



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA QUIMICA

AGO 2018



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
**“APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES PARA LA
RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR
SALINIDAD EN EL DISTRITO DE HUACHIPA-LIMA”**

AUTOR: CARMEN GILDA AVELINO CARHUARICRA

(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01-09-16 al 31-08-18)

(Resolución de Aprobación N° 780-2016-R / 30-09-16)

Callao, 2018

I. ÍNDICE

I.	ÍNDICE	1
II.	RESUMEN	7
	ABSTRACT	8
III.	INTRODUCCIÓN	9
	3.1. Exposición del problema de investigación	9
	3.1.1 Enunciado del problema	10
	3.1.2 Objetivos de la investigación	11
	3.2. Importancia y justificación de la investigación	11
	3.2.1 Importancia	12
	3.2.2 Justificación	12
IV.	MARCO TEÓRICO	13
	4.1 Antecedentes del estudio	13
	4.2 Bases teóricas	14
	4.2.1 Origen de las sales en el suelo	14
	4.2.2 Suelos salinos	15
	4.2.3 Clases de suelos salinos	16
	4.2.4 Salinidad en el Perú	19
	4.2.5 Procesos que favorecen la salinización del suelo	19
	4.2.6 Efectos en los suelos por la salinidad	20
	4.2.7 Biofertilizantes	21
	4.2.8 Características de los biofertilizantes	21
	4.2.9 Materia prima para la obtención de biofertilizantes	21
	4.2.10 Fertilizantes orgánico-fertilizante químico	23
	4.2.11 Principales funciones de los biofertilizantes	23
	4.2.12 Utilidad de los biofertilizantes	24
	4.2.13 Biofertilizantes utilizados en la agricultura	25
	4.2.14 Beneficios del uso de los biofertilizantes	25
	4.3 Factor de recuperación	26
	4.4 Definición de términos básicos	27

V.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
	5.1 Materiales	28
	5.1.1 Equipos	28
	5.1.2 Reactivos	28
	5.2 La población de la investigación y la muestra	29
	5.2.1 Descripción de la zona de estudio	29
	5.3 Métodos e instrumentos de recolección de datos	30
	5.3.1 Obtención de muestras	32
	5.3.2 Análisis químicos de suelos	33
	5.3. Determinación de las características de los suelos	33
	5.4 Técnicas estadísticas para análisis de datos	39
VI.	RESULTADOS	40
	6.1 Características inicial del suelo	40
	6.2 Características del suelo con aplicación de biofertilizantes	41
	6.3 Factor de recuperación de los suelos	50
	6.4 Comparación de las características de los suelos	53
	6.5 Técnicas estadísticas para análisis de datos	55
VII.	DISCUSIÓN	58
	7.1 Contrastación con los resultados obtenidos por otros investigadores	58
	7.2 Conclusiones	60
	7.3 Recomendaciones	61
VIII.	REFERENCIALES	62
IX.	APÉNDICES	67
	9.1 Estadística descriptiva de los parámetros de los biofertilizantes	67
	9.2 Ubicación de la zona de estudio	68
X.	ANEXOS	70
	10.1 Matriz de Consistencia	71
	10.2 Gráficos de probabilidad normal de los parámetros	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°4.1	Clasificación de suelos	16
Tabla N°4.2	Categorización de los suelos de acuerdo a la presencia m.	17
Tabla N°4.3	Principales tipos de sales solubles	18
Tabla N°5.1	Tipos de biofertilizantes en las estaciones	32
Tabla N°5.2	Clasificación de materia orgánica	34
Tabla N°5.3	Suelos salinos según la conductividad eléctrica	37
Tabla N°6.1	Características iniciales del suelo	40
Tabla N°6.2	Características del suelo con aplicación de bio10-90 -1° M	41
Tabla N°6.3	Características del suelo con aplicación de bio50-50 -1° M	42
Tabla N°6.4	Características del suelo con aplicación de bio25-75 -1°M	43
Tabla N°6.5	Características del suelo con aplicación de bio10-90 -2° M	44
Tabla N°6.6	Características del suelo con aplicación de bio50-50 -2° M	45
Tabla N°6.7	Características del suelo con aplicación de bio25-75 -2°M	46
Tabla N°6.8	Características del suelo con aplicación de bio10-90 -3° M	47
Tabla N°6.9	Características del suelo con aplicación de bio50-50-3° M	48
Tabla N°6.10	Características del suelo con aplicación de bio25-75-3°M	49
Tabla N°6.11	Factor de recuperación de suelos salinos al aplicar bio10	50
Tabla N°6.12	Factor de recuperación de suelos salinos al aplicar bio50	51
Tabla N°6.13	Factor de recuperación de suelos salinos al aplicar bio25	52
Tabla N°6.14	Comparación de características de suelo con s. normales	53
Tabla N°6.15	Estadística descriptiva para bio10-90	55
Tabla N°6.16	Estadística descriptiva para bio50-50	55
Tabla N°6.17	Estadística descriptiva para bio25-75	55
Tabla N°6.18	Correlación de Pearson análisis estadístico NO ₃ ,P y K	56
Tabla N°6.19	Correlación de Pearson análisis estadístico CE, pH	57
Tabla N°9.1	Estadística descriptiva de parámetros con bio10-90	67

Tabla N°9.2	Estadística descriptiva de parámetros con bio50-50	67
Tabla N°9.3	Estadística descriptiva de parámetros con bio25-75	67
Tabla N°9.4	Tipos de biofertilizantes en las estaciones	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 5.1	Ubicación de la zona de estudio	20
Figura N°5.2	Distribución espacial de estaciones de muestreo	20
Figura N°6.1	Características iniciales del suelo	27
Figura N°6.2	Características del suelo con aplicación de bio10-90-1° M	28
Figura N°6.3	Características del suelo con aplicación de bio50-50 -1° M	29
Figura N°6.4	Características del suelo con aplicación de bio25-75 -1°M	31
Figura N°6.5	Características del suelo con aplicación de bio10-90 -2° M	32
Figura N°6.6	Características del suelo con aplicación de bio50-50 -2° M	33
Figura N°6.7	Características del suelo con aplicación de bio25-75 -2°M	33
Figura N°6.8	Características del suelo con aplicación de bio10-90-3° M	34
Figura N°6.9	Características del suelo con aplicación de bio50-50 -3° M	35
Figura N°6.10	Características del suelo con aplicación de bio25-75-3°M	35
Figura N°6.11	Factor de recuperación de suelos salinos al aplicar bio10-90	36
Figura N°6.12	Factor de recuperación de suelos salinos al aplicar bio50-50	37
Figura N°6.13	Factor de recuperación de suelos salinos al aplicar bio25-75	38
Figura N°6.14	Comparación de características: suelo bio10-90 con SN	46
Figura N°6.15	Comparación de características: suelo bio50-50 con SN	54
Figura N°6.16	Comparación de características: suelo bio25-75 con SN	54
Figura N°9.1	Ubicación de la zona de estudio	68
Figura N°10.1	Distribución espacial de las estaciones de muestreo	72

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico N°10.1	Gráficos de probabilidad normal para pH	73
Gráfico N°10.2	Gráficos de probabilidad normal para CE	73
Gráfico N°10.3	Gráficos de probabilidad normal para materia orgánica	74
Gráfico N° 10.4	Gráficos de probabilidad normal para nitratos	74
Gráfico N°10.5	Gráficos de probabilidad normal para PSI	74

II. RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado con el propósito de aplicar los biofertilizantes para la recuperación de suelos degradados por salinidad en el distrito de Huachipa – Lima. Se ubicaron 9 estaciones de muestreo y en cada estación se aplicaron 3 tipos de biofertilizantes: bio10-90, bio50-50 y bio25-75. Se midió in situ, pH, conductividad eléctrica (CE); para el análisis de materia orgánica, nitratos, fosforo, potasio, porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y relación de adsorción de sodio (RAS), se ha realizado de acuerdo a los procedimientos descritos en la Guía de Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo de Departamento de Agricultura -Servicio de Investigación Agrícola - Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Instituto de Calidad de Suelos - USDA 1999.

De los resultados obtenidos al aplicar los biofertilizantes bio10-90, bio50-50 y bio25-75, los valores muy cercanos a los suelos en condiciones normales, se ha logrado con el bio25-75, como materia orgánica: 5.12%, el pH a 7.58, la conductividad eléctrica (CE) a 4.13 dScm^{-1} , la relación de adsorción de sodio (RAS) a 8.27 y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) a 8.44 % .

Además, los valores del Factor de recuperación son mayores que la unidad, concluyendo que el bio25-75 representa una gran alternativa para recuperar suelos degradados por la salinidad en la Zona de Huachipa - Lima estando aptos estos suelos para el cultivo de diversas clases de hortalizas.

Palabras clave: biofertilizantes, salinidad, factor de recuperación

ABSTRACT

The present work has been done with the purpose of applying biofertilizers to recover the soils degraded by salinity in the district of Huachipa-Lima. Nine sampling stations were located and within each station three types of biofertilizers were applied: bio10-90, bio50-50 and bio25-75.

In situ it was measured the pH and the electrical conductivity (EC); the analysis of the organic matter, nitrates, phosphorus, potassium and the exchangeable sodium percentage (ESP) and the sodium absorption ratio (SAR) has been carried out according to procedures described in the Guidelines for The Evaluation of the Quality and Health of the Soil of the Agricultural Department - Agricultural Research Service - Natural Resources Conservation Service of the Quality of the Soils Institute- USDA 1999.

From the results obtained by applying the biofertilizers bio 10-90, bio50-50 and bio25-75, the values were very close to soils in normal conditions, it has been achieved with the bio25-75, as organic matter: 5.12%, pH at 7.58, electrical conductivity (EC) at 4.13 dScm⁻¹, the sodium absorption ratio (SAR) at 8.27 and 8.44 % of exchangeable sodium percentage (ESP).

Besides, the values obtained from recovery factor are larger than the unity, concluding that the bio25-75 represents a great alternative to recover the soils degraded by salinity of the Area of Huachipa - Lima are soils suitable for the cultivation of diverse kinds of vegetables.

Key words: biofertilizers, salinity, recovery factor

III. INTRODUCCIÓN

3.1 Exposición del problema de investigación

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2002), señala que muchos de los alimentos del mundo se producen en tierras de regadío, existiendo la décima parte de la superficie del planeta saturada de sal, lo que conlleva a un grave problema para la seguridad alimentaria. La presencia de sales en los suelos tiene efecto directo en el desarrollo de la mayoría de los cultivos y por lo tanto constituye uno de los problemas que enfrenta la agricultura en nuestros días.

Uno efectos negativos sobre el suelo, es la salinización que provoca la disminución de la actividad biológica, la reducción en la disponibilidad de nutrientes, generando cambios en la estructura del suelo, lo que limita el desarrollo de los cultivos (Univalle, 2009).

En la zona agrícola de Huachipa se estima aproximadamente que sus suelos son susceptibles a la salinización en un 60% de los cuales 45% están en zonas secas, donde se cultiva hortalizas y tubérculos para atender las necesidades de los mercados locales. La zona se ve afectada cada vez más por ello, se busca contar con tecnologías apropiadas para desalinizar con biofertilizantes, biopolímeros y electromagnetismo. Los tratamientos más viables referente a la parte fisiológica y productividad de los suelos son los de tipo biológicos con el uso de microorganismos como son los biofertilizantes y el electromagnetismo.

Debido al manejo incorrecto del riego, la falta de drenaje apropiado en el suelo y el uso excesivo de fertilizantes químicos son los que han ocasionado zonas con excesivo contenido de sales provocando suelos salinos.

En gran parte de la región Lima se presentan esta problemática, específicamente en el Distrito de Huachipa donde se cultiva alfalfa, espinaca, lechuga, apio, coliflor, entre otras hortalizas con mucha dificultad, por lo que se propone para resolver este problema, siendo una de las alternativas la aplicación de biofertilizantes, BIO10-90, fertilizante orgánico compuesto por 10% de residuo vegetal con 90% de residuo animal, estos residuos vegetales están constituidos por desechos de residuos agropecuarias y residuos animales como el estiércol de cuy y estiércol proveniente del ganado vacuno, el BIO50-50, fertilizante orgánico compuesto 50% de residuo vegetal con 50% de residuo animal y el BIO25-75, fertilizante orgánico compuesto 25% de residuo vegetal con 75% de residuo animal, que contribuyen con el proceso de nutrición y además son regeneradores del suelo.

Actualmente, se han desarrollado varios métodos como biopolímeros y electromagnetismo para la recuperación de los suelos salinos, para los cultivos del tomate y el maíz, con resultados aceptables.

Pero hasta hoy no existen estudios que señalan como recuperar suelos salinos para cultivo de las hortalizas y legumbres mencionados anteriormente, por ello surge los biofertilizantes como una gran alternativa para recuperar suelos degradados por la salinidad.

3.1.1 Enunciado del problema

Problema General

¿Cuál es el efecto de la aplicación de los biofertilizantes en la recuperación de los suelos degradados por la salinidad en el distrito de Huachipa - Lima?

Problema Específico

- i) ¿Cuáles son los principales parámetros fisicoquímicos para la aplicación de biofertilizantes que permite recuperar los suelos degradados por la salinidad?

- ii) ¿Cuál es el valor del factor de recuperación de los suelos degradados con la aplicación de biofertilizantes?

3.1.2 Objetivos de la investigación

Objetivos

- **General**

Aplicar biofertilizantes para la recuperación de suelos degradados por salinidad en el distrito de Huachipa - Lima.

- **Específicos**

a. Determinar los principales parámetros fisicoquímicos para la aplicación de biofertilizantes que permite recuperar los suelos degradados por la salinidad.

b. Determinar el valor del factor de recuperación de los suelos degradados con la aplicación de biofertilizantes.

3.2. Importancia y justificación de la investigación

Por otro lado, el sector que se verá beneficiado con esta investigación serán los agricultores de la zona, ya que contarán con suelos disponibles para sus cultivos, siendo los biofertilizantes como un método eficiente para ser aplicado en suelos salinos.

3.2.1 Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación radica en su aplicabilidad de biofertilizantes como medida correctiva en la calidad de suelos, siendo la región Lima una zona con alto contenido de suelos salinos.

- i. Aporte tecnológico: en el campo de recuperación de suelos porque va a aplicar tecnología apropiada para el problema específico de suelos no aptos para la agricultura convirtiéndola en suelos aptos para el cultivo de hortalizas y legumbres.
- ii. Aporte económico: porque va a existir un ahorro con el uso de los biofertilizantes porque presentan menores costos que los fertilizantes químicos.
- iii. Aporte a la sociedad: porque al recuperar los suelos improductivos va a generar empleo, los agricultores de la zona mejoraran sus ingresos y además la ciudad de Lima será abastecida por las diversas hortalizas que incluye verduras y legumbres.

3.2.2 Justificación

Se justifica por la necesidad de recuperar los suelos degradados por salinidad que son grandes áreas de suelos no aptos para los cultivos y hacerlo apto para el cultivo de hortalizas, que son cultivos de primera necesidad para la alimentación de la población en la ciudad de Lima, además es un valioso aporte ya que el uso de biofertilizantes no genera impactos ambientales sobre el suelo y el ecosistema.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes del estudio

Acuña N. Oscar (2011), realizó trabajos en el Laboratorio de Bioquímica de Procesos Orgánicos del Centro de Investigaciones Agronómicas de México, referente al **Uso de biofertilizantes en la agricultura**, en donde señala que los microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate es el *Lycopersicon esculentum*.

Zuñiga Escobar Orlando et al (2011) de la Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, desarrollaron una investigación **“Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos degradados por Salinidad”**, con el objetivo de evaluar una serie de tecnologías no convencionales utilizadas en recuperación de suelos afectados por salinidad según la respuesta agronómica de un cultivo de maíz., en donde concluye que los tratamientos más efectivos en cuanto respuesta fisiológica y productividad fueron los biológicos con uso de microorganismos denominados biofertilizantes y electromagnetismo.

