertilidad del suelo. Asimismo, se aplicó la prueba estadística T Student, para ver si existían diferencias significativas entre los parámetros de fertilidad del suelo con respecto a la pre y pos prueba, en relación a los grupos experimentales; posteriormente se empleó la técnica de TUKEY para verificar en qué grupos existían las diferencias.

2.8. Aspectos Éticos

El proyecto de investigación se elaboró teniendo en cuenta la ética y honestidad de mi persona como investigador, dando a conocer la información real y la veracidad de los datos mostrados.

III. RESULTADOS

Se presenta los resultados de los análisis de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del Sector Barraza, en función a las dosis correspondientes de Microorganismos Eficientes (EM) al inicio y al final del tratamiento (pre y pos prueba), asimismo se presenta el resultado en correspondencia al rendimiento del cultivo como un indicador biológico de la fertilidad del suelo.

Inicialmente se determinó el porcentaje de materia orgánica del suelo, para corroborar si el suelo del sector Barraza está degradado biológicamente y la textura para determinar si se puede sembrar algún cultivo, para que a partir de ello se pueda proceder a realizar el experimento.

MATERIA ORGÁNICA (M.O.)			
Cantidad obtenida %	Indicador	Cantidad adecuada %	Tipo de suelo
1,51	Bajo	2,1 – 4 o > 4,1	Medio o alto
TEXTURA			
Cantidad obtenida % arcilla	Tipo de suelo	Cantidad adecuada % arcilla	Tipo de suelo
11,78	Franco	10 -30	Franco

Tabla 11. Materia Orgánica y Textura del suelo del sector Barraza.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, se muestra que el porcentaje obtenido de M.O. es de 1,51%, lo cual indica que se encuentra en un nivel bajo y en cuanto a la textura se obtuvo 11,78% de arcilla, lo cual indica que el suelo del sector Barraza es un tipo de suelo franco.

A continuación en la tabla 12 se presenta los valores promedios de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, obtenidos en la pre y pos prueba, entre el grupo testigo (G3) y los grupos que recibieron el tratamiento con EM (G1 y G2).

Tabla 12. Valores promedios para pre y pos prueba de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza.

PARÁMETROS	Grupos Experimentales		Testigo (G3)		G1		G2		Valores adecuados para una buena fertilidad del suelo	
	Dosis		200 ml H2O		10 ml EM + 200 ml H2O		20 ml EM + 200 ml H2O			
	Pre prueba		Pos prueba		Pos prueba		Pos prueba			
	Valor	Indicador	Valor	Indicador	Valor	Indicador	Valor	Indicador	Valor Adecuada	Indicador
Materia orgánica (%)	1,51	Bajo	1,57	Bajo	2,84	Medio	3,43	Medio	2,1-4 o >4	Medio o Alto
Fósforo (ppm)	48,57	Alto	48,94	Alto	49,96	Alto	69,10	Alto	16 – 25 o >26	Normal o Alto
Potásio (ppm)	689,94	Alto	690,15	Alto	713,58	Alto	747,54	Alto	156 – 295 o >296	Normal o Alto
pH	7,2	Neutro	7,3	Neutro	7,4	Neutro	7,4	Neutro	6.6 – 7.5	Neutro
Conductividad eléctrica (mS/cm)	3,86	Ligeramente salino	3,86	Ligeramente salino	3,91	Ligeramente salino	3,94	Ligeramente salino	<2 o 2-4	No salino o Ligeramente salino
Carbonato de calcio (%)	3,10	Muy bajo	3,50	Muy bajo	10,10	Normal	10,14	Normal	10,01 – 20	Normal
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	11,68	Bajo	11,71	Bajo	15,20	Medio	25,53	Alto	25-40 o >40	Alto o Muy alto

Fuente: Elaboración propia.

En la presente tabla se observa una variación entre los valores de los parámetros obtenidos en la pre prueba, frente a los que se obtuvo en la pos prueba con respecto a los grupos experimentales (G1, G2 y G3). Asimismo se evidencia que los valores obtenidos en la pos prueba en el G2, se asemejan a los valores adecuados para una buena fertilidad de suelo.

Por otra parte para el análisis estadístico de los resultados, primero se debe verificar que éstos sigan una distribución normal, para ello en el anexo 15 se presenta la prueba de normalidad usando el método de Shapiro-Wilk, donde se observa que el valor $p > 0,05$, por lo tanto se acepta H_0 y se afirma estadísticamente que los datos tienen una distribución normal, con un nivel de confianza del 95%.

Para determinar estadísticamente si existen diferencias significativas entre las dosis de EM y los parámetros que determinan la fertilidad del suelo, se aplicó el análisis de varianza – ANOVA. Dicha prueba se presenta en la tabla 13.

Tabla 13. Parámetros de fertilidad del suelo en función a las dosis de EM.

Parámetro	Dosis	Grupo Experimental	Media	Desviación Estándar	F	Significancia (p)
Materia orgánica	10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	2,843	0,05	1469,461	0,000
	20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	3,427	0,04		
	200 ml H ₂ O	G3	1,723	0,05		
Fósforo	10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	49,960	1,38	96,259	0,000
	20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	69,097	2,52		
	200 ml H ₂ O	G3	48,940	1,95		
Potasio	10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	713,583	16,27	10,669	0,011
	20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	747,540	14,29		
	200 ml H ₂ O	G3	690,150	15,28		
pH	10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	7,367	0,06	1,000	0,422
	20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	7,400	0,10		
	200 ml H ₂ O	G3	7,300	0,10		
Conductividad Eléctrica	10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	3,907	0,01	19,95	0,002
	20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	3,940	0,02		
	200 ml H ₂ O	G3	3,863	0,02		
Carbonato de Calcio	10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	10,103	0,04	54058,534	0,000
	20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	10,140	0,02		
	200 ml H ₂ O	G3	3,500	0,03		
Capacidad de Intercambio Catiónico	10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	15,203	0,05	11767,648	0,000
	20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	25,533	0,16		
	200 ml H ₂ O	G3	11,713	0,11		

Fuente: Resultados del Software SPSS 22.

H₀: No existen diferencias significativas entre las dosis de EM frente a los parámetros de fertilidad de suelo.

H₁: Existen diferencias significativas entre las dosis de EM frente a los parámetros de fertilidad de suelo.