Terry Mill, Elein et al (2010), desarrollaron trabajos orientados al **Uso y manejo de biofertilizantes en la agricultura**, desde el punto de vista ecológico, empleando una comunidad bacteriana *Azospirillum* sp, que favorecen su aplicación como inoculantes y propician un efecto agrobiológico positivo en los cultivos agrícolas para el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del tomate. Los resultados demostraron que los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, forman parte de la comunidad microbiana de la rizosfera del tomate, en las condiciones estudiadas, y que *Azospirillum* es el género dominante.

Garza, Martha Blanca, et al. (2003), realizaron trabajos **Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la Región Central de México.**, con el objetivo de mejorar la nutrición de los cultivos agrícolas consideraron como alternativa a la fertilización química, de empleo común en la agricultura mexicana, el uso de dos bacterias fijadoras de nitrógeno y un hongo micorrízico arbuscular. En 1999 se iniciaron actividades de investigación y validación en distintas regiones agroecológicas del país para promover el uso de biofertilizantes entre los agricultores en donde se realizaron una serie de experimentos y parcelas de validación de tecnología en los que se probaron las bacterias *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium etli*, así como el hongo *Glomus intraradices* en cereales, leguminosas y cítricos. En la mayoría de las localidades de prueba y validación se registraron incrementos en la producción sobre el testigo fertilizado que fueron hasta de 60% en maíz, 85% en trigo, 74% en cebada.

4.2 Bases teóricas

4.2.1 Origen de las sales en el suelo

Las sales en el suelo pueden presentar diversos orígenes, según Salas, (2011), la fuente principal son los minerales primarios presentes en la superficie terrestre gracias a los procesos de erosión química, los cuales permiten que los constituyentes de la sal sean liberados y se hagan solubles, permitiendo su transporte a través de corrientes superficiales y subterráneas. Asimismo, otro factor que da origen a las sales es el antrópico, debido al manejo inadecuado del agua y del suelo.

De otro lado, Bizzozero (2006), asocia la existencia de las sales solubles en la corteza, no sólo a una causa antrópica, sino también a un origen marino o

litológico, al margen de las causas climatológicas y geomorfológicas. Ello se debe a que en zonas cercanas al litoral el transporte de sales es cíclico (del mar al suelo) permitiendo que la presencia de sales se acentúe, mientras que en algunos suelos el material sedimentado es de origen marino.

4.2.2 Suelos salinos

La salinidad es consecuencia de la acumulación excesiva de sales solubles (cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, nitratos de sodio, potasio, calcio y magnesio), tanto en aguas como en el suelo, que a su vez poseen un efecto negativo en las propiedades físicas y químicas de este, además de afectar el desarrollo de la vegetación.

La degradación del suelo siempre se ha manifestado como un factor limitante en el desarrollo de la agricultura. En mayoría de casos ha estado originado por el mal manejo del sistema de riego y el exceso del uso de insumos químicos.

Porta et al (2003), señalan que a lo largo del tiempo la salinización ha sido un problema permanente, recién en el último periodo del siglo XIX y comienzos del siglo XX, diversos investigadores establecieron una base conceptual al respecto. Sin embargo, no fue hasta 1954 que el United States Salinity Laboratory de Riverside logra reunir la información necesaria para el diagnóstico y manejo de este tipo de suelos.

Por otro lado, Flores et al (2012), afirman que la salinidad es un fenómeno producto de la acumulación de sales solubles en el suelo; pero en 1993, en el Seminario Cuba-México, se estableció un concepto nuevo de salinidad; como el resultado de procesos naturales y/o antrópicos presentes en todos los suelos que conducen en menor o mayor grado a una acumulación de sales, que pueden afectar la fertilidad del suelo.

Según Porta et al (2003). La salinización se refleja en un incremento en la conductividad eléctrica de la solución del suelo que tiene efectos adversos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y dificulta el crecimiento y la productividad vegetal.

4.2.3 Clases de suelos salinos

En función a las cantidades de sales y sodio se ha realizado una clasificación, según (Ibáñez, 2008):

A: Suelos no salinos, menos de 2 dS/m de conductividad, no existe ningún efecto sobre el crecimiento de las plantas. Grado de salinidad bajo.

B: Suelos no salinos, entre 2 y 4 dS/m de conductividad y existe leve efecto sobre el crecimiento de las plantas. Grado de salinidad leve.

C: Suelos salinos tienen, entre 4 y 8 dS/m de conductividad, con disminución en el rendimiento de cultivos. Grado de salinidad alto.

D: Suelos salinos, entre 8 y 16 dS/m de conductividad, en este caso son pocos los cultivos que soportan estas condiciones. Grado de salinidad muy alto.

E: Suelos que tienen más de 16 dS/m de salinidad. Grado de salinidad extremadamente alto.

TABLA N° 4.1
CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Parámetros	Salino	Normal	Sódico	Salino -Sódico
pH	< 8.5	= 8.0	> 8.5	> 8.5
C.E (dS/m)	> 4	≤ 4	< 4	>4
PSI (%)	< 15	≤ 8.5	>15	>15
RAS	< 15	≤ 8.3	>15	>15

PSI: porcentaje de sodio intercambiable

RAS: relación de adsorción de sodio

Fuente: Ibáñez, 2008.

Según Porta et al (2003), la salinidad hace referencia a sales más solubles que el yeso, por tanto, es errado señalar la calcita, el yeso o los suelos que poseen estos componentes, como suelos salinos.

TABLA 4.2
CATEGORIZACIÓN DE LOS SUELOS DE ACUERDO A LA PRESENCIA
MINERALÓGICA

MATERIAL MINERALÓGICA	CATEGORÍA
Calcita (CaCO_3)	Suelos calizos
Calcita, calcita magnésica, dolomita Suelos calizos yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Suelos calizos
Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Suelos yesosos
Sales más solubles que el yeso	Suelos salinos

Fuente: Porta et al, 2003

El suelo posee diversos grupos de sales de acuerdo a las condiciones en las que se encuentran en la naturaleza. Los grupos más frecuentes son los cloruros, sulfatos y bicarbonatos.

Es importante resaltar que, tanto el carbonato como el bicarbonato sódico son propios de los problemas de sodicidad del suelo, otorgando condiciones totalmente desfavorables para el desarrollo de cultivos (Salas, 2011).

TABLA 4.3
PRINCIPALES TIPOS DE SALES SOLUBLES

Clase	Presencia en suelos salinos	Criterios de diagnóstico
<u>Cloruros</u>	Sódico Común	- Eflorescencias blancas, sabor salado. Típico de suelos salinos.
Magnésico	Común	- Eflorescencias blancas, sabor amargo
		. Superficie del suelo húmeda mucho tiempo. Salinidad muy alta
Cálcico	Rara	- Muy poco frecuente
Potásico	Baja	- Suelos de cultivo intensivo. Salinidad provocada por exceso de fertilizantes.
<u>Sulfatos</u>		
Sódico	Común	- Eflorescencias blancas, sabor a jabón y salado Común.
Magnésico	Común	Común en suelos salinos
Potásico	Baja	- En suelos de cultivo por exceso de fertilización. Invernaderos
Carbonato sódico	Suelos sódicos	-Suelos alcalinos
Bicarbonato sódico	Suelos sódicos	- Suelos alcalinos

Fuente: Porta et al, 2003

4.2.4 Salinidad en el Perú

Según la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN realizó un estudio sobre los problemas de salinidad, existen condiciones propias que definen las características de los suelos salinos, ya sea en los valles irrigados y en los desiertos o pampas costeras. En los valles irrigados, la expansión de las áreas de cultivo y la mala aplicación del agua de riego, ha originado el ascenso del nivel freático en la parte baja. Adicionalmente, la acumulación de sales en el perfil del suelo contribuye al desarrollo de los problemas de salinidad.

En nuestras costas peruanas se ha dado con mayor problema la salinización. Básicamente es debido a las características geomorfológicas y geológicas, además de un mal manejo del agua de riego y a un deficiente drenaje de los suelos, correspondiente a los valles de las zonas costeras. Además, la existencia de una alta tasa de evapotranspiración y precipitación mínima, hacen de la costa un espacio ideal para almacenar un alto contenido de sales, que quedan retenidas en el suelo.

4.2.5 Procesos que favorecen la salinización del suelo

Según Restrepo, 2001, los procesos que favorecen la salinización son los siguientes:

- ✓ Calidad del agua de riego y su manejo. La fuente principal del cloruro, el boro y el sodio es, en muchos casos, el agua de riego. El manejo correcto del riego puede reducir la toxicidad de estos elementos.
- ✓ Bombeo exagerado, sobre todo de pozos cercanos al mar.
- ✓ Lluvias escasas. Una baja pluviometría no asegura el lavado de las sales que se acumulan en el suelo como resultado del riego. No hay aportes de agua a los acuíferos. Se usa agua de menor calidad.
- ✓ Alta evaporación. En regiones con una tasa alta de evaporación las sales se concentran en la capa superior del suelo.

- ✓ Capa freática superficial. Las sales que contiene el agua que llega con facilidad a la superficie del suelo por capilaridad se concentran en la capa superior del suelo.
- ✓ Tipo de suelo. Suelos arcillosos tienden a salinizarse con más facilidad.

4.2.6 Efectos en los suelos por la salinidad

De acuerdo a Porta, 2013 los efectos son:

➤ Efecto osmótico:

Las raíces absorben el líquido hasta el punto de marchitarse, cuando la salinidad de la solución del suelo es mayor que los líquidos de las células vegetales.

➤ Efecto hídrico:

En los suelos salinos se presenta el efecto de la plasmólisis ya que las condiciones de medio celular son hipertónicas, provocando que la célula pierda agua y disminuya su volumen.

➤ Efecto nutricional:

La salinidad altera el pH del suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes y las interacciones ocasionadas por el exceso de algunos elementos provocando el bloqueó de otros nutrientes.

➤ Efecto tóxico:

Se da con iones de calcio y sodio, donde el sodio provoca la pérdida de la estructura del suelo y un bajo crecimiento de la planta por falta de oxígeno.

4.2.7 Biofertilizantes

Acuña, (2011), define que los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos (bacterias y hongos), que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, además son regeneradores del suelo.

Estos microorganismos se encuentran de forma natural en suelos que no han sido afectados por el uso excesivo de fertilizantes químicos u otros agroquímicos, que disminuyen o eliminan dicha población.

4.2.8 Características de los biofertilizantes.

Según, Albuja et al (2011), señala que los desechos orgánicos más comunes se encuentran los desechos de animales (estiércol). El desecho vegetal por otro lado tiene la desventaja de no poseer estas bacterias desde el inicio y su descomposición es mucho más lenta y difícil. Es por ello que por lo general se mezcla el desecho vegetal en 25% con el desecho animal en 75%.

La calidad del sustrato es un factor que tiene una importante influencia en la calidad del biofertilizantes, ya que depende de la cantidad de grasas, proteínas, hidratos de carbono y nutrientes que tenga la biomasa.

4.2.9 Materia prima para obtención de un biofertilizante

Según Albuja, et al., (2011), la materia prima para obtención de un biofertilizante se encuentra en los residuos animales como en los residuos vegetales ya que en esta biomasa se encuentran las grasas, proteínas, hidratos de carbono y nutrientes. Afirma, Decara, et al., 2004, el uso del estiércol animal como el fertilizante más económico para los productores agrícolas y que permite remediar problemas de fertilidad del suelo, mejorando su capacidad de retención de agua, lo que favorece el desarrollo de las plantas y la obtención de una mayor capacidad productiva. Según Decara, et

al., 2004, señalan que el estiércol es muy recomendable para utilizar como materia prima para la obtención de biofertilizantes, como el estiércol del ganado vacuno, por lo que presenta menor riesgo para la salud.

Para Decara, et al., 2004, el biofertilizante es un producto de la digestión de materia orgánica, es decir, un proceso de fermentación de la materia orgánica y en el cual intervienen los microorganismos. Cuando se prepara un biofertilizante lo que se ve en la fermentación es la espuma que se forma en la superficie. La fermentación puede ser anaeróbica o aeróbica. Cuando ocurre la fermentación sin oxígeno se llama anaeróbica, lo cual origina una intensa actividad de los microorganismos que transforman los materiales orgánicos y producen vitaminas, ácidos y minerales complejos, indispensables para el metabolismo y nutrición de la planta (López,2003).

Según García, 2010, en la fermentación aeróbica, se desarrolla con la presencia de oxígeno. Los fermentados aeróbicos son abonos orgánicos líquidos y sólidos con muchos minerales, nutrientes, preparados a base de estiércol fresco que puede estar disuelto en agua.

Pupiales, et al., 2009, han realizado estudios para la obtención de fertilizantes mediante procesos con aire y sin aire llamados también aeróbicos y anaeróbicos, en base de aminoácidos que son moléculas orgánicas con grupo amino y carboxilo, donde se empleó una digestión anaerobia. En este estudio se probaron diferentes tipos de preparación sólida de estiércol vacuno, aguas residuales y cultivos de ácido láctico, con diferentes concentraciones de spirulina para obtener la mejor relación inóculo/sustrato, durante 8 días y debido a la acción de las enzimas provenientes del metabolismo bacteriano, se obtuvo un producto con una concentración de aminoácidos libres de 3,23 g/L. Por su alto contenido proteínico, la spirulina platensis es un microorganismo apto para la elaboración de un biofertilizante a base de aminoácidos libres lo cuál representó un método más económico para la elaboración de biofertilizante que contribuye al crecimiento de cultivos.

4.2.10 Fertilizante orgánico- fertilizante químico

Según Rodríguez y López, 2009; señalan que el uso de los fertilizantes químicos fue incrementándose, sin considerar los efectos negativos sobre el suelo. En la actualidad debido al grado de infertilidad que presentan los suelos existe el uso indiscriminado de fertilizantes químicos. Por esta razón cientos de investigaciones buscan comparar el uso de fertilizantes orgánicos frente a fertilizantes químicos, con la finalidad de reducir el uso de los fertilizantes químicos. Los resultados fueron positivos cuando se utilizaron el fertilizante orgánico elaborado a partir de residuos sólidos de estiércol vacuno + melaza + urea.

López, 2008, señala que, en México, en el periodo del 2001 al 2003 se evaluaron tratamientos con estiércol, fertilizante químico y la combinación de estiércol o compost, obteniéndose como resultado que es posible sustituir parcial o totalmente el fertilizante químico por estiércol o compost.

Los abonos orgánicos se consideran como materiales de lenta liberación que aportan sus nutrientes a través del tiempo, (Díaz et al, 2008). Por otra parte, según Fortis, 2009, un compost con desechos sólidos de la industria azucarera como alternativa para restaurar la fertilidad de un suelo degradado y suplir los requerimientos nutricionales del cultivo de maíz, realizaron una comparación entre un fertilizante químico convencional, el biofertilizante y una mezcla de ambos. Los mayores rendimientos en el grano se obtuvieron con la mezcla realizada entre el biofertilizante y el fertilizante químico.

4.2.11 Principales funciones de los biofertilizantes

Las principales funciones de los biofertilizantes son: (López,2008)

- Fijadores de nitrógeno para la alimentación de la planta.

- Incrementan la solubilización y la absorción de nutrientes, como el fósforo y el zinc.
- Protectores de la planta ante microorganismos patógenos del suelo.
- Estimulan el crecimiento del sistema radicular de la planta.
- Mejoradores y regeneradores del suelo.

Alarcón, A., et al (2012), señalan las principales funciones de los microorganismos del suelo son:

- Desarrollo de la estabilidad de los suelos.
- Reciclaje de los residuos orgánicos.
- Transformación del fósforo del suelo.
- Control de microorganismos dañinos.
- Materia prima para la obtención de productos naturales.

4.2.12 Utilidad de los biofertilizantes

Alarcón, A., et al (2012). Señalan que se utilizan los biofertilizantes para aplicar a las semillas o al suelo, con el objetivo de incrementar el número de microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

En la actualidad existe la necesidad de establecer prácticas que permitan mantener el nivel de productividad de los suelos, incrementar la producción agrícola y preservar los ecosistemas en el tiempo (Díaz et al, 2008). Los biofertilizantes a base de aminoácidos constituyen una importante fuente de elementos indispensables para el desarrollo de las plantas, y facilitan su asimilación en los tejidos vegetales (Pupiales, et al., 2009).

Además, estas acciones incluyen en la estimulación de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, mejoras en la salud de las plantas y en la

calidad estructural del suelo, factores claves de su fertilidad (Salamanca, 2009).

Para Decara, et al., 2004, la utilización de biofertilizantes para nutrir las plantas es una gran ventaja para la agricultura moderna, ya que constituyen una oportunidad para desarrollar y expandir el potencial productivo de los suelos y brindar una elevada calidad nutricional a los alimentos, sin afectar al medio ambiente. Se pueden producir esos biofertilizantes con elementos que existen en el medio de quien esté cultivando.

Los biofertilizantes están orientados más a los cultivos como las hortalizas, verduras y leguminosas por su capacidad que cuentan los biofertilizantes para fijar altas cantidades de nitrógeno atmosférico (Wong y Jiménez, 2009).

4.2.13 Biofertilizantes utilizados en la agricultura

Para Garza, et al 2003, los biofertilizantes más comunes son:

Micorrizas: son interacciones biológicas entre hongos y raíces de plantas superiores donde la planta suministra carbohidratos al hongo y éste a su vez contribuye a la absorción de nutrientes y agua por el vegetal.

Azotobacter: son bacterias que poseen un complejo enzimático capaz de reducir el nitrógeno del aire a amonio para ser asimilado por las plantas.

Fosforina: son bacterias del género bacillus que tienen la cualidad de producir ácidos orgánicos, enzimas y otras sustancias capaces de solubilizar el fósforo del suelo y ponerlo a disposición de la planta.

4.2.14 Beneficios del uso de los biofertilizantes

Los biofertilizantes tienen funciones muy importantes en el suelo, directamente en el desarrollo de la actividad agrícola sostenible con el medio ambiente y los agricultores haciendo más productiva y proporciona los siguientes beneficios. (García, 2010).

- Las plantas aumentan su capacidad para absorber agua y nutrientes del suelo.
- Se incrementa el crecimiento de las plantas, lo que da por resultado plantas más vigorosas.
- Se puede reducir la cantidad de fertilizantes químicos manteniendo los rendimientos.
- Su uso es compatible con la producción orgánica de los cultivos y ejerce un biocontrol de fitopatógenos del suelo. Por otra parte, se tiene una reducción de la contaminación ambiental a través de la disminución del uso de plaguicidas y fertilizantes químicos.

Los costos de los biofertilizantes son menores que los fertilizantes químicos; debido a que en los suelos existen muchos microorganismos para que la planta asimile los nutrientes.

4.3 Factor de recuperación

También es conocido por Factor de Remediación (RC) o Bioaccumulation factor (BAF). Es la proporción del elemento absorbido con respecto a la superficie del suelo (Vyslouzilova et al., 2003). También es la concentración del elemento absorbido entre la concentración inicial del elemento con respecto al área del suelo. Este índice puede otorgar una indicación si el suelo está apto para cultivos. Si este índice es mayor que 1, el objetivo de la recuperación se da por cumplido y si este índice es menor a uno, también podría ser aceptable, ya que indica continuar con el tratamiento hasta alcanzar la unidad.

4.4 Definición de términos básicos

- **Biofertilizante** es un fertilizante orgánico natural que ayuda a proporcionar a las plantas todos los nutrientes que necesitan y a mejorar la calidad del suelo, para mejorar el rendimiento de los cultivos.
- **Degradación del suelo:** Es la pérdida parcial o total de la productividad del suelo, como consecuencia de procesos como la erosión, la desertificación, la salinidad o la contaminación.
- **ECA:** Estándar de Calidad Ambiental
- **Edafología:** Ciencia que estudia el suelo desde el punto de vista de su origen, constitución.
- **Estructura:** Es una propiedad del suelo, determinada por la forma en que se asocian las partículas elementales del suelo, arena, limo y arcilla, para formar agregados.
- **Lixiviación:** Es un proceso físico de transferencia de materia que ocurre cuando un solvente líquido atraviesa un sólido.
- **Permeabilidad:** Es una propiedad del suelo, asociada a la porosidad. Es la facilidad que tiene el suelo para dejarse penetrar por los fluidos.
- **Porosidad:** Es una propiedad del suelo, determinada como consecuencia de la textura y estructura del suelo, es decir espacios vacíos o poros.
- **RAS:** Es la relación de absorción de sodio, un parámetro que refleja la influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos en la permeabilidad.
- **Suelo:** Material compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.
- **Textura:** Es una propiedad del suelo, determinada por la proporción en la que se encuentran las partículas elementales de varias dimensiones que lo conforman.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

- Agitadores magnéticos
- Baguetas
- Cucharon de muestreo
- Desecador de muestras
- Espátulas de diferentes tamaños
- Fiolas de 50ml, 100ml.
- Frascos de polietileno con tapa hermética de 100ml
- Frascos de vidrio con tapa hermética de 100ml
- Lunas de reloj de 6cm y 2 cm de diámetro
- Papel de filtro
- Pipetas de 5, 10ml
- Piscetas
- Probetas de 50ml, 100ml
- Termómetros
- Vasos de precipitado de 50 ml, 100ml

5.1.1 Equipos

- Balanza analítica Mettler PB303-5 +/- 0,0001
- Espectrofotómetro UV-VIS Perkin Elmer
- Equipo portátil Combibox, (Temperatura, pH, Conductividad)
- Equipo Soxhlet.

5.1.2 Reactivos

- $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- Acetato de amonio

- Ácido ascórbico
- Anaranjado de metilo
- Biftalato ácido de potasio
- Fenolftaleína al 1% en etanol
- H₂SO₄
- HCl 0.1N
- Hipoclorito de sodio al 5,25 %
- K₂Cr₂O₇
- KCl 0.01M
- Molibdato de amonio
- (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ (6H₂O)
- Na₂CO₃
- NaOH (s)
- NaOH 0.1N
- NH₄F 0.03 M
- Tartrato de antimonio, potasio ácido sulfúrico

5.2 La población de la investigación y la muestra

- Población: Áreas de terrenos ubicados en Huachipa
- Muestra: Zonas afectadas por la salinidad
- Muestreo: Probabilístico, aleatorio
- Unidad de análisis: Secciones de suelos salinos

5.2.1 Descripción de la zona de estudio

Huachipa actualmente es un distrito que pertenece a la Provincia de Lima. Situada cerca al cauce del río Huaycoloro, limita por el Norte con el

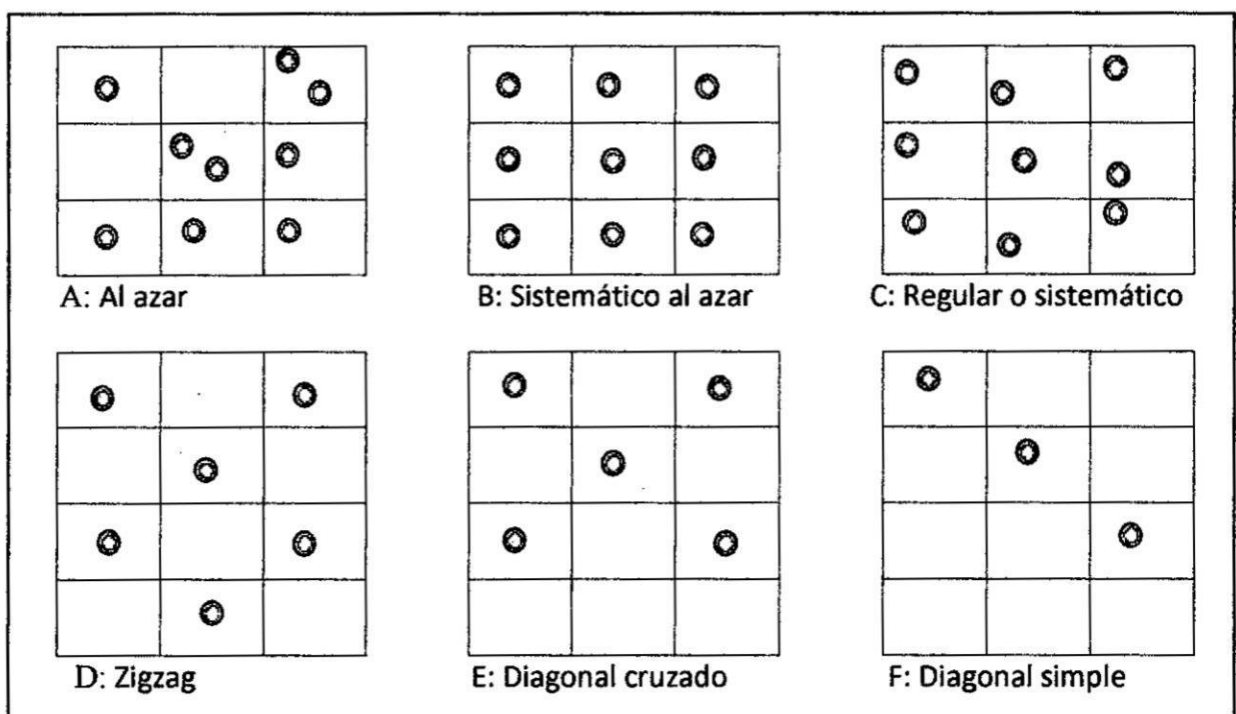
El muestreo de suelos tiene como objetivo principal el representar el área total afectada por la salinidad mediante la extracción estratégica de porciones de suelo, las cuales hipotéticamente se comportan como el volumen total.

Ormazabal, F y Larrañaga, E, 1998 indican que el muestreo de suelos está condicionado por tres factores:

1. Los objetivos de la investigación a realizar
2. La información previa que se dispone sobre el sistema a estudiar
3. El tiempo, el dinero y esfuerzos que pueden dedicarse a la investigación.

La distribución espacial de los puntos de muestreo o estaciones de muestreo se realiza según criterio del investigador, pudiendo ser:

FIGURA N° 5.2
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO



Fuente: Ormazabal, F y Larrañaga, E, 1998

Se ubicaron 9 estaciones según la distribución espacial B: Sistemático al azar y en cada estación se aplicaron 3 tipos de biofertilizantes: bio10-90 (A), bio50-50 (B) y bio25-75 (C), que resulta de mezclar 10% de residuo vegetal con 90% de residuo animal, para bio10-90 (A), igualmente para el tipo B y C con sus respectivos porcentajes.

5.3.1 Obtención de muestras

Se tomó muestras de los suelos en 9 estaciones. Se recolectó aproximadamente 1kg de muestra de suelo a una profundidad de 0-30cm.

TABLA N°5.1

TIPOS DE BIOFERTILIZANTES EN LAS ESTACIONES

TIPOS DE BIOFERTILIZANTES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
BIO10-90 (A)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BIO50-50 (B)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BIO25-75 (C)	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia

Los biofertilizantes aplicados para el estudio son:

- ✓ BIO10-90 (A): fertilizante orgánico compuesto por 10% de residuo vegetal con 90% de residuo animal, los residuos vegetales constituidos por desechos de procedente de residuos agropecuarias y residuos animales como el estiércol de cuy y estiércol proveniente del ganado vacuno.

- ✓ BIO50-50 (B): fertilizante orgánico compuesto 50% de residuo vegetal con 50% de residuo animal.
- ✓ BIO25-75 (C): fertilizante orgánico compuesto 25% de residuo vegetal con 75% de residuo animal.

5.3.2 Análisis químicos de suelos

Se utilizó los procedimientos descritos en la Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo de Departamento de Agricultura -Servicio de Investigación Agrícola - Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Instituto de Calidad de Suelos USDA 1999 para las mediciones de:

- Determinación de pH
- Materia orgánica
- Nitratos
- Fosforo
- Potasio
- PSI (porcentaje de Sodio intercambiable)
- Medición de la Salinidad por conductibilidad eléctrica (CE)
- Relación de Adsorción de sodio (RAS)

5.3.3 Determinación de las características de los suelos

➤ Materia Orgánica

El porcentaje de materia orgánica total en el suelo se determinó por el método de Walkley y Black., que consiste en que la materia orgánica del suelo se digesta con $K_2Cr_2O_7$ y H_2SO_4 .

El calor liberado por la reacción, al diluirse el H_2SO_4 , ayuda al proceso de oxidación. El exceso de $K_2Cr_2O_7$ sin reducir es determinado por valoración con sulfato ferroso amónico $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$.

La cantidad de carbono oxidado se calcula a partir de la cantidad de dicromato reducido, de este dato se deduce la materia orgánica oxidable.

**TABLA N° 5.2
CLASIFICACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA**

Clase	Materia orgánica (%)
Extremadamente pobre	< 0.6
Pobre	0.6 – 1.2
Medianamente pobre	1.21 – 1.8
Medio	1.81 – 2.4
Medianamente rico	2.41 – 3.0
Rico	3.1 – 4.2
Extremadamente rico	>4.21

Fuente: Velazco M.H, 1983. Guía para interpretar el análisis químico del suelo

➤ **Nitratos (NO_3^-) del Suelo**

Para medir los nitratos del suelo se utilizó una muestra preparada para los ensayos de CE y pH. Se plegó el papel de filtro por la mitad (haciendo un semicírculo). Luego se abrió el papel de filtro, dándole forma de cono, y se colocó dentro del vaso con la mezcla de suelo-agua hasta que toque el fondo del vaso, se esperó hasta que la solución haya filtrado hacia el interior del papel de filtro.

Los nitratos son una buena medida del nitrógeno disponible para las plantas, pero pueden desaparecer rápidamente por lixiviado y volatilización, usando el cuentagotas y una cinta de chequeo de nitratos/nitritos se dejó caer 1 ó 2 gotas de la solución filtrada y se realizó la lectura después de 60 segundos, se comparó el extremo de la banda sensible con la escala de nitratos. Se estimó la cantidad de nitratos de acuerdo con el cambio de color. Este valor

es una estimación de la concentración de N en nitratos en el extracto en ppm.

CÁLCULOS:

$$\text{g N en NO}_3/\text{m} = \frac{(\text{ppm N en NO}_3) \times (\text{profundidad del suelo muestreado, cm}) \times \text{densidad} \times 0.89}{10}$$

➤ **Determinación de fósforo en suelo**

Método de azul de molibdeno

Solución A

Se preparó la solución A: 60g de molibdato de amonio en 200 ml de agua con 1.455 g de tartrato de antimonio y potasio, luego se agregó lentamente y con agitación suave, 700 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se enrasó con agua a un volumen de 1 L.

Solución B

Se disolvió 132 g de ácido ascórbico hasta completar un volumen de 1 L. Se guardó ambas soluciones en la nevera. Se preparó la solución de trabajo a partir de estas dos soluciones.

Solución patrón: Fosfato dihidrogenado de potasio.

Se secó 2 g de fosfato dihidrogenado de potasio por una hora a 105°C.

Se pesó 0.2195 g de fosfato dihidrogenado de potasio y se disolvió en agua

Se tomó 25 ml de la solución A y se mezcló con 10ml de la solución B y se llevó a un 1L.

De esta solución se tomó alícuotas de 1,2,4,8,12, y 16 ml y se diluyó a 100 ml. Se mezcló y se esperó 15 minutos para el desarrollo del color. Se calibró el espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 nm. Se tomó las lecturas de la concentración de fósforo en la muestra en ppm.