Se observa que $p < 0,05$ en la mayoría de los parámetros, por lo tanto se rechaza H₀ y se afirma que existen diferencias significativas entre las dosis de EM frente a los parámetros de fertilidad de suelo, excepto con el pH, ya que $p > 0,05$ por lo tanto este parámetro no presenta una diferencia significativa en relación a las dosis de EM.

Para determinar estadísticamente si existen diferencias significativas entre los parámetros de fertilidad del suelo con respecto a la pre y pos prueba, en relación a los grupos experimentales (G1, G2 y G3), se aplicó la prueba estadística T Student. Dichas pruebas se presentan en la siguiente tabla.

Parámetro	Prueba	G1			G2			G3 (testigo)
		Media	Prueba Estadística	Significancia (p)	Media	Prueba Estadística	Significancia (p)	Media
Materia orgánica (M.O.)	Pre	1.510	T Student -37.796	0.001	1.510	T Student -49,859	0.000	1.510
	Pos	2.843			3.427			1.570
Fósforo (P)	Pre	48.570	T Student -2.627	0.119	48.570	T Student -7,867	0.056	48.570
	Pos	49.960			69.097			48.940
Potasio (k)	Pre	689.940	T Student -2.192	0.16	689.940	T Student -3,810	0.063	689.940
	Pos	713.583			747.540			690.150
pH	Pre	7.200	T Student -1.623	0.194	7.200	T Student -2,000	0.184	7.200
	Pos	7.366			7.400			7.300
Conductividad Eléctrica (C.E.)	Pre	3.860	T Student -3.620	0.068	3.860	T Student -4,000	0.057	3.860
	Pos	3.906			3.940			3.860
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	Pre	3.100	T Student -345.402	0.000008	3.100	T Student -460,876	0.000	3.100
	Pos	10.103			10.103			3.500
Capacidad de Intercambio Catiónico	Pre	11.680	T Student -135.335	0.000055	11.680	T Student -79,790	0.000	11.680
	Pos	15.203			25.533			11.710

Tabla 14. Parámetros de fertilidad del suelo con respecto a la pre y pos prueba.

Fuente: Resultados del Software SPSS 22.

H₀: No existen diferencias significativas entre la pre y pos prueba con respecto a los parámetros de fertilidad del suelo en el G1, G2 y G3.

H₁: Existen diferencias significativas entre la pre y pos prueba con respecto a los parámetros de fertilidad del suelo en el G1, G2 y G3.

Se observa que $p < 0,05$ en tres parámetros (M.O., CaCO₃ y C.I.C.), por lo tanto se rechaza H₀ y se afirma que existen diferencias significativas entre la pre y pos prueba con respecto a los tres parámetros de fertilidad del suelo en el G1 y G2; con respecto a los otros parámetros (P, K, pH y C.E.), no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la pre y pos prueba. Para G3 (testigo)

se consideró la media (pre y pos prueba) de los parámetros y por ser un suelo degradado biológicamente y no recibir tratamiento con los EM, los resultados de la pre y pos prueba no variaron de manera significativa.

Como existen diferencias significativas entre los valores de los parámetros de fertilidad de suelo con respecto a los grupos experimentales y dosis de EM, se realiza la prueba de Tukey, para saber en qué grupos existen estas diferencias significativas. Dicha prueba se presenta en el anexo 16.

En tal sentido, se observa que solo existe diferencias significativas en seis parámetros (M.O., P, K, C.E., CaCO₃ y C.I.C) entre los grupos experimentales que recibieron las dosis de EM (G1 = 10ml EM + 200 ml H₂O y G2 = 20ml EM + 200 ml H₂O) frente al testigo (G3) que solo se le aplicó agua (200ml H₂O).

A modo de cumplir con el tercer objetivo, se tuvo que ver el número de plantas y el peso del cultivo (rabanito) por cada grupo experimental, como componentes para poder evaluar el rendimiento de un cultivo, a continuación se presenta en la tabla 15.

Tratamiento (Dosis)	Grupo experimental	Repeticiones	N° Plantas	Promedio	Peso (kg/plt.)	Peso Promedio (kg/plt.)	¹ Peso Promedio (kg/ha)
10ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	R1	4	4	0,0625	0,058	2 916
		R2	4		0,0625		
		R3	4		0,050		
20ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	R1	3	4	0,100	0,092	4 600
		R2	4		0,088		
		R3	4		0,088		
200 ml H ₂ O	G3 (testigo)	R1	3	3	0,050	0,050	2 500
		R2	3		0,060		
		R3	3		0,040		

Tabla 15. Número de plantas y peso del rabanito por grupo experimental.

Fuente: Propia.

En la presente tabla se observa la diferencia del número de plantas y peso del rabanito que se obtuvo en los grupos experimentales que recibieron el

¹ Se tomó como referencia 50000 plantas/ha de rabanito para sacar el peso promedio en Kg/ha.

tratamiento con las dosis de EM (G1 y G2) frente al testigo (G3), mostrando que el G2 obtuvo el mayor peso del cultivo (4 600 Kg/ha) a diferencia del G1 y G3.

IV. DISCUSIÓN

En la tabla 11, se muestra el porcentaje de Materia Orgánica (M.O.) y de arcilla que contiene el suelo del sector Barraza, porcentaje que determina el nivel en que se encuentra la M.O. y el tipo de suelo (textura), como se obtuvo 1,51% de M.O., indica que se encuentra en un nivel bajo y según la UNICEN (2015), establece que la degradación biológica del suelo reside en la disminución de la materia orgánica (nivel bajo) alterando su fertilidad, en tal sentido, se establece que el suelo del sector Barraza está degradado biológicamente y con respecto al porcentaje de arcilla (11,78%), esto hace referencia que es un suelo con textura franco, suelo apropiado para el desarrollo de los cultivos, según Andrades y Martínez (2014).

Por otro lado en la tabla 12, se presentan los valores promedios de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo, antes y después de aplicar las dosis de EM (pre y pos prueba), donde se observa una variación entre los valores de los parámetros obtenidos en la pre prueba, frente a los que se obtuvo en la pos prueba con respecto a los grupos experimentales (G1, G2 y G3).

Con respecto al G1 y G2 que recibieron las dosis de EM (10 y 20 ml EM + 200ml H₂O respectivamente), los valores de los parámetros en la pos prueba aumentaron a comparación de los que se obtuvo en la pre prueba, es así que se evidencia que en el G1, en la pos prueba, la M.O aumentó a 2,84% (nivel medio), el P a 49,96 ppm (alto), el K a 713,58 ppm (alto), el pH a 7,4 (neutro), la C.E. a 3,91 mS/cm (ligeramente salino), el CaCO₃ a 10,10 % (normal) y la C.I.C a 15,20 meq/100g (medio), esto indica que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los valores adecuados para una buena fertilidad de suelo, excepto la C.I.C, ya que según Andrades y Martínez (2014) indican que cuanto

mayor sea esta capacidad, mayor será la fertilidad natural del suelo, por lo tanto debe estar en un nivel alto o muy alto.