➤ **Determinación del potasio en el suelo**

Las formas más disponibles para la planta son el potasio soluble y el potasio intercambiable el cual está asociado con la materia orgánica y arcillas. Estas dos formas están en un equilibrio dinámico en el suelo,

Para obtener la solución de HCl 0,1 M y NH₄F 0.03 M, primero se preparó con 1 g de NH₄F en 16.64 ml de 6 M de HCl y completar el volumen a 1L con el agua. Luego se pesó 2.85 g de suelo, se agregó 20 ml de la solución de HCl 0,1 M y NH₄F 0.03 M, se agitó durante 40 segundos, se filtró la suspensión a través de papel filtro y luego se determinó el potasio en el extracto por espectrofotometría.

➤ **pH del suelo**

Para llevar a cabo el ensayo de pH, se utilizó la misma mezcla suelo – agua, preparada para el ensayo de CE, el medidor de pH se calibró con una solución tampón (buffer), se tomó la muestra suelo-agua en una relación 1:1 en base a volúmenes, se colocó el medidor por 5 minutos antes de realizarse las lecturas. luego se lavó el electrodo con agua destilada y se colocó el electrodo en la solución tampón de pH =7.

➤ **Conductividad eléctrica**

Las muestras de suelo para conductividad eléctrica (CE) han sido tomadas a una profundidad de 0 a 10 cm. se utilizó una solución de calibración de 0.01M KCl y agua destilada. Se agregó agua a la muestra y se mezcló. La resultante de la mezcla suelo / agua corresponde a una relación 1:1 de suelo - agua en base a volúmenes y se agitó vigorosamente hasta 25 veces. Se realizó la lectura mientras las partículas del suelo estuvieron suspendidas en la solución. La lectura de CE en dS/m.

TABLA N° 5.3
SUELOS SALINOS SEGÚN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Clasificación	CE en dS/m a 25°C
No salino	0 – 2
Ligeramente salino	2 – 4
Moderadamente salino	4 – 8
Fuertemente salino	8 – 16
Extremadamente salino	> 16

Fuente: Flores, 2012

➤ **Relación de Adsorción de Sodio (RAS)**

Se calcula según la ecuación:

$$\frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}}$$

La importancia de medir el RAS radica en que el ion sodio tiene por característica una fuerte tendencia a desestabilizar la estructura del suelo, causando anorexia en las plantas.

Para calcular el valor de RAS, se determina la concentración de Calcio, Magnesio y Sodio, se desplazan los cationes intercambiables con una solución de acetato de amonio. Se mide la concentración de cada catión por medio de absorción atómica.

Se pesó 77.08 g de acetato de amonio y se disolvió en 500 ml de agua y se tiene acetato de amonio de 1 M a pH 7

Se pesó 5 g de suelo en un erlenmeyer de 125 ml., luego se agregó 25 ml de acetato de amonio 1 M, se filtró y el filtrado se recoge en balones volumétricos de 100 ml. Este filtrado constituye el extracto de suelo a partir del cual, se determinan los cationes cambiabiles (Ca, Mg, Na) por absorción atómica.

➤ **Determinación del PSI (porcentaje de sodio intercambiable)**

Para el cálculo del PSI se necesita determinar el contenido de sodio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. Representa el porcentaje de sodio respecto a los demás cationes adsorbidos y se expresa en forma de porcentaje:

$$\text{PSI} = 100 \times \text{Na} / \text{CIC (cmol/kg o meq/100g)}$$

➤ **Determinación de Capacidad Intercambio Catiónico (CIC)**

Para determinar la CIC del suelo se satura la muestra de suelo con un exceso de acetato de amonio. Luego se lavó el suelo con alcohol etílico para eliminar el exceso de amonio en la solución del suelo. El amonio se lixivia el suelo con una solución de cloruro de sodio para desplazar el amonio y se mide la concentración de amonio en el extracto por titulación con hidróxido de sodio, luego se pesó 10 mg de NaCl y se completó a volumen de 100 ml con agua.

Procedimiento

Se lavó el suelo que queda en el embudo después de obtener el extracto de acetato de amonio para determinar CIC con 5 porciones de alcohol etílico del 96 % neutralizado desechándose luego estos lavados. Se desplazó el amonio intercambiable mediante 5 lavados de 10 ml cada uno de NaCl al 10 % los cuales son recogidos en erlenmeyer de 125 ml. Después de finalizar la

filtración al vacío se agregó 10 ml de formaldehído al 38 % y 3 gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 M hasta un color rosado pálido.

Se calculó el CIC, según la ecuación:

$$\text{CIC} = ([\text{Na}^+] [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) \times 100$$

Todas las concentraciones están en miliequivalentes/litro

5.4 Técnicas de análisis estadístico de datos

Para analizar los datos obtenidos se aplicó los análisis estadísticos descriptiva, correlación de Pearson, gráficos de normalidad, en donde se compararon el efecto de aplicar los diferentes biofertilizantes BIO10-90 (A), BIO50-50 (B) y BIO25-75 (C) con las concentraciones de nitratos, fósforo, potasio, el porcentaje de materia orgánica y los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), así como también la correlación positiva de la relación de adsorción de sodio (RAS) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Estos análisis se realizaron utilizando el software SPSS 22.

VI.RESULTADOS

6.1 Características inicial del suelo

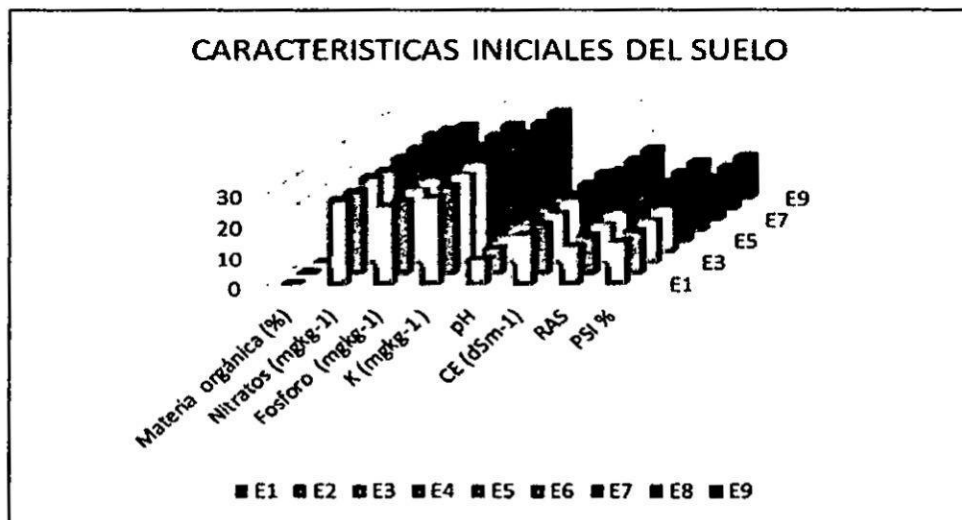
Los parámetros medidos en las nueve estaciones antes de aplicar los biofertilizantes son las características iniciales del suelo.

TABLA N°6.1
CARACTERISTICAS INICIALES DEL SUELO

PARAMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	0.91	0.86	0.82	0.92	0.87	0.85	0.90	0.85	0.93
Nitratos (mgkg-1)	28.12	27.16	28.20	26.92	27.58	27.16	28.17	26.56	24.18
Fosforo (mgkg-1)	25.60	23.95	24.15	23.45	24.22	22.43	24.54	24.32	24.56
K (mgkg-1)	28.45	28.72	28.89	28.68	28.44	28.52	28.64	28.63	28.72
pH	8.62	8.65	8.68	8.63	8.63	8.60	8.65	8.62	8.65
CE (dSm-1)	16.54	16.52	16.48	16.46	16.45	16.49	16.47	16.43	16.42
RAS	12.82	12.78	12.67	12.81	12.41	12.34	12.65	12.45	12.40
PSI %	14.29	14.23	14.12	14.15	14.30	14.16	14.18	14.14	14.18

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.1
CARACTERISTICAS INICIALES DEL SUELO



Fuente: Elaboración propia

6.2 Características del suelo con aplicación de biofertilizantes

Se aplicó los biofertilizantes por cada estación 2kg de Bio10-90 (A), 2kg de Bio50-50 (B) y 2kg de Bio25-75 (C), en la primera semana del mes de junio del 2017.

PRIMER MONITOREO:

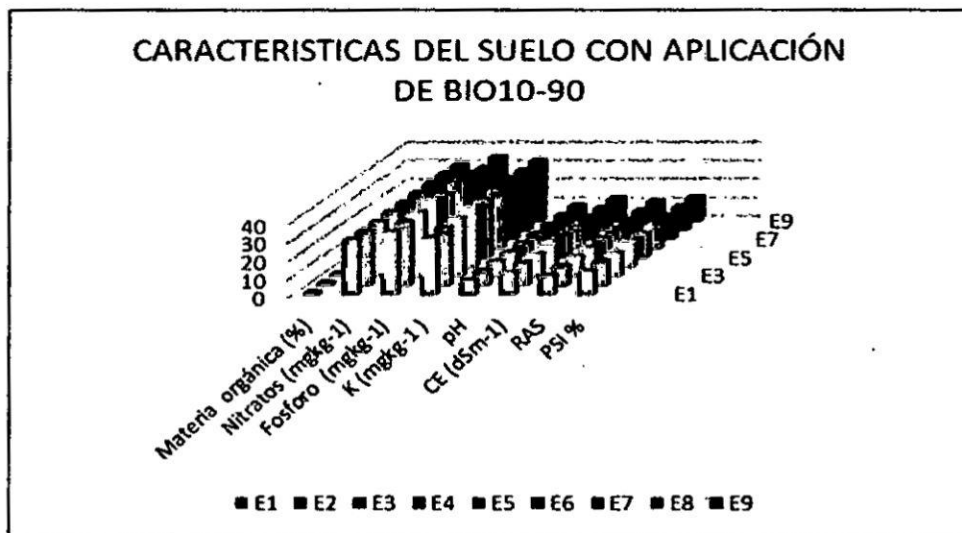
Se realizó en la primera semana del mes de agosto del 2017

TABLA N° 6.2
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO10-90(A)

PARÁMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	1.94	1.86	1.92	1.85	1.87	1.85	1.83	1.89	1.84
Nitratos (mgkg ⁻¹)	30.50	30.10	30.20	30.45	30.50	30.75	30.80	30.75	30.25
Fosforo (mgkg ⁻¹)	34.60	34.95	35.15	36.45	35.15	36.45	36.40	34.10	35.15
K (mgkg ⁻¹)	31.50	31.82	32.12	32.55	31.74	32.50	33.52	32.75	32.85
pH	8.50	8.52	8.55	8.52	8.54	8.55	8.53	8.52	8.52
CE (dSm ⁻¹)	12.70	12.73	12.76	12.74	12.71	12.58	12.62	12.65	12.56
RAS	11.12	11.18	11.15	11.16	11.18	11.12	11.15	11.15	11.18
PSI %	13.45	13.48	13.28	13.65	13.53	13.42	13.35	13.25	13.29

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.2
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO10-90(A)



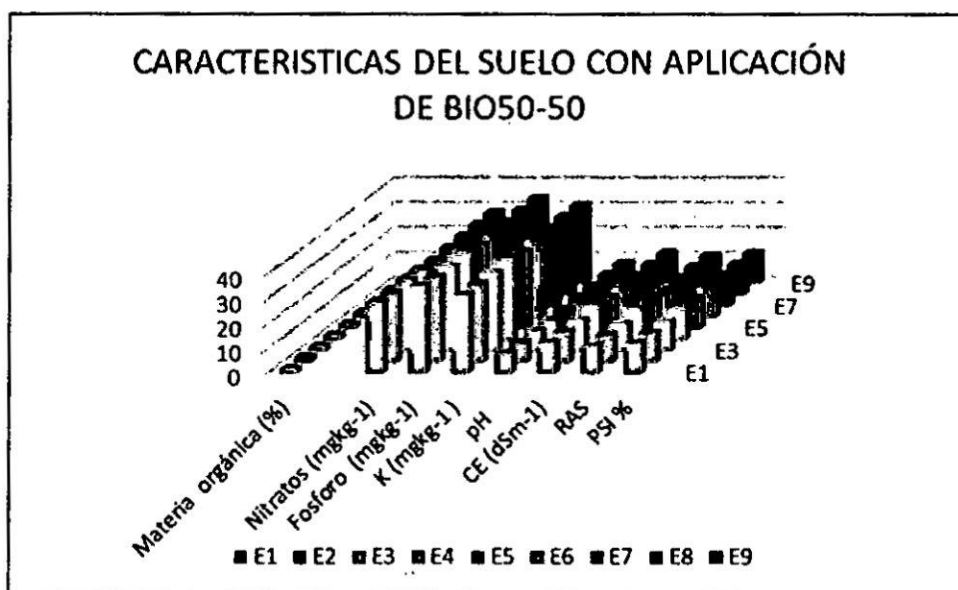
Fuente: Elaboración propia

TABLA N°6.3
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO50-50(B)

PARÁMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	2.30	2.46	2.42	2.26	2.34	2.35	2.37	2.41	2.39
Nitratos (mgkg ⁻¹)	29.20	28.10	28.90	28.50	28.10	28.45	28.80	28.75	28.80
Fosforo (mgkg ⁻¹)	35.50	34.40	34.10	34.40	34.20	34.35	34.30	34.35	34.50
K (mgkg ⁻¹)	31.75	31.70	31.86	31.56	31.58	31.57	31.96	31.85	31.95
pH	8.42	8.45	8.42	8.44	8.40	8.44	8.43	8.42	8.43
CE (dSm ⁻¹)	12.72	12.74	12.87	12.89	12.79	12.64	12.63	12.74	12.70
RAS	11.48	11.52	11.40	11.70	11.69	11.43	11.70	11.62	11.63
PSI %	12.41	12.40	12.30	12.27	12.49	12.50	12.90	12.65	12.80

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.3
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO50-50(B)



Fuente: Elaboración propia

TABLA N°6.4

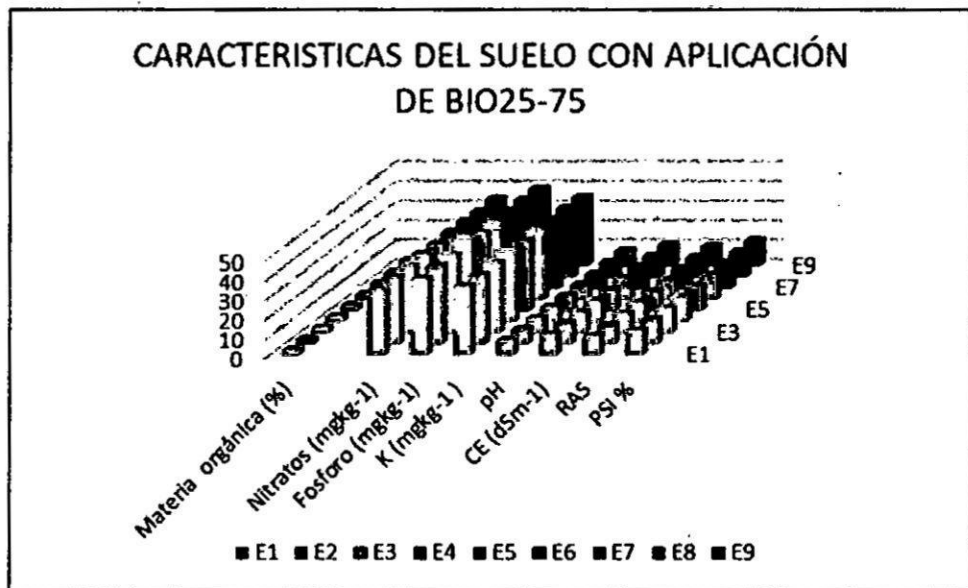
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO25-75(C)

PARAMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	3.06	3.08	3.14	3.12	3.14	3.12	3.10	3.08	3.13
Nitratos (mgkg ⁻¹)	33.90	34.60	34.10	34.90	34.20	34.80	34.75	34.10	34.74
Fosforo (mgkg ⁻¹)	39.50	39.90	40.20	42.50	39.80	39.70	40.10	39.80	39.80
K (mgkg ⁻¹)	35.72	35.70	35.75	35.82	35.78	35.70	35.84	35.80	35.68
Ph	8.02	7.98	8.01	8.00	7.99	7.97	7.99	8.01	7.96
CE (dSm ⁻¹)	11.10	11.12	11.14	11.18	11.05	11.19	11.21	11.10	11.15
RAS	10.20	10.14	10.40	10.15	10.28	10.32	10.35	10.28	10.22
PSI %	13.05	13.02	13.09	13.08	13.06	13.02	13.08	13.05	13.09

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.4

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO25-75(C)



Fuente: Elaboración propia

Handwritten signature

SEGUNDO MONITOREO:

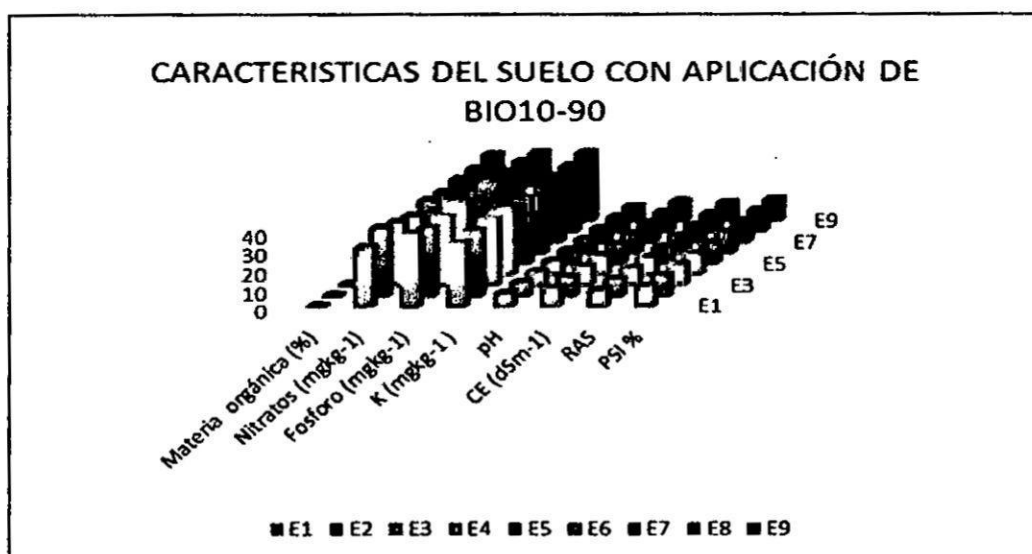
Se realizó en la primera semana del mes de octubre del 2017

TABLA N°6.5
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO10-90 (A)

PARAMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	2.14	2.16	2.12	2.12	2.17	2.15	2.10	2.15	2.13
Nitratos (mgkg ⁻¹)	32.50	36.10	34.20	31.90	34.45	33.28	34.50	34.45	36.18
Fosforo (mgkg ⁻¹)	39.60	36.95	37.15	38.45	38.12	38.45	38.30	38.12	37.14
K (mgkg ⁻¹)	34.60	35.64	35.84	34.79	35.85	35.75	35.85	35.65	37.16
Ph	8.40	8.45	8.43	8.45	8.45	8.42	8.45	8.44	8.42
CE (dSm ⁻¹)	11.14	11.18	11.14	11.10	11.15	11.14	11.18	11.15	11.19
RAS	10.12	10.14	10.17	10.16	10.11	10.12	10.15	10.45	10.48
PSI %	12.05	12.08	12.07	12.08	12.06	12.02	12.05	12.05	12.09

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.5
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO10-90(A)



Fuente: Elaboración propia

TABLA N°6.6

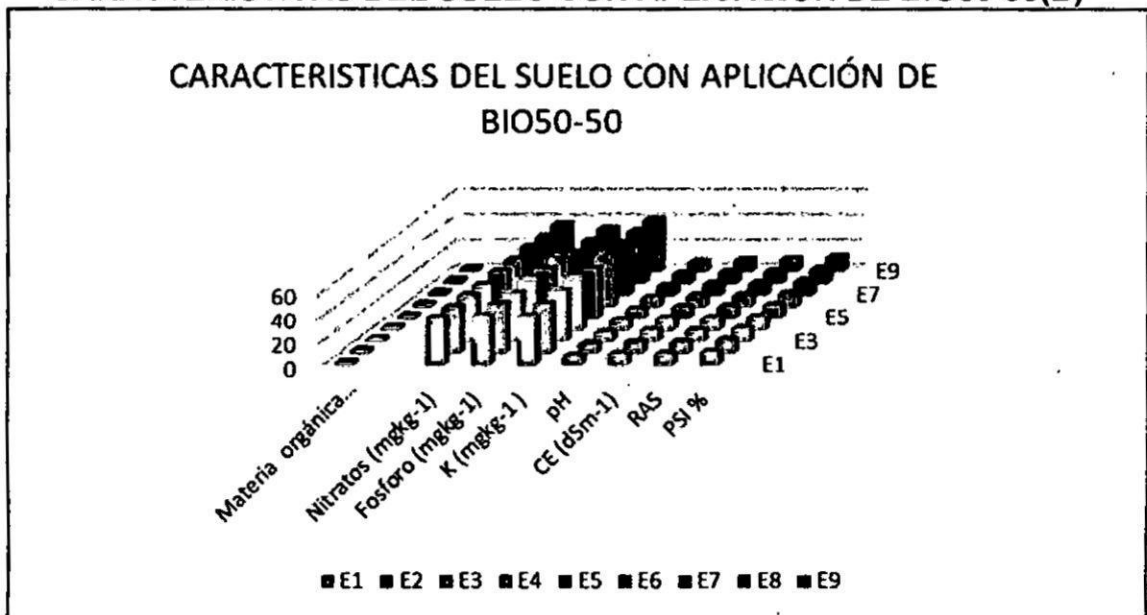
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO50-50(B)

PARÁMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	3.30	3.46	3.42	3.12	3.14	3.15	3.15	3.25	3.23
Nitratos (mgkg ⁻¹)	39.10	38.06	38.40	37.14	38.50	38.19	39.11	37.50	38.18
Fosforo (mgkg ⁻¹)	40.60	40.95	40.15	40.45	40.22	40.43	34.54	34.32	34.56
K (mgkg ⁻¹)	40.56	40.75	41.68	41.64	40.65	41.95	41.90	41.70	41.50
Ph	8.11	8.15	8.13	8.23	8.15	8.12	8.16	8.18	8.19
CE (dSm ⁻¹)	9.67	9.72	9.88	9.86	9.75	9.59	9.57	9.54	9.65
RAS	9.80	9.48	9.87	9.96	9.94	9.85	9.75	9.95	9.90
PSI %	11.29	11.23	11.12	11.15	11.37	11.45	11.84	11.57	11.78

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.6

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO50-50(B)



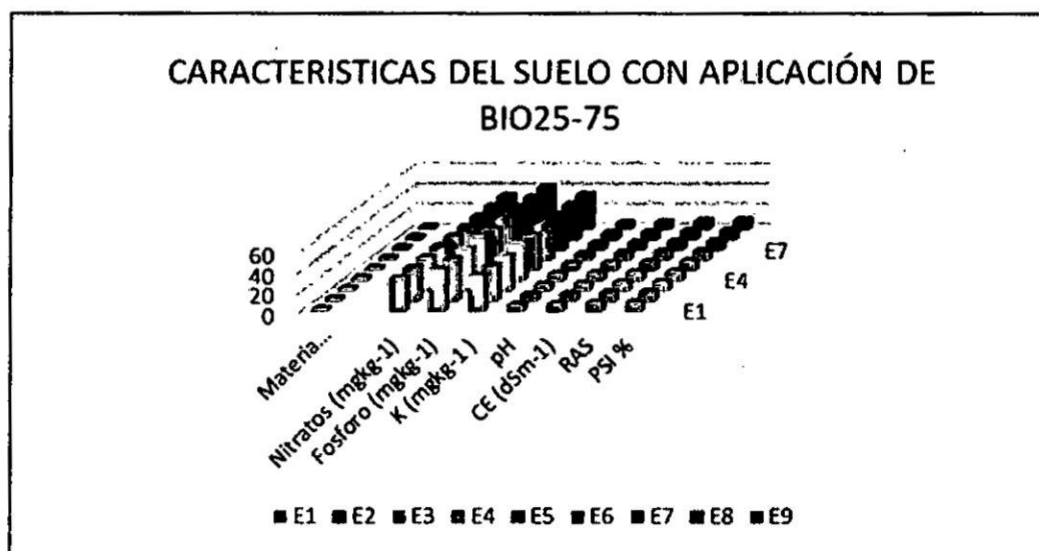
Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 6.7
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO25-75 (C)

PARÁMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	4.02	4.06	4.12	4.14	4.12	4.05	4.10	4.05	4.13
Nitratos (mgkg ⁻¹)	34.10	34.16	34.20	34.92	34.58	34.16	34.17	34.56	34.18
Fosforo (mgkg ⁻¹)	42.80	42.65	42.10	42.40	42.20	42.40	42.84	42.52	42.96
K (mgkg ⁻¹)	36.72	36.17	35.85	36.45	35.90	35.90	35.80	35.90	35.80
Ph	7.84	7.85	7.88	7.83	7.85	7.82	7.85	7.86	7.83
CE (dSm ⁻¹)	8.75	8.70	8.78	8.74	8.75	8.79	8.77	8.73	8.72
RAS	9.99	9.98	9.97	9.90	9.93	9.94	9.95	9.95	9.96
PSI %	10.32	10.35	10.32	10.37	10.39	10.42	10.36	10.32	10.48

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.7
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO25-75 (C)



Fuente: elaboración propia

TERCER MONITOREO:

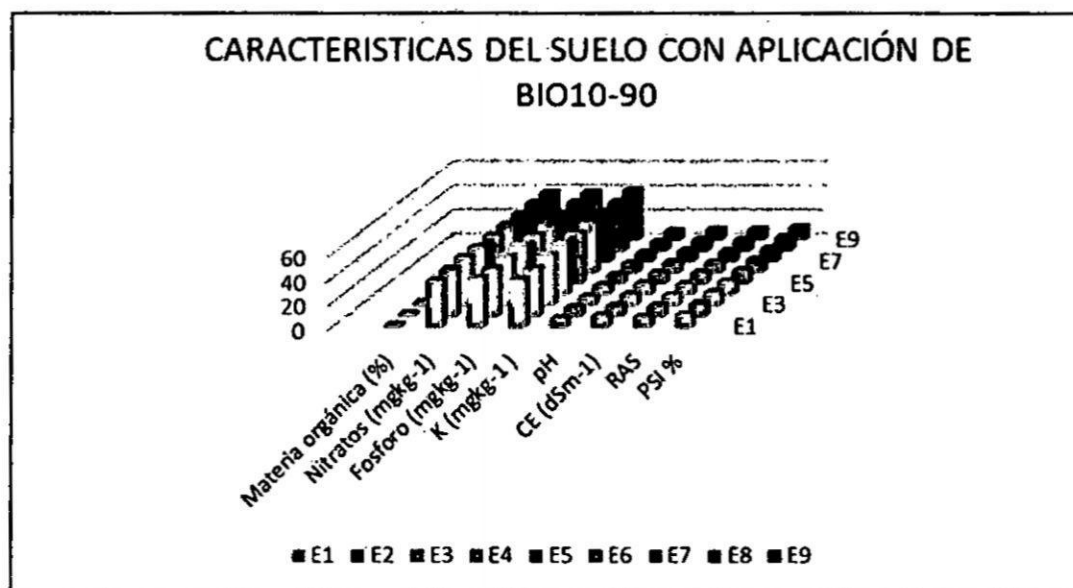
Se realizó en la primera semana del mes de enero del 2018

TABLA N° 6.8
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO10-90(A)

PARÁMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	3.12	3.18	3.14	3.15	3.16	3.15	3.16	3.16	3.17
Nitratos (mgkg ⁻¹)	38.20	38.30	38.10	38.60	38.20	38.10	38.15	38.25	38.15
Fosforo (mgkg ⁻¹)	37.50	37.90	38.10	37.25	37.15	38.15	37.80	37.50	37.65
K (mgkg ⁻¹)	38.69	38.85	38.74	38.30	38.85	38.90	38.65	38.75	38.64
Ph	8.06	8.05	8.10	8.12	8.15	8.10	8.14	8.12	8.10
CE (dSm ⁻¹)	9.80	9.73	9.76	9.74	9.71	9.58	9.62	9.65	9.56
RAS	9.42	9.45	9.26	9.33	9.48	9.14	9.35	9.40	9.48
PSI %	11.45	11.50	11.48	11.54	11.49	11.59	11.65	11.56	11.42

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.8
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO10-90(A)



Fuente: Elaboración propia

TABLA N°6.9

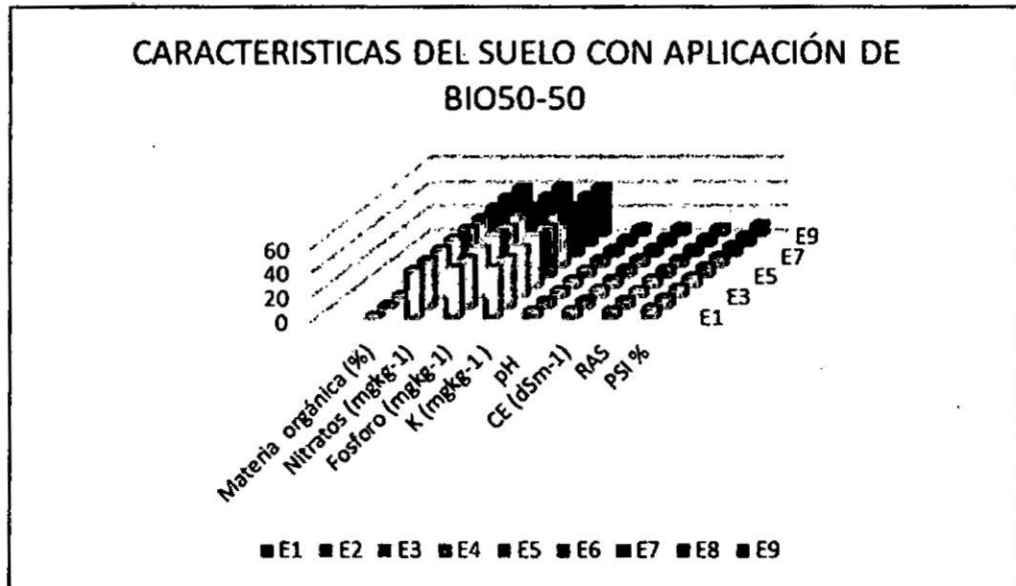
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO50-50(B)

PARAMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	4.12	4.18	4.15	4.16	4.14	4.15	4.12	4.14	4.13
Nitratos (mgkg ⁻¹)	40.20	40.10	40.12	40.15	40.10	40.12	40.08	40.10	40.18
Fosforo (mgkg ⁻¹)	42.50	42.40	42.10	42.40	42.20	42.35	42.30	42.35	42.45
K (mgkg ⁻¹)	40.70	40.69	40.72	40.80	40.68	40.30	40.35	40.90	40.45
pH	8.02	8.05	8.04	8.02	8.00	8.06	8.05	8.12	8.17
CE (dSm ⁻¹)	8.72	8.74	8.87	8.89	8.79	8.64	8.63	8.74	8.70
RAS	8.48	8.52	8.40	8.70	8.69	8.43	8.70	8.62	8.63
PSI %	10.41	10.40	10.30	10.27	10.49	10.50	10.90	10.65	10.80