En cuanto al G2 en la pos prueba, la M.O aumentó a 3,84% (nivel medio), el P a 69,10 ppm (alto), el K a 747,54 ppm (alto), el pH a 7,4 (neutro), la C.E. a 3,94 mS/cm (ligeramente salino), el CaCO₃ a 10,14 % (normal) y la C.I.C a 25,53 meq/100g (alto), esto indica que todos los parámetros se encuentran dentro de los valores adecuados para una buena fertilidad de suelo, según Andrades y Martínez (2014).

Ambos grupos (G1 y G2) en la pos prueba mejoraron sus valores de los parámetros de fertilidad de suelo, esto debido a la aplicación de los EM, concepto en el cual explica Zapata, *et al.* (2013). Caso contrario se observa en el G3 (testigo), que por ser un suelo degradado biológicamente y no recibir tratamiento con los EM, los valores obtenidos en la pos prueba son similares a los que se obtuvo en la pre prueba, por lo tanto no se encuentra dentro de los valores adecuados para una buena fertilidad de suelo, así como lo establece Andrades y Martínez (2014).

Al igual que Silva y Torres (2007), se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), para ver si existían diferencias significativas entre las dosis de EM y los parámetros que determinan la fertilidad del suelo (ver tabla 13), estadísticamente se comprobó que si existían diferencias significativas, excepto con el pH, ya que $p > 0,05$ por lo tanto este parámetro no presenta una diferencia significativa frente a las dosis de EM.

Asimismo, se aplicó la prueba estadística T Student y Wilcoxon, para ver si existían diferencias significativas entre los parámetros de fertilidad del suelo con respecto a la pre y pos prueba, en relación a los grupos experimentales G1, G2 y G3 (ver tabla 14), estadísticamente se comprobó que existía diferencia significativa en tres parámetros de fertilidad del suelo (M.O., CaCO₃ y C.I.C.) con respecto a la pre y pos prueba; por otro lado con los otros parámetros (P, K, pH y C.E.), no existe diferencia significativa ($p > 0,05$) entre la pre y pos prueba, esto en relación al G1 y G2; en cuanto al G3 (testigo) se consideró la

media (pre y pos prueba) de los parámetros, ya que por tratarse de un suelo degradado biológicamente y no recibir algún tratamiento, los valores de los parámetros que se obtuvieron en la pos prueba, fueron similares a los que se obtuvo en la pre prueba, por lo tanto los resultados no variaron de una manera significativa; resultados que fueron similares a lo que obtuvo Monsalve (2015).

Por otro lado, con respecto al rendimiento del cultivo como indicador biológico de la fertilidad del suelo, en la tabla 15 se muestra el número de plantas y el peso del rabanito (kg y kg/ha) en los diferentes grupos experimentales (G1, G2 y G3), haciendo referencia que el G1 y G2 son los grupos experimentales que recibieron el tratamiento con 10ml y 20 ml de EM más 200ml de agua respectivamente y como testigo el G3 que solo se le aplicó 200ml de agua, de esta manera se evidencia que el G1 y G2 obtuvieron la misma cantidad de número de plantas desarrolladas (4 plantas) a comparación del testigo (3 plantas), en cuanto al peso el G2 fue el que obtuvo el mejor resultado (0,092 kg/plt – 4 600 Kg/ha) a diferencia del G1 (0,058 kg/plt. – 2 916 kg/ha) y el testigo (0,050 kg/plt. – 2 500 kg/ha), es así que en concordancia a lo que manifiesta Monsalve (2015) en su proyecto de investigación, establece que los efectos de los EM en la producción del cultivo son muy positivos; de acuerdo a ello se puede decir que el tratamiento con EM mejoran la fertilidad y productividad de un suelo, optimizando de esta manera el desarrollo de los cultivos.

Finalmente, con los resultados obtenidos, se puede establecer que el G2 a quién se le aplicó 20ml EM + 200 ml H₂O es el que presentó mejores resultados a comparación del G1 y el testigo (G3). Por lo tanto, según los valores adecuados para una buena fertilidad del suelo, presentados en la tabla 12, se puede decir que el G2 posee una buena fertilidad de suelo, gracias a la mejor dosis de EM que se le aplicó (20ml EM + 200 ml H₂O); por ende se puede manifestar que los EM sí ayudan a mejorar la fertilidad de un suelo agrícola que está degradado biológicamente; en tal sentido, tomando como referencia a lo que establece Pérez (2016) en su proyecto de investigación, en donde indica que los EM tiene un efecto positivo en la recuperación geomorfológica al

arreglar las propiedades físico-químicas y microbiológicas del suelo, se puede decir que los EM recuperan o reparan un suelo que está degradado biológicamente, mejorando de esta manera su fertilidad.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden concluir que:

- 5.1. Los EM mejoraron la fertilidad del suelo agrícola degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo, Trujillo.
- 5.2. Se evaluó dos dosis de EM de 10 ml y 20ml, donde se determinó que la dosis de 20 ml mejoró la fertilidad, reduciendo la degradación biológica del suelo del sector Barraza.
- 5.3. Al evaluar los parámetros de fertilidad del suelo, se determinó que los EM ayudan a regular las propiedades físicas, químicas y biológicas, considerando que antes de la aplicación de los EM (pre prueba), algunos de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo (M.O., CaCO_3 y C.I.C.) se encontraban en un nivel inadecuado para una buena fertilidad, debido a la degradación biológica que tenía el suelo; sin embargo después del tratamiento (pos prueba), los valores variaron de una manera significativa demostrándose una buena fertilidad de suelo.
- 5.4. Al evaluar el rendimiento del rabanito (*Raphanus sativus*), se determinó que el tratamiento con los EM para ambos grupos experimentales G1 y G2 (dosis 10 y 20 ml EM + 200ml H_2O respectivamente), ambos presentaron mayor número de plantas y peso de tubérculos a comparación con el testigo (G3). Pero fue el G2 con la dosis de 20ml EM + 200ml H_2O que presentó mayor peso (0,092 kg/plt.), que sacando por hectárea se lograría una cantidad de 4 600 Kg/ha.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el estudio, se recomienda:

- 6.1.** Utilizar productos orgánicos o naturales, como los EM para reparar un suelo degradado biológicamente y mejorar su fertilidad, con el fin de reemplazar a los fertilizantes químicos y así contribuir al cuidado de nuestros recursos naturales y medio ambiente.
- 6.2.** Utilizar los EM a distintas concentraciones y en periodos de tiempo diferentes, para obtener información sobre la acción de los EM en cuanto a la restauración de los suelos.
- 6.3.** Para evaluar la fertilidad de un suelo, se recomienda utilizar los EM a diferentes concentraciones y diferentes tipos de cultivo, para así obtener datos específicos con respecto a qué tipo de cultivo le favorece en cuanto a su desarrollo y rendimiento.
- 6.4.** Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos del suelo con una mayor periodicidad, para ver cómo actúan los EM en las propiedades nutritivas del suelo.
- 6.5.** Evaluar los EM apoyado con distintos sustratos al suelo como humus, materia orgánica, turbas, micorrizas u otros que ayuden a mejorar los resultados obtenidos en la presente investigación.
- 6.6.** Al agricultor se recomienda utilizar 20 lt de EM activados por cilindro de agua (200 lt H₂O) para reparar un suelo que está degradado biológicamente y de esta manera mejorar su fertilidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, Guillermo, ÁLVAREZ, Mauricio y MELÉNDEZ, Augusto. Microorganismos Eficientes. *La Ganadería ORG*, (43): 2-4, 5 de junio, 2009.
- Agrobanco. Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de caña de azúcar [en línea]. Perú: 2012 [Fecha de consulta: 11 de junio del 2017]. Disponible en: <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/012-a-cana-de-azucar.pdf>
- ALLEN [et al], Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos [en línea]. Roma: Dirección de Información FAO, 2007. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- ANDRADES, Marisol y MARTÍNEZ, Elena. Fertilidad del suelo y parámetros que la defines [en línea]. 3 era. ed. España. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2014. Disponible en: <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi5v4uP6bbUAhUIPCYKHxTkBkwQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Flibro%2F267902.pdf&usg=AFQjCNHY9wkZS6pREIcyNHGCLimxvUURsw&sig2=W2tJxFgKcRbdllzJ-gL0Ug>
- EcuRed. Rendimiento agrícola [en línea], 2009. [Fecha de consulta: 15 de septiembre del 2017]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Rendimiento_agr%C3%ADcola#Fuentes
- GARCÍA, Yenny, RAMÍREZ, Wendy y SÁNCHEZ, Saray. Indicadores de calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *SciELO*, vol. 35, (2): 125-138, 2012.
- GOLEC, Anibal, GONZÁLES, Pablo y CHINMAY, Lokare. Effective Microorganisms: Myth or reality?. *Revista Peruana de Biología*. 14(2): 315-319, 2007.
- IBÁÑEZ, Juan. Microorganismos Eficientes o Efectivos (EM) y Rehabilitación de Suelos. Blogs Madrid+d: 2-3, marzo, 2011.

- INFOJARDIN [en línea]. España, 2015 [fecha de consulta: 08 Junio 2017]. Disponible en:
<http://www.infojardin.net/glosario/fermentacion/fertilidad-del-suelo.htm>
- JUSOH [et al], Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *BioMed Central*. 10:17, 2013.
- Manual Práctico de Uso de EM. [en línea]. 1era ed. BID ATN: julio de 2009- [fecha de consulta: 14 Mayo 2017]. Disponible en:
http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf
- MONSALVE, José. Evaluación de los ME (microorganismos eficaces) sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del suelo en la producción del maíz. Tesis (Biólogo). Ecuador: Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, 2015. 105 p.
- Ministerio del Ambiente. Vice Ministerio de Gestión Ambiental, Dirección General de Calidad Ambiental, 2011. [fecha de consulta 10 de junio del 2017]. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf
- Ministerio del Ambiente, Vice Ministerio de Gestión Estratégica de Recursos Naturales y Dirección General de Ordenamiento Territorial. Mapa de Suelos del Perú (1:2500000) Memoria Descriptiva, 2011. [fecha de consulta 05 de agosto del 2017]. Disponible en:
<http://consultorias.minam.gob.pe/cons/bitstream/handle/minam/159/CD0000121.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PÉREZ, Jahanavy. Efecto de la tecnología de Microorganismos Eficaces en suelos intervenidos antrópicamente del Parque Forestal Embalse del Neusa, departamento de Cundinamarca. Tesis (Licenciado en Biología). Bogotá: Universidad distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación, 2016. 52 p.

- RODRÍGUEZ, José. Mitigación y biorremediación de suelos contaminados por el derrame de combustible diésel 2 en la Quebrada del Toro, Camaná, 2009. CIENDES, (10): 37-51, 2009.
- SILVA, Xiomara y TORRES, Gladys. Evaluación del efecto que tienen los EM (Microorganismos Eficientes) en las micorrizas para la recuperación de suelos intervenidos del área de Mondoñedo. Tesis (Ingeniera Ambiental y Sanitaria). Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria área de suelos Bogotá D.C., 2007. 157p.
- UNICEN, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <<http://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>>. Fecha de consulta 31 de Mayo del 2017.
- ZAPATA, Liceth. et al. Microorganismos eficientes del suelo [en línea]. Colombia, 2013. Disponible en: <https://microindustrialasalle.wordpress.com/2013/05/17/microorganismos-eficientes-en-el-suelo/>
- ZÚÑIGA, Orlando [et al]. Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, 64(1): 5769-5779, 2011.

ANEXOS

ANEXO 01

ZONA DE ESTUDIO

El sector Barraza está ubicado en el distrito de Laredo, Provincia de Trujillo, Región la Libertad. En este sector el cultivo representativo es la caña de azúcar aproximadamente 400 hectáreas.

El cultivo de caña de azúcar unas de sus prácticas culturales es la quema total del cultivo en la última fase vegetativa, afectando seriamente el suelo en su conjunto como biodiversidad.

La calidad del suelo se ve afectado por la alta temperatura que provoca esta quema (250 °C al exterior), teniendo relación directa con el suelo, provocando su degradación biológica y con ello alterando la fertilidad del suelo.



Fuente: Google Earth.