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.9

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO50-50(B)



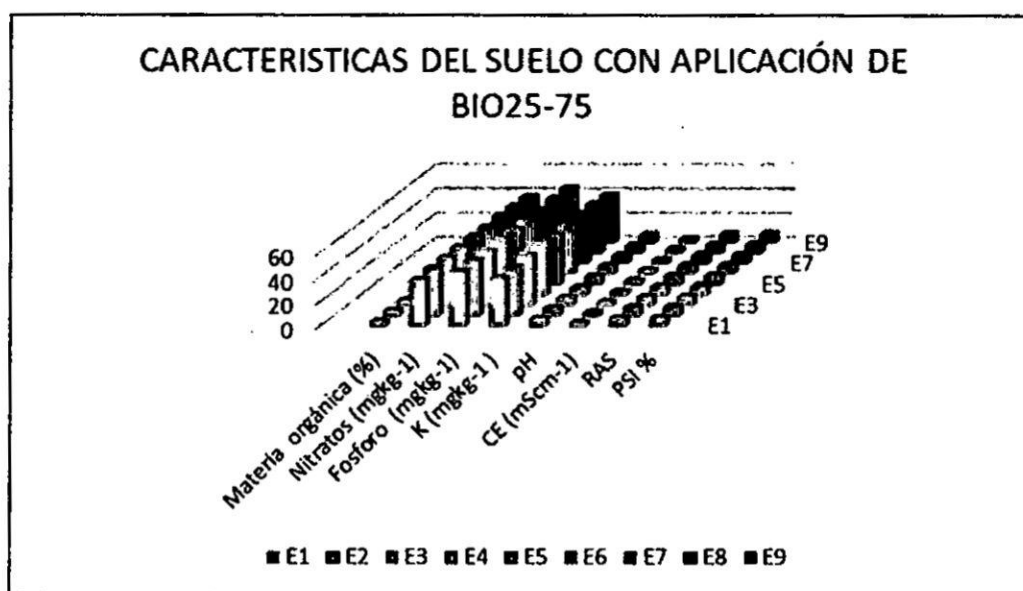
Fuente: Elaboración propia

TABLA N°6.10
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS CON BIO25-75(C)

PARAMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Materia orgánica (%)	5.12	5.18	5.14	5.15	5.12	5.05	5.10	5.05	5.13
Nitratos (mgkg ⁻¹)	38.80	39.60	40.10	39.90	40.20	39.80	40.75	39.10	38.74
Fosforo (mgkg ⁻¹)	45.50	45.90	45.20	45.50	45.80	45.70	45.10	45.80	45.80
K (mgkg ⁻¹)	39.81	40.29	41.82	41.45	41.84	41.25	41.82	41.42	40.40
Ph	7.58	7.55	7.52	7.48	7.50	7.56	7.58	7.52	7.54
CE (mScm ⁻¹)	4.10	4.12	4.14	4.18	4.05	4.19	4.21	4.10	4.15
RAS	8.20	8.24	8.30	8.20	8.28	8.32	8.35	8.28	8.25
PSI %	8.45	8.42	8.45	8.45	8.48	8.42	8.40	8.48	8.42

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°6.10
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON APLICACIÓN DE BIO25-75(C)



Fuente: Elaboración propia

6.3 Factor de recuperación de los suelos salinos al utilizar los biofertilizantes Bio10-90 (A), Bio50-50 (B) y Bio25-75 (C)

Estos biofertilizantes presentan una buena alternativa para degradar suelos salinos por tener valores de factor de recuperación mayores a la unidad, como se puede observar en las siguientes tablas.

TABLA 6.11
FACTOR DE RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS AL UTILIZAR BIO10-90 (A)

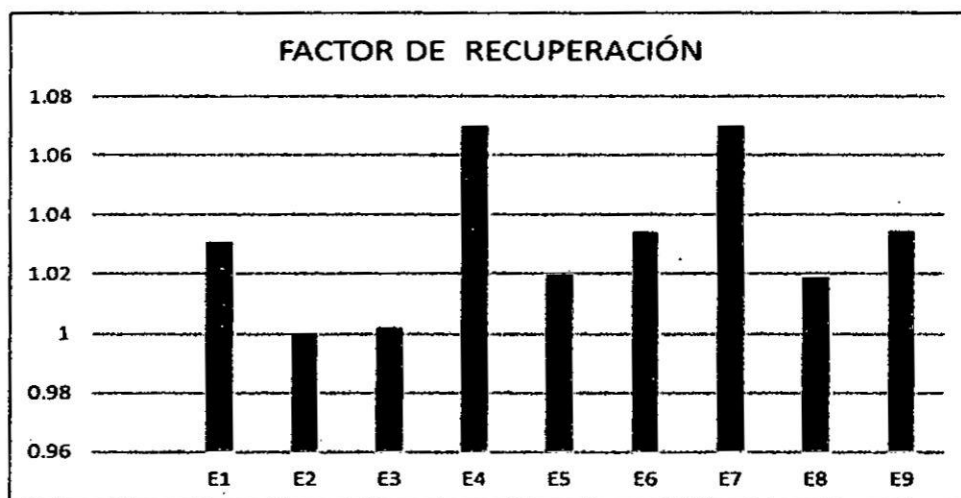
ESTACIONES	ÁREA (m ²)	RELACIÓN DE SODIO ABSORBIDO	FACTOR DE RECUPERACIÓN
E1	0.75	0.7732	1.0309
E2	0.75	0.7787	1.0002
E3	0.75	0.8002	1.0020
E4	0.80	0.8027	1.0702
E5	0.80	0.7354	1.0199
E6	0.75	0.7407	1.0341
E7	0.80	0.8025	1.0700
E8	0.80	0.7355	1.0190
E9	0.75	0.7403	1.0345

Fuente: Elaboración propia.

El Factor de recuperación al utilizar el Bio10-90 (A) se obtuvo valores iguales o mayores a la unidad; lo que significa que se ha recuperado el suelo degradado por salinidad en suelos a condiciones normales.

GRÁFICO N° 6.11

FACTOR DE RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS AL UTILIZAR BIO10-90(A)



Fuente: Elaboración propia

TABLA 6.12
FACTOR DE RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS AL UTILIZAR BIO50-50(B)

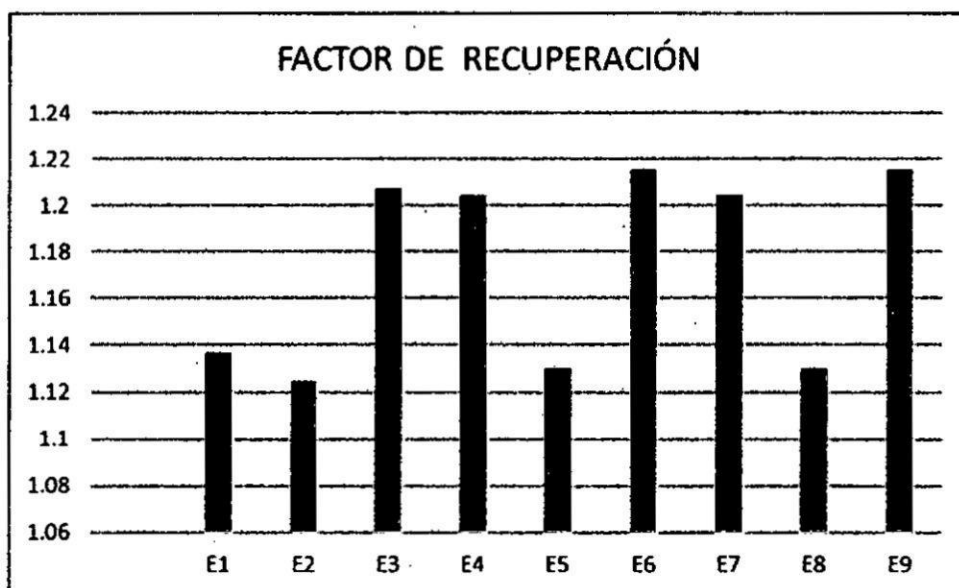
ESTACIONES	ÁREA (m ²)	RELACIÓN DE SODIO ABSORBIDO	FACTOR DE RECUPERACIÓN
E1	0.80	0.9097	1.1371
E2	0.80	0.8999	1.1249
E3	0.75	0.9055	1.2073
E4	0.75	0.9034	1.2045
E5	0.80	0.9041	1.1301
E6	0.75	0.9116	1.2155
E7	0.75	0.9034	1.2045
E8	0.80	0.9041	1.1301
E9	0.75	0.9116	1.2155

Fuente: Elaboración propia.

El Factor de recuperación al utilizar el Bio50-50 (B) se obtuvo valores iguales o mayores a la unidad; lo que significa que se ha recuperado el suelo degradado por salinidad en suelos a condiciones normales.

GRÁFICO N° 6.12

FACTOR DE RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS AL UTILIZAR BIO50-50(B)



Fuente: Elaboración propia

TABLA 6.13
FACTOR DE REMEDIACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS AL UTILIZAR BIO25-75 (C)

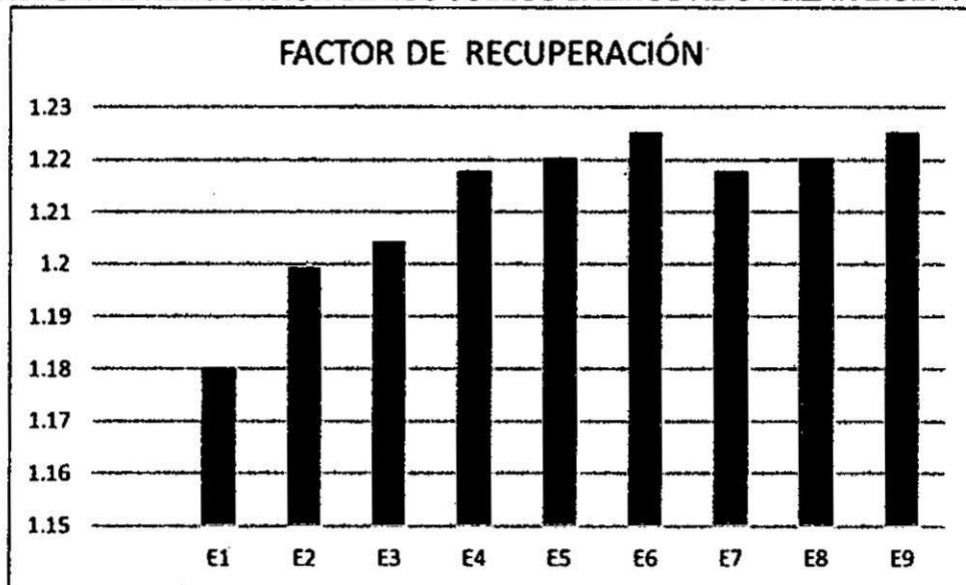
ESTACIONES	ÁREA (m ²)	RELACIÓN DE SODIO ABSORBIDO	FACTOR DE RECUPERACIÓN
E1	0.75	0.8852	1.1803
E2	0.80	0.8869	1.1995
E3	0.75	0.9033	1.2044
E4	0.75	0.9136	1.2181
E5	0.75	0.9152	1.2204
E6	0.75	0.9191	1.2254
E7	0.75	0.9136	1.2181
E8	0.75	0.9152	1.2204
E9	0.75	0.9191	1.2254

Fuente: Elaboración propia.

El Factor de recuperación al utilizar el Bio25-75 (C) se obtuvo valores iguales o mayores a la unidad; lo que significa que se ha recuperado el suelo degradado por salinidad en suelos a condiciones normales.

GRÁFICO N° 6.13

FACTOR DE REMEDIACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS AL UTILIZAR BIO25-75 (C)



Fuente: Elaboración propia

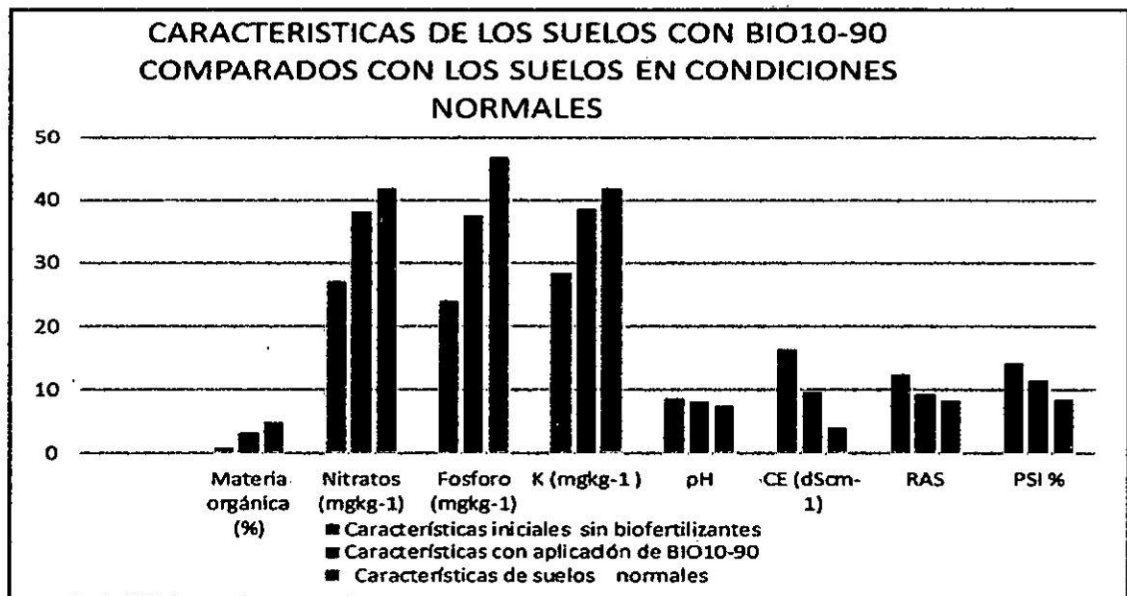
6.4 Comparación de los suelos aplicados con los tres tipos de biofertilizante con los suelos en condiciones normales

TABLA 6.14
CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS APLICADOS CON BIOFERTILIZANTES COMPARADOS CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS NORMALES

Parámetros	Características iniciales sin biofertilizante	Características con aplicación de BIO10-90	Características con aplicación de BIO50-50	Características con aplicación de BIO25-75	Características de suelos normales
Materia orgánica (%)	0.80	3.15	4.14	5.12	5
Nitratos (mgkg ⁻¹)	27.12	38.23	40.13	39.75	42
Fosforo (mgkg ⁻¹)	24.13	37.67	42.30	45.50	47
K (mgkg ⁻¹)	28.46	38.71	40.40	41.20	42
pH	8.64	8.10	8.06	7.58	7.5
CE (dScm ⁻¹)	16.47	9.68	8.70	4.13	4
RAS	12.59	9.37	8.60	8.27	8.30
PSI %	14.21	11.52	10.52	8.44	8.50