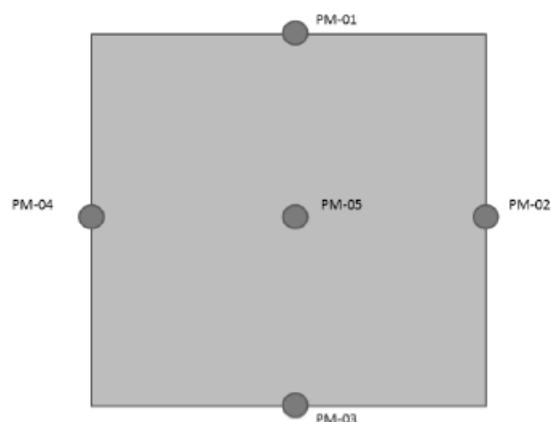
ANEXO 02

DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Muestreo de Comprobación de la Remediación (MC)

a. Para áreas de contaminación de forma regular menores a 1000 m².

Cuando el área de contaminación tenga forma regular de un cuadrado, el Número de muestras y distribución, será de una muestra en cada pared (4) y una en el fondo (1), total 5 muestras. (MINAM, Guía para Muestreo de Suelos, 2014, p.12)



Fuente: MINAM, Guía para Muestreo de Suelos, 2014.

Localización de puntos de muestreo en el área degradada del sector Barraza.



Fuente: Propia.

ANEXO 03

TÉCNICA DE MUESTREO

FICHA DE MUESTREO DE SUELO

a. Para muestras superficiales

Para la toma de muestras superficiales (hasta una profundidad de aproximadamente un metro) se pueden aplicar sondeos manuales. Otras técnicas alternativas para la toma de muestras superficiales pueden ser hoyos o zanjas. El espesor de las capas con respecto al uso del suelo se indica en la siguiente tabla. (MINAM, Guía para Muestreo de Suelos, 2014, p.16)

Uso del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo agrícola	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 100 – 30 cm(3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

AM, Guía para Muestreo de Suelos, 2014.

FICHA DE MUESTREO DE SUELO	
Datos generales	
Nombre del sitio de estudio: Barraza, Laredo	Departamento: La Libertad
Razón Social:	Provincia: Trujillo
Uso principal: Agricultura	Dirección del Predio: Barraza
Datos del punto de muestreo	
Nombre del punto de muestreo: P11-02	Operador: Fiorella Faboly Ramos Castillo (empresa/persona)
Coordenadas: X: 8°6' 31.53" S Y: 78° 58' 7.17" O (UTM, WGS84)	Descripción de la superficie: material seco (pe, asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C): 21	Precipitación (si/no, intensidad):
Técnica de muestreo: por calicatas (manual) (p.e. sondeo manual/semi mecánico/mecánico,zanja,etc.)	Instrumentos usados: pala y wincha
Profundidad final: 30 cm o 0.30 m (en metros bajo la superficie)	Napa freática: no (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: no (si/no, descripción)	Relleno del agujero después del muestreo: si (si/no, descripción)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO	
Datos generales	
Nombre del sitio de estudio: Barraza, Laredo	Departamento: La Libertad
Razón Social:	Provincia: Trujillo
Uso principal: Agricultura	Dirección del Predio: Barraza
Datos del punto de muestreo	
Nombre del punto de muestreo: P11-03	Operador: Fiorella Faboly Ramos Castillo (empresa/persona)
Coordenadas: X: 8°6' 37.05" S Y: 78° 58' 8.30" O (UTM, WGS84)	Descripción de la superficie: material seco (pe, asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C): 21	Precipitación (si/no, intensidad): no
Técnica de muestreo: por calicatas (manual) (p.e. sondeo manual/semi mecánico/mecánico,zanja,etc.)	Instrumentos usados: pala y wincha
Profundidad final: 30 cm o 0.30 m (en metros bajo la superficie)	Napa freática: no (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: no (si/no, descripción)	Relleno del agujero después del muestreo: si (si/no, descripción)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO	
Datos generales	
Nombre del sitio de estudio: Barraza, Laredo	Departamento: La Libertad
Razón Social:	Provincia: Trujillo
Uso principal: Agricultura	Dirección del Predio: Barraza
Datos del punto de muestreo	
Nombre del punto de muestreo: PH-04	Operador: Fiorella Faboly Ramos Castillo (empresa/persona)
Coordenadas: X: 8° 6' 34.48" S Y: 78° 58' 13.11" O (UTM, WGS84)	Descripción de la superficie: material seco (pe, asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C): 21	Precipitación (si/no, intensidad): NB
Técnica de muestreo: por calicatas (manual) (p.e. sondeo manual/semi mecánico/mecánico,zanja,etc.)	Instrumentos usados: palana, wincha
Profundidad final: 30 cm o 0.30 m (en metros bajo la superficie)	Napa freática: NB (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: NB (si/no, descripción)	Relleno del agujero después del muestreo: Si (si/no, descripción)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO	
Datos generales	
Nombre del sitio de estudio: Barraza, Laredo.	Departamento: La Libertad
Razón Social:	Provincia: Trujillo
Uso principal: Agricultura	Dirección del Predio: Barraza
Datos del punto de muestreo	
Nombre del punto de muestreo: PH-05	Operador: Fiorella Faboly Ramos Castillo (empresa/persona)
Coordenadas: X: 8° 6' 33.42" S Y: 78° 58' 10.20" O (UTM, WGS84)	Descripción de la superficie: material seco (pe, asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C): 21	Precipitación (si/no, intensidad):
Técnica de muestreo: por calicatas (manual) (p.e. sondeo manual/semi mecánico/mecánico,zanja,etc.)	Instrumentos usados: palana y wincha
Profundidad final: 0.30 m o 30 cm (en metros bajo la superficie)	Napa freática: NB (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: NB (si/no, descripción)	Relleno del agujero después del muestreo: Si (si/no, descripción)

ANEXO 05

RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL SUELO DEGRADADO BIOLÓGICAMENTE DEL SECTOR BARRAZA, LAREDO



Foto 1. Área con suelo degradado biológicamente del sector Barraza, Laredo.



Foto 2. Realización de calicatas de 30 x 30 y 30 cm de profundidad.



Foto 3. Calicata de 30 x 30 y 30 cm de profundidad.



Foto 4. Calicata de 30 x 30 y 30 cm de profundidad.



Foto 5. Extracción de muestra para pre análisis.



Foto 6. Muestra de suelo para pre análisis.



Foto 7. Extracción de suelo degradado biológicamente.

ANEXO 06
FORMACIÓN DE GRUPOS EXPERIMENTALES



Foto 8. Homogenización de suelo degradado biológicamente.



Foto 9. Pesaje de suelo degradado biológicamente (5 kg) para formación de grupos experimentales.



Foto 10. Llenado de suelo degradado biológicamente (5 kg) en macetas para la formación de los grupos experimentales.



Foto 11. Siembra directa de rabanito en grupos experimentales.

ANEXO 07

FICHA TÉCNICA DE LOS EM



ACTIVACIÓN

Los microorganismos presentes en el EM•1^o están en estado de latencia por lo que el producto debe ser activado antes de usarlo.



- Mezclar 1 litro de melaza (5%) en 18 litros de agua limpia sin cloro (90%) y agregar 1 litro de EM•1^o (5%).
- Colocar la mezcla en un recipiente plástico, limpio, con tapa que permita el cierre hermético (sin aire).
- Dejar reposar por 5 a 7 días en un ambiente bajo sombra.

1 litro de EM•1^o rinde 20 litros de EM•1^o-Activado (EMA).
El EMA no debe usarse después de un mes de activado.

BENEFICIOS

- Optimiza el crecimiento de las plantas y previene la presencia de plagas y enfermedades.
- Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

DOSIS

- Aplicación foliar en cultivos:
 - ½ litro a 1 litro EM•1^o-Activado por mochila de 20 litros.
 - 5 litros a 10 litros EM•1^o-Activado por cilindro de 200 litros.
 - Se recomienda hacer aplicaciones semanales según las necesidades del cultivo.
 - El EM•1^o-Activado, puede mezclarse con abonos foliares y adherentes.



No mezclar con pesticidas químicos

Fuente: Research Organization, 2014.

ANEXO 08

CÁLCULOS PARA DETERMINAR LAS DOS DOSIS DE EM Y LA CANTIDAD NECESARIA DE AGUA

- Para hallar la cantidad de agua a aplicar, se debe tener en cuenta la fórmula de la evapotranspiración del suelo.

Evapotranspiración \Rightarrow $ET_r = E_0 * K_c$

Donde:

ET_r = Evapotranspiración real

K_c = Coeficiente único del cultivo

E_0 = Evaporación del suelo.

Datos:

$$K_c = 1$$

$$E_0 = 4 \text{ mm/día}$$

Considerando que:

-La evaporación del suelo de Laredo es de 1368.4 mm anual por lo tanto es igual a 4 mm/día

-La densidad poblacional del rabanito es 50 000 plantas/ha

Reemplazando:

$$ET_r = 4 \text{ mm/día} * 1 = 4 \text{ mm/día} = 40 \text{ m}^3/\text{ha/día} = 40\,000 \text{ lt/ha/día}$$

Volumen de agua = ET_r / N° de plantas por ha

$$= 40\,000 \text{ lt/ha/día} / 50,000 \text{ plts/ha}$$

$$= 0.8 \text{ lt/plta/día}$$

*Se toma el 25% del suelo por ser un trabajo en macetas.

$$0.8 \text{ lt/plta/día} * 0,25 = 0,2 \text{ lt/plta/día} = 200 \text{ ml/plt/día}$$

- Para determinar las dos dosis de EM, se tuvo en cuenta la ficha técnica de los EM (ver anexo 07).

Datos:

Según la ficha técnica:

EM activado (concentrado) = 20 lt

Dosis: 5 a 10 lt. EM por cilindro de 200 lt agua

Concentración al 1% y al 2%

10 lt EM ----- 200 lt H₂O

X ----- 0,2 lt H₂O

X = 0,01 lt EM

X = 10 ml EM / 200 ml H₂O

20 lt EM ----- 200 lt H₂O

X ----- 0,2 lt H₂O

X = 0,02 lt EM

X = 20 ml EM / 200 ml H₂O

ANEXO 09

ACTIVACIÓN DE LOS EM SEGÚN FICHA TÉCNICA



Foto 12. Agua, Microorganismos Eficientes (EM) y melaza.



Foto 13. Agua sin cloro.



Foto 14. Microorganismos Eficientes (EM).



Foto 15. Agregando melaza.



Foto 16. Mezcla de agua, EM y melaza.



Foto 17. Llenado de la
poner en reposo
Microorganismos
activados

ANEXO 10
APLICACIÓN DE LAS DOSIS DE EM

PREPARACIÓN DE LA PRIMERA DOSIS DE EM (10ml EM + 200ml H₂O) PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL G1



Foto 18. 200 ml de agua.



Foto 19. 10 ml de Microorganismo Eficientes (EM) activado.



Foto 20. Dosis de 10 ml EM más 200 ml de agua.



Foto 21. Aplicación de dosis de EM (10ml EM+200ml H₂O) al grupo experimental G1 con sus respectivas repeticiones.

**PREPARACIÓN DE LA SEGUNDA DOSIS DE EM (20ml EM + 200ml H₂O)
PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL G2**



Foto 22. 200 ml de agua.

30/08/2017

Foto 23. Dosis de 20 ml EM más 200 ml de agua.



30/08/2017

Foto 24. Aplicación de dosis de EM (20ml EM+200ml H₂O) al grupo experimental G2 con sus respectivas repeticiones.

GRUPO CONTROL O TESTIGO G3 AUSENCIA DE TRATAMIENTO CON EM

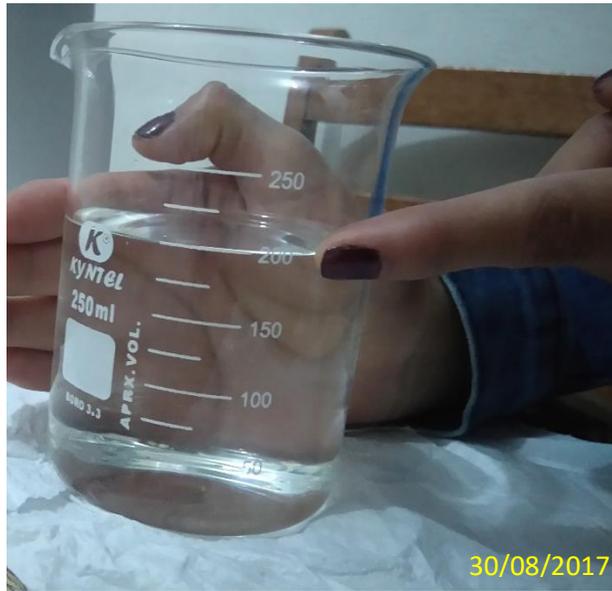


Foto 25. 200ml de agua.