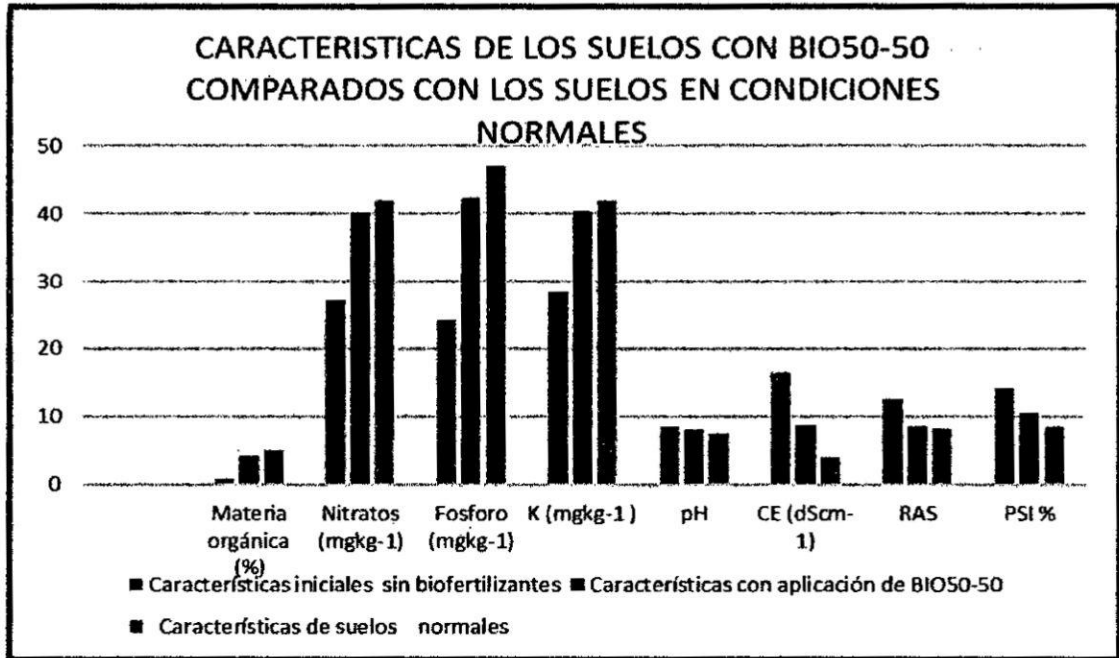
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6.14
CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS CON BIO10-90 COMPARADOS CON LOS SUELOS EN CONDICIONES NORMALES



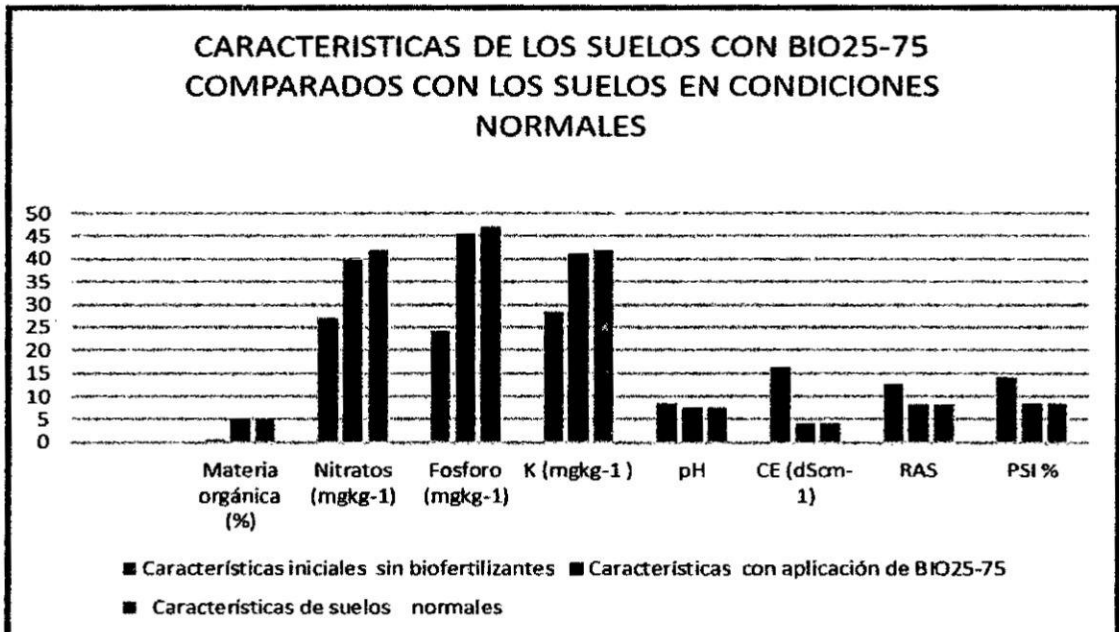
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6.15
CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS CON BIO50-50 COMPARADOS CON LOS SUELOS EN
CONDICIONES NORMALES



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6.16
CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS CON BIO25-75 COMPARADOS CON LOS SUELOS EN
CONDICIONES NORMALES



Fuente: Elaboración propia

6.5 Técnicas estadísticas para análisis de datos

Para analizar los datos obtenidos se aplicó:

➤ Análisis estadísticos descriptiva

TABLA N°6.15
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVOS PARA BIOFERTILIZANTES BIO10-90 (A)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
pH	8	8.0500	8.1500	8.1000	.4642495
Materia orgánica	8	3.1200	3.1800	3.1500	.7625507
nitratos	8	38.1000	39.1000	38.6000	2.8358709
fósforo	8	38.5000	40.2500	39.3750	1.5577135
potasio	8	39.6900	41.8500	40.7700	2.6177368
PSI	8	11.4200	11.6500	11.5350	1.7868790
CE	8	9.5600	9.8000	9.6800	1.8218674
RAS	8	9.1400	9.4800	9.3100	2.8467842

Fuente: Software SPSS 22

TABLA N°6.16
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVOS PARA BIOFERTILIZANTES BIO50-50 (B)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
pH	8	8.0000	8.1700	8.0900	.4642495
Materia orgánica	8	4.1200	4.1800	4.1500	1.1225507
nitratos	8	40.1000	40.7500	40.4250	1.8358709
fósforo	8	42.1000	42.5000	42.3000	.8577135
potasio	8	40.3000	40.9000	40.6000	.61773681
PSI	8	10.2700	10.9000	10.5850	1.8245682
CE	8	8.6300	8.8900	8.7900	3.8218674
RAS	8	8.4000	8.7000	8.5500	3.9876503

Fuente: Software SPSS 22

TABLA N°6.17
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVOS PARA BIOFERTILIZANTES BIO25-75 (C)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
pH	8	7.4800	7.5800	7.5300	1.4642495
Materia orgánica	8	5.0500	5.1800	5.1150	1.1225507
nitratos	8	38.7400	40.7500	39.7450	1.8358709
fósforo	8	45.1000	45.9000	45.5000	.5577135
potasio	8	39.8100	41.8400	40.8250	3.6177368
PSI	8	8.40	8.48	8.44	.5640202
CE	8	4.0500	4.2100	4.1300	1.8218674
RAS	8	8.2000	8.3500	8.2800	1.2412232

Fuente: Software SPSS 22

➤ Correlación de Pearson, en donde indica que existe una correlación positiva de los parámetros de pH, materia orgánica, nitratos, fósforo, potasio, conductividad eléctrica (CE), relación de adsorción de sodio (RAS) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

TABLA N°6.18
CORRELACIÓN DE PEARSON ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS
CONCENTRACIONES DE NITRATOS, FOSFORO y POTASIO EN EL SUELO y EL
PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA.

		MATERIA ORGANICA	NITRATOS	FÓSFORO	POTASIO
MATERIA ORGANICA	Correlación de Pearson	1	.758	.995	.980
	Sig. (bilateral)		.453	.065	.128
	N	3	3	3	3
Nitratos	Correlación de Pearson	.758	1	.820	.873
	Sig. (bilateral)	.453		.387	.325
	N	3	3	3	3
P	Correlación de Pearson	.995	.820	1	.995
	Sig. (bilateral)	.065	.387		.063
	N	3	3	3	3
K	Correlación de Pearson	.980	.873	.995	1
	Sig. (bilateral)	.128	.325	.063	
	N	3	3	3	3

La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).

Existe una correlación positiva lo que indica que cuando las concentraciones de nitratos, fósforo y potasio en los suelos aumentan el porcentaje de materia orgánica aumenta.

Fuente: Software SPSS 22.

TABLA N°6.19
CORRELACIÓN DE PEARSON ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PARAMETROS
DE pH, CE, RAS y % PSI EN EL SUELO.

		pH	CE	RAS	PSI
pH	Correlación de Pearson	1	.995	.777	.968
	Sig. (bilateral)		.062	.434	.162
	N	3	3	3	3
CE	Correlación de Pearson	.995	1	.834	.988
	Sig. (bilateral)	.062		.372	.100
	N	3	3	3	3
RAS	Correlación de Pearson	.777	.834	1	.910
	Sig. (bilateral)	.434	.372		.272
	N	3	3	3	3
PSI	Correlación de Pearson	.968	.988	.910	1
	Sig. (bilateral)	.162	.100	.272	
	N	3	3	3	3

La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).

Existe una correlación positiva lo que indica que cuando CE disminuye los valores de pH, RAS y el % PSI disminuyen.

Fuente: Software SPSS 22.

VII. DISCUSIÓN

7.1 Contrastación con los resultados obtenidos por otros investigadores

Los resultados obtenidos por Zuñiga Escobar Orlando et al en el 2011 de "Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos degradados por Salinidad", lograron mejorar las condiciones fisicoquímicas de los suelos para los diversos cultivos, entre ellos el tomate y el maíz con el uso de biofertilizantes y electromagnetismo, logrando reducir los valores de % de PSI a un 20% y el RAS a 40%. Mientras que Acuña N. Oscar en el 2011 utilizó biofertilizantes en la agricultura a partir del microorganismo llamado *Lycopersicon esculentum*, cuyo resultado fue eficiente para el cultivo del tomate, obteniendo valores de materia orgánica más del 5%, nitratos de 40ppm, bajando la CE a un 70 %, haciendo un suelo apto para los cultivos, mientras que Garza, Martha et al en el 2003 realizaron trabajos para mejorar los cultivos agrícolas usando los biofertilizantes en la Región Central de México., cuyos resultados lograron incrementar la producción en cereales, leguminosas y cítricos como fueron de 60% en maíz, 85% en trigo, 74% en cebada.

Con la presente investigación los resultados de la aplicación de los tres tipos de biofertilizantes como el BIO10-90(A), BIO50-50(B) y BIO25-75(C) se han logrado mejorar las condiciones fisicoquímicas de los suelos para los cultivos de las hortalizas, llegando a las obtener valores de suelos normales mas próximo con el biofertilizante tipo C; siendo las características iniciales de los suelos en materia orgánica de 0.80 se ha incrementado en 5.12%, la concentración de nitratos de 27.12ppm a 39.75ppm, la concentración del fósforo de 24.13ppm a 45.50ppm y el potasio de 28.46 a 41.20ppm mientras que los valores del pH de 8.64 disminuyó a 7.58 , la conductividad eléctrica (CE) de 16.47 a 4.13 dS/m , también los valores del RAS disminuyó de 12.59 a 8.27 y finalmente el % de PSI de 14.19 disminuyó a 8.44. lográndose así degradar los suelos salinos en un periodo de 8 meses.

El uso de los biofertilizantes ha permitido que los valores iniciales de los suelos salinos se han incrementado en materia orgánica (MO) en 526%, la concentración de NO_3 en 47% y la concentración de fósforo en 88.56%, la concentración del potasio en 44,76%, mientras que el valor de pH ha disminuido en 12.27%, la conductividad eléctrica (CE) en 74.92% así como el RAS disminuyó en un 34.31% y el porcentaje de sodio intercambiable PSI en 40.52%.

La cantidad de materia orgánica se ve incrementada en más de 500% por lo que el biofertilizante es adecuado para nutrir el suelo mediante la nitrificación y la fijación de nutrientes. Los biofertilizantes son los desechos orgánicos que se encuentran en los desechos de animales como el estiércol de ganados, cuyes, aves estos contribuyen en el crecimiento de plantas debido a que contiene carbón orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, grasas, proteínas. Es por ello que, por lo general según la revisión teórica, la mezcla es de 25% de desecho vegetal y un 75% de desecho animal.

El incremento del fósforo en un 88.56% es debido a que los biofertilizantes solubilizan el fósforo según afirma Soria, 2009, debido a la presencia en el suelo de un gran depósito de este elemento que no puede ser utilizado por las plantas ya que los microorganismos se encargan en la conversión del fósforo orgánico como elemento combinado en los restos vegetales y en la materia orgánica del suelo. Este proceso se desarrolla mediante enzimas que separan al fósforo de los sustratos orgánicos y que se denominan fosfatasa que pueden actuar en muchos sustratos diferentes y con esta actividad los microorganismos pueden aportar a las plantas entre el 30-60% de sus necesidades de fósforo. Los microorganismos que actúan en la solubilización son: *Pseudomonas putida*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus subtilis*, *Thiobacillus*, *Penicillium bilaj*.

7.2 Conclusiones

- ✓ Al aplicar los biofertilizantes en los suelos degradados por la salinidad en el distrito de Huachipa, el efecto ha sido en el mejoramiento de la actividad y diversidad biológica de los suelos, en el aumento de la disponibilidad de nutrientes y recuperar los suelos para los cultivos de las hortalizas. Además, el éxito de utilizar biofertilizantes presenta ciertas ventajas como en el mejoramiento de la estructura del suelo ya que el efecto del fertilizante orgánico depende del tipo de suelo y su interacción de sus características fisicoquímicas.
- ✓ Los principales parámetros fisicoquímicos medidos evidencia que aumentaron los valores en el porcentaje de materia orgánica en 5.12% mientras que la concentración de nitratos se obtuvo un 39.75 ppm, en fósforo 45.50 ppm y en potasio en 41.20 ppm y disminuyeron los valores de pH a 7.58, la conductividad eléctrica de 16.47 a 4.13 dS/m, el RAS de 12.59 a 8.27 y el %PSI de 14.19 a 8.44.
- ✓ El valor del factor de recuperación de los suelos salinos es mayor que la unidad después de aplicar los biofertilizantes, lo que indica que la relación de absorción de sodio (RAS) que es un parámetro que refleja la influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, tienen efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta positivamente a la permeabilidad.
- ✓ Las características de los suelos salinos se deben a que estos suelos contienen iones y sales. Como iones son: Cl, SO₄, CO₃, HCO₃, Na, Mg, Ca y K; y como sales son: NaCl, MgSO₄ y Na₂SO₄, Na₂CO₃, MgCl₂ y Mg(NO₃)₂. EN los cuales en exceso forman costras sobre las superficies por cementaciones de sales de sodio, lo que hace que se incrementen los procesos de agrietamiento de los suelos, otro factor es la baja

disponibilidad de agua edáfica, como resultado de un incremento del PSI (sodio intercambiable) alto potencial osmótico con alta salinidad (CE). Al aplicar los biofertilizantes mejora la vida en el suelo e incrementan la biomasa microbiana, favoreciendo el desarrollo de las plantas. El desarrollo de los cultivos depende también de la presencia de humus, que gracias a la aplicación periódica de biofertilizantes se incrementa su cantidad en los suelos.

- ✓ La ventaja de la aplicación de los biofertilizantes es su bajo costo, conservación del medio ambiente y su articulación en el ciclo de la agricultura que favorecen su aplicación con respecto a los fertilizantes de origen químico.

7.3 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda utilizar los biofertilizantes para recuperación de suelos degradados por salinidad ya que se logra obtener el factor de recuperación con valores aceptables y haciendo suelos aptos para diversos cultivos.
- ✓ No utilizar como fertilizante orgánico el estiércol de cerdo porque presenta un riesgo para la salud, debido a que el estiércol contiene microorganismos fecales, lo que puede originar microorganismos patógenos en el suelo.
- ✓ Se debe fomentar una conciencia ambiental para la producción de alimentos utilizando abonos orgánicos y no químicos para contar con alimentos sanos dentro de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y la salud ambiental.

VIII. REFERENCIALES

ACUÑA N. OSCAR. (2010), **Uso de biofertilizantes en la agricultura** Laboratorio de Bioquímica de Procesos Orgánicos del Centro de Investigaciones Agronómicas de México.

ALARCON, A., CERRATO, R. F. (2012). **Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 26(2), 191-203.