30/08/2017

Foto 26. Aplicación de 200ml de agua al grupo testigo G3.

ANEXO 11

RENDIMIENTO DEL CULTIVO (RABANITO) COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO



Foto 27. Germinación del cultivo al cuarto día de haberse sembrado en el grupo experimental G1.



Foto 28. Germinación del cultivo al cuarto día de haberse sembrado en el grupo experimental G2.



Foto 29. Ausencia de germinación del cultivo al cuarto día de haberse sembrado en el grupo testigo (G3).



Foto 30. Cultivo al quinto día de haberse sembrado.



Foto 31. Cultivo al onceavo día de haberse sembrado.



Foto 32. Cultivo al veinteavo día de haberse sembrado.



Foto 33. Cultivo al veintiseisavo día de haberse sembrado.



Foto 34. Cultivo al veintinueveavo día de haberse sembrado.



Foto 35. Cultivo al treintaseisavo día de haberse sembrado.



Foto 36. Cultivo al cuarentavo día de haberse sembrado.



Foto 37. Cultivo al cuarentaicuatroavo día de haberse sembrado.



Foto 38. Cultivo al cuarentainueveavo día de haberse sembrado.



Foto 39. Cosecha del rabanito después de un mes y medio de haberse sembrado.



Foto 40. Rabanito después de un mes y medio de haberse sembrado en los tres grupos experimentales (G1, G2 y G3).



Foto 41. Pesaje de rabanitos de los tres grupos experimentales (G1, G2 y G3).

ANEXO 12

FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA EVALUAR LA FERTILIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA DEGRADADO

PREPRUEBA				FECHA:					
	PARAMETROS DE FERTILIDAD DEL SUELO								
	Textura	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Materia Orgánica (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	Carbonato de Calcio (%)	Intercambio Catiónico (meq/100g)	
RANGOS									
INDICADOR									
POSPRUEBA				FECHA:					
GRUPO EXPERIMENTAL	REPETICIONES	Textura	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Materia Orgánica (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	Carbonato de Calcio (%)	Intercambio Catiónico (meq/100g)
G1	R1								
	R2								
	R3								
PROMEDIO									
INDICADOR									
G2	R1								
	R2								
	R3								
PROMEDIO									
INDICADOR									
G3	R1								
INDICADOR									
Peso del cultivo (rabanito) como indicador biológico de la fertilidad del suelo									
	G1			G2			G3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3			
Peso									
PROMEDIO									
Consideraciones: G1 = Grupo experimental con aplicación de 10ml de EM + 200ml H2O. G2 = Grupo experimental con aplicación de 20ml de EM + 200ml H2O. G3 = Grupo control o testigo (solo agua) *El Indicador será escrito por el observador de acuerdo a los resultados obtenido por cada parámetro.									

BIOLÓGICAMENTE DEL SECTOR BARRAZA, LAREDO, TRUJILLO.

Fuente: Propia.

ANEXO 13

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO



FORMATO PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO – FICHA DE REGISTRO DE DATOS

PROYECTO: EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA FERTILIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA DEGRADADO BIOLÓGICAMENTE DEL SECTOR BARRAZA, LAREDO, TRUJILLO

AUTOR: Fiorella Faloly Ramos Castillo.

Datos del Evaluador:

Apellidos y nombres: Zavalete Verde David
Profesión: Biólogo - Microbiólogo Número de colegiatura: 7941
Especialidad: Maestro en Ciencias con mención en Biotec. Ambiental y Agroindustrial
Lugar de trabajo: Universidad Nacional de Trujillo
Cargo que desempeña: Docente

ESCALA EVALUATIVA DE CORRESPONDENCIA A VARIABLES – INDICADORES:

DE ACUERDO B DESACUERDO

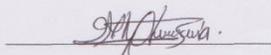

FIRMA

Datos del Evaluador:

Apellidos y nombres: OTINIANO GARCÍA NEILDA MILLY ESTHER
Profesión: BIÓLOGA - MICROBIÓLOGA Número de colegiatura: 1730
Especialidad: Biotecnología y Bioingeniería
Lugar de trabajo: Universidad Cesar Vallejo - Trujillo
Cargo que desempeña: Directora de Investigación

ESCALA EVALUATIVA DE CORRESPONDENCIA A VARIABLES – INDICADORES:

A DE ACUERDO B DESACUERDO


FIRMA
Milly Otiniano García
MICROBIÓLOGA
C. R. P. 1730



Datos del Evaluador:

Apellidos y nombres: *Ruiz Arana Rosa María*

Profesión: *Ing. Agrónomo* Número de colegiatura:

Especialidad: *Producción Agrícola - Suelos*

Lugar de trabajo: *Osarisa EIR*

Cargo que desempeña: *Jefe de Producción y Nutrición Vegetal*

ESCALA EVALUATIVA DE CORRESPONDENCIA A VARIABLES – INDICADORES:

<input checked="" type="checkbox"/>	DE ACUERDO	B	DESACUERDO
-------------------------------------	------------	---	------------

Rosa María Ruiz Arana

FIRMA

Rosa María Ruiz Arana
ING AGRÓNOMO
CIP N° 73090

ANEXO 14

VALORES DE LOS PARAMETROS DE FERTILIDAD DE SUELO PRE Y POS PRUEBA

GRUPO EXPERIMENTAL (G1)													
Materia orgánica (%)		Fósforo(ppm)		Potasio (ppm)		pH		Conductividad eléctrica (mS/cm)		Carbonato de calcio (%)		Capacidad de Intercambio catiónico (meq/100g)	
PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.
1,51	2,79	48,57	48,96	689,94	695,92	7,2	7,3	3,86	3,90	3,10	10,07	11,68	15,16
1,56	2,88	49,95	51,54	706,21	727,96	7,3	7,4	3,87	3,91	3,14	10,14	11,73	15,25
1,46	2,86	47,19	49,38	673,67	716,87	7,1	7,4	3,85	3,91	3,06	10,10	11,63	15,20

GRUPO EXPERIMENTAL (G2)													
Materia orgánica (%)		Fósforo(ppm)		Potasio (ppm)		pH		Conductividad eléctrica (mS/cm)		Carbonato de calcio (%)		Capacidad de Intercambio catiónico (meq/100g)	
PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.
1,51	3,46	48,57	71,40	689,94	759,65	7,2	7,5	3,86	3,96	3,10	10,16	11,68	25,66
1,55	3,39	51,09	66,41	704,23	731,78	7,3	7,3	3,88	3,92	3,12	10,13	11,84	25,35
1,47	3,43	46,05	69,48	675,65	751,19	7,1	7,4	3,84	3,94	3,08	10,13	11,52	25,59

GRUPO EXPERIMENTAL (G3 - Testigo)													
Materia orgánica (%)		Fósforo(ppm)		Potasio (ppm)		pH		Conductividad eléctrica (mS/cm)		Carbonato de calcio (%)		Capacidad de Intercambio catiónico (meq/100g)	
PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.	PRE.	POS.
1,51	1,57	48,57	48,94	689,94	690,15	7,2	7,3	3,86	3,86	3,10	3,50	11,68	11,71
1,56	1,62	50,52	50,89	705,22	705,43	7,3	7,4	3,88	3,88	3,13	3,53	11,79	11,82
1,47	1,53	46,62	46,99	674,66	674,87	7,1	7,2	3,85	3,85	3,07	3,47	11,58	11,61

ANEXO 15 PRUEBA DE NORMALIDAD

Parámetros	Prueba	gl	G1		G2		Testigo (G3)	
			Shapiro-Wilk (n ≤ 50)					
			Estadístico	Sig. (p)	Estadístico	Sig. (p)	Estadístico	Sig. (p)
Materia Orgánica	Pre	3	1.000	0.704	1.000	0.922	0.996	0.878
	Pos	3	0.907		0.993		0.996	
Fósforo	Pre	3	1.000	0.646	1.000	0.874	1.000	1.000
	Pos	3	0.868		0.983		1.000	
Potasio	Pre	3	1.000	0.832	1.000	0.787	1.000	1.000
	Pos	3	0.969		0.951		1.000	
pH	Pre	3	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000
	Pos	3	0.75		1.000		1.000	
Conductividad Eléctrica	Pre	3	1.000	0.500	1.000	1.000	0.964	0.637
	Pos	3	0.75		1.000		0.964	
Carbonato de Calcio	Pre	3	1.000	0.922	1.000	0.500	1.000	1.000
	Pos	3	0.993		0.75		1.000	
Capacidad de Intercambio Catiónico	Pre	3	1.000	0.939	1.000	0.707	0.999	0.948
	Pos	3	0.996		0.909		0.999	

Fuente: Resultados del Software SPSS 22.

H₀: Los valores de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo, siguen una distribución normal.

H₁: Los valores de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo, no siguen una distribución normal.

ANEXO 16 PRUEBA DE TUKEY

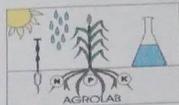
Dosis	Comparación entre grupos experimentales	Parámetros							
		Materia Orgánica (M.O.)	Fósforo (P)	Potasio (K)	pH	Conductividad Eléctrica (C.E.)	Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)	
		Sig. (p)	Sig. (p)	Sig. (p)	Sig. (p)	Sig. (p)	Sig. (p)	Sig. (p)	
10 ml EM + 200 ml H ₂ O	G1	G2	0.000	0.000	0.077	0.891	0.075	0.325	0.000
		G3	0.000	0.813	0.226	0.645	0.028	0.000	0.000
20 ml EM + 200 ml H ₂ O	G2	G1	0.000	0.000	0.077	0.891	0.075	0.325	0.000
		G3	0.000	0.000	0.009	0.404	0.002	0.000	0.000
200 ml H ₂ O	G3	G1	0.000	0.813	0.226	0.645	0.028	0.000	0.000
		G2	0.000	0.000	0.009	0.404	0.002	0.000	0.000

Fuentes: Resultados del Software SPSS 22.

ANEXO 17

REPORTE DE LOS ANÁLISIS INICIALES DE LOS PARÁMETROS DE FERTILIDAD DEL SUELO DEL SECTOR BARRAZA (PRE PRUEBA)

AGROLAB
*Los análisis de suelos son la base de una buena fertilización,
y de una alta producción*


AGROLAB

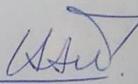
Remitente : FIORELLA RAMOS CASTILLO
Lugar : Sector Barraza
Fecha de Recepción: 21/ Junio / 2017
Fecha de Análisis : 25/ Junio / 2017

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

MUESTRA Nº	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE _{ES} mS/cm (Estimado)	CaCO ₃ %
1	1.51	48.57	689.94	7.20	39.0	3.860	3.10

ANÁLISIS TEXTURAL y CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO

MUESTRA Nº	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS			TEXTURA (U.S.D.A.)	C.T.C. meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
1	51.00	37.22	11.78	Franca	11.68


Ing. M. Sc. Sergio Valdivia Vega
EXPERTO EN SUELOS

in: J. J. Ganoza N° 166
Urb. California

Fuente: Laboratorio Agrolab.

ANEXO 18

REPORTE DE LOS ANÁLISIS INICIALES DE LOS PARÁMETROS DE FERTILIDAD DEL SUELO DEL SECTOR BARRAZA (POS PRUEBA)

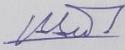
AGROLAB
*Los análisis de suelos son la base de una buena fertilización
y de una alta producción*



Remitente : Fiorella Ramos Castillo
Lugar : Sector Barraza
Fecha de Recepción: 20/Octubre/2017
Fecha de Análisis : 25/Octubre/2017

ANÁLISIS DE REFTILIDAD DEL SUELO

MUESTRA IDENTIFICACIÓN	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE _s mS/cm (Estimado)	CaCO ₃ %	C.T.C. Meq/100g
G1 - R1	2.79	48.96	695.92	7.3	45.0	3.90	10.07	15.16
G1 - R2	2.88	51.54	727.96	7.4	46.0	3.91	10.14	15.25
G1 - R3	2.86	49.38	716.87	7.4	46.0	3.91	10.10	15.20
G2 - R1	3.46	71.40	759.65	7.5	47.0	3.96	10.16	25.66
G2 - R2	3.39	66.41	731.78	7.3	47.0	3.92	10.13	25.35
G2 - R3	3.43	69.48	751.19	7.4	46.0	3.94	10.13	25.59
G3	1.57	48.94	690.15	7.3	41.0	3.86	3.50	11.71


Ing. M. Sc. Sergio Valdivia Vega
EXPERTO EN SUELOS

Dirección: J.J. Ganoza N°166 Urb. California - Trujillo Teléfono: 28-41-47 Consultas: agrolab11@hotmail.com