ALBUJA Y., ROSA F.; PABLO A. ARAUJO G. Y ANDREA C. LÓPEZ K. (2011). **Obtención de un biofertilizante a partir del residuo ultra fino de *Spirulina platensis*, mediante degradación anaerobia**. Departamento de Ciencias de la vida Ing. en Biotecnología, Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.

ALTIERE, M. (2010). **Agroecología. Bases Científicas para una agricultura sustentable**. Consorcio Latinoamericano sobre agroecología. La Habana.

BIZZOZERO, FEDERICO (2006). **Biofertilizantes, Nutriendo cultivos sanos**. Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas. CEUTA. Uruguay.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC). 2009. **Proyecto "Diseño y promoción de tecnologías y prácticas para la recuperación de áreas con suelos degradados por erosión y salinidad"**. CVCUNIVALLE, Cali, Colombia.

DECARA, LORENA; GABRIELA SANDOVAL Y CLAUDIO FUNES (2004). **El uso de biodigestores en sistemas caprinos de la provincia de Córdoba**. Presentación en el 27 Congreso Argentino de Producción Animal.

DÍAZ FRANCO, ARTURO Y NETZA HUALCÓYOTL MAYEKV PÉREZ (2008). La biofertilización como tecnología sostenible. México.

FIGUEROA VIRAMONTES, URIEL (2009). **Uso de abonos orgánicos en la producción de cultivos**, en Primer Simposium Internacional de Agricultura Ecológica.

FLORES AGUILAR, JOSÉ DE JESÚS (2012). **Efecto de fertilizante orgánico, inorgánico y su combinación en la producción de alfalfa y propiedades químicas del suelo**, en Terra Latinoamericana.

FORTIS HERNÁNDEZ, MANUEL (2009). «Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo», en *Terra Latinoamericana*, 27(329-336): 2009. ISSN 1870-9982.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2002. The salt of the earth: hazardous for food production. Food and Agricultura Organization.

GARCÍA HERNÁNDEZ, JOSÉ LUIS (2010). **Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura**, presentación en Terra Latinoamericana en octubre y diciembre.

GARZA, M. B. I., VÁZQUEZ, P. V., GARCÍA, D. G., TUT, C., MARTÍNEZ, I. R., CAMPOS, A. T., & CABRERA, O. G. (2003). **Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México**.

IBAÑEZ, JUAN JOSE 2008, Un universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. BIOLOGIA Y ECOLOGIA DEL SUELO. España.

INSTITUTO DE CALIDAD DE SUELOS, (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo de Departamento de Agricultura- Servicio de

Investigación Agrícola- Servicio de Conservación de Recursos Naturales, USDA.

LÓPEZ MARTÍNEZ, JOSÉ DIMAS (2003). **Producción de compost.** [ed.] Enrique SALAZAR SOSA, et al., en **Abonos orgánicos y plasticultura.** México.

LÓPEZ, MARISOL; BELKYS RODRÍGUEZ Y MINGRELIA ESPAÑA (2010). **Tecnologías generadas por el inia para contribuir al manejo integral de la fertilidad del suelo,** en *Agronomía Tropical*, 60(315-331).

LÓPEZ, MARISOL; R. MARTÍNEZ VIERA, M. BROSSARD FABRÉ, A. BOLÍVAR, N. ALFONSO, A. ALBA Y H. PEREIRA ABREO (2008). **Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos,** en *Agronomía Tropical*, 58(391-401)

OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (ONERN) PERÚ Comisión multisectorial del Plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos

ORMAZABAL, F y LARRAÑAGA, E. (1998). Investigación de la contaminación del suelo, diseño de muestreo. *Guía Metodológica de suelos*, 74.

PORTA JAIME, LOPEZ ACEVEDO 2003, **EDAFOLOGÍA PARA LA AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE,** Universidad Reino Unido.

PUPIALES CRIOLLO, HEYDI ALEJANDRA; JORGE ALIRIO PUPIALES CRIOLLO Y AMANDA SILVA PARRA (2009). **Respuesta del frijol lima (*Phaseolus vulgaris* L) a la aplicación de abono orgánico a base de residuos sólidos de fique tambo,** departamento de Nariño, Colombia, en *Revista de Ciencias Agrícolas*, 26(2256-2273).

RESTREPO RIVERA J, (2001). Elaboración de abonos orgánicos biofertilizantes foliares, experiencias agrícolas, México.

ROMERO GUIÑAN ANA FRANCISCA Y PEREDA REYES ILEANA. Biofertilizantes a partir de residuos agrícolas. Universidad Bolivariana de Venezuela, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba.

RODRÍGUEZ, BELKYS Y MARISOL LÓPEZ (2009). Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de rhizobium aisladas de un ultisol de la altiplanicie del estado Guaricó, en *Agronomía Tropical*, 59(381-386).

SALAMANCA TAMAYO, JAIRO ANDRÉS (2009). Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor a escala piloto para la generación de biogás y fertilizante orgánico. Universidad San Francisco de Quito, Tesis de Grado.

SALAS, ISABEL (2011). Caracterización física, química y microbiológica del bioestimulante líquido tipo biol Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Venezuela.

SORIA FREGOSO, MANUEL DE JESÚS (2009). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo en Terra Latinoamericana, 19(353-362). México.

TERRY MILL, ELEIN ET AL. (2010). Uso y manejo de biofertilizantes en la agricultura, microorganismos benéficos, México.

VELAZCO, 1983. Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo. Universidad Autónoma de Chapingo. México

VYSLOUZILOVA, M et al. uptake by different *Salix* spp. Grown at soils enriched by high loads of the elements. 2003.

WONG, M. Y E. JIMÉNEZ (2009). Comparación del efecto de 2 biofertilizantes líquidos a base de estiércol caprino y vacuno sobre parámetros de crecimiento de algarrobo (*Prosopis juliflora*) DC.) Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador: 2009. Tesis de Grado.

ZUÑIGA ESCOBAR ORLANDO et al. Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos degradados por Salinidad de la Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, 2011.

Páginas web:

- ✓ <http://www.guiacalles>, consulta: setiembre de 2017.
- ✓ <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/65/62> <http://hera.ugr.es/tesisugr/16470886.pdf> consulta: diciembre 2017.
- ✓ [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-relacin fsforo del suelo.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-relacin_fsforo_del_suelo.pdf) 3 :consulta: mayo 2018
- ✓ <http://www.fao.org/worldfoodsummit/spanish/newsroom/focus/focus1.html>; consulta: julio 2017
- ✓ <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar49/HTML/Articulo06N.html>; consulta: junio 2018
- ✓ <http://www.ecured.cu/index.php/biofertilizantes>, consulta: junio 2018

IX. APÉNDICES

9.1 Estadística descriptiva de los parámetros después de aplicar los biofertilizantes.

**TABLA N°9.1
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA BIOFERTILIZANTES BIO10-90 (A)**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH	8	8.0500	8.1500	8.1000	.4642495
Materia orgánica	8	3.1200	3.1800	3.1500	.7625507
nitratos	8	38.1000	39.1000	38.6000	2.8358709
fósforo	8	38.5000	40.2500	39.3750	1.5577135
potasio	8	39.6900	41.8500	40.7700	2.6177368
PSI	8	11.4200	11.6500	11.5350	1.7868790
CE	8	9.5600	9.8000	9.6800	1.8218674
RAS	8	9.1400	9.4800	9.3100	2.8467842

Fuente: Software SPSS 22

**TABLA N°9.2
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA BIOFERTILIZANTES BIO50-50 (B)**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH	8	8.0000	8.1700	8.0900	.4642495
Materia orgánica	8	4.1200	4.1800	4.1500	1.1225507
nitratos	8	40.1000	40.7500	40.4250	1.8358709
fósforo	8	42.1000	42.5000	42.3000	.8577135
potasio	8	40.3000	40.9000	40.6000	.61773681
PSI	8	10.2700	10.9000	10.5850	1.8245682
CE	8	8.6300	8.8900	8.7900	3.8218674
RAS	8	8.4000	8.7000	8.5500	3.9876503

Fuente: Software SPSS 22

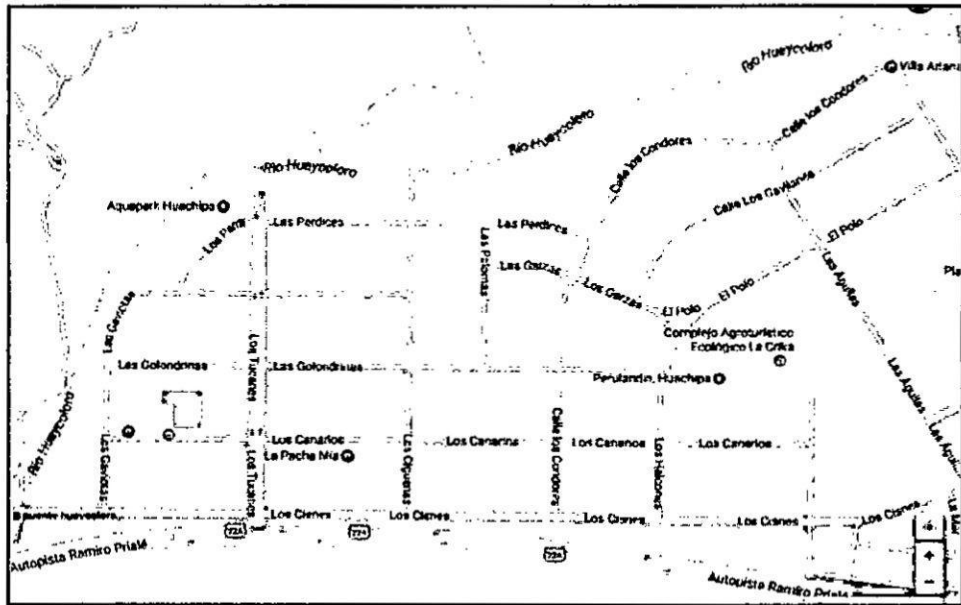
**TABLA N°9.3
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA BIOFERTILIZANTES BIO25-75 (C)**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH	8	7.4800	7.5800	7.5300	1.4642495
Materia orgánica	8	5.0500	5.1800	5.1150	1.1225507
nitratos	8	38.7400	40.7500	39.7450	1.8358709
fósforo	8	45.1000	45.9000	45.5000	.5577135
potasio	8	39.8100	41.8400	40.8250	3.6177368
PSI	8	8.40	8.48	8.44	.5640202
CE	8	4.0500	4.2100	4.1300	1.8218674
RAS	8	8.2000	8.3500	8.2800	1.2412232

Fuente: Software SPSS 22

FIGURA N°9.1

ZONA DE ESTUDIO – HUACHIPA - LIMA



Fuente: google map.



Fuente: Fotografía tomado el 01 de setiembre del 2016

TABLA N°9.4
TIPOS DE BIOFERTILIZANTES EN LAS ESTACIONES

TIPOS DE BIOFERTILIZANTES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
BIO10-90 (A)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BIO50-50 (B)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BIO25-75 (C)	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia

X. ANEXOS

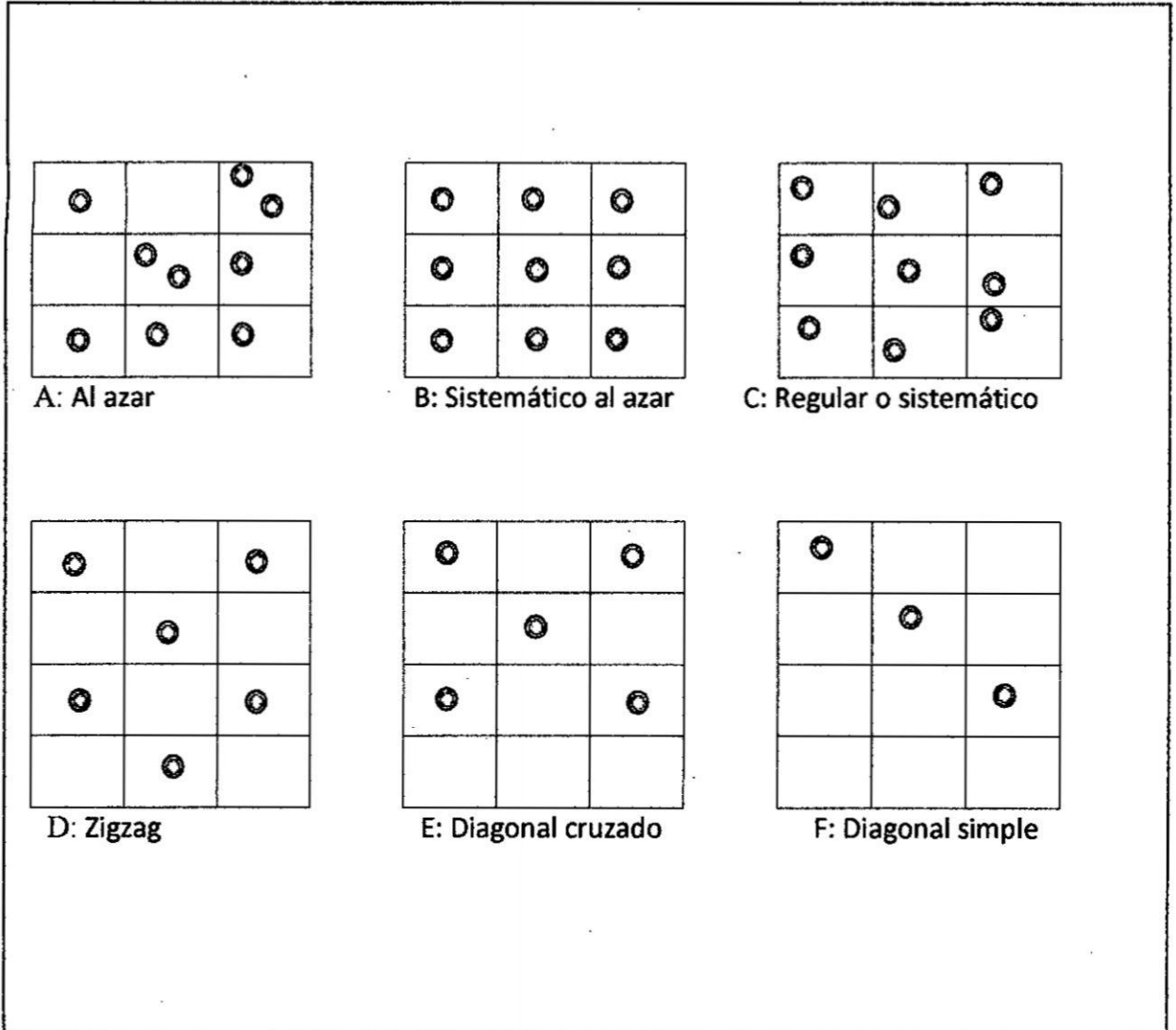
10.1 Matriz de Consistencia

“APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD EN EL DISTRITO DE HUACHIPA-LIMA”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODO
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de biofertilizantes en la recuperación de los suelos degradados por la salinidad en el distrito de Huachipa – Lima?</p> <p>PROBLEMA ESPECÍFICO</p> <p>¿Cuáles son los principales parámetros para la aplicación de biofertilizantes en los suelos salinos?</p> <p>¿Cuál es el valor del factor de recuperación de los suelos con la aplicación de biofertilizantes?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Aplicar biofertilizantes para la recuperación de suelos degradados por salinidad en el distrito de Huachipa - Lima.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>1. Determinar los principales parámetros para la aplicación de biofertilizantes que permite recuperar los suelos salinos.</p> <p>2. Determinar el valor del factor de recuperación de los suelos con la aplicación de biofertilizantes.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>El efecto de aplicar los biofertilizantes en los suelos degradados por la salinidad en el distrito de Huachipa, está dado en el mejoramiento de la actividad biológica de los suelos, aumento de la disponibilidad de nutrientes y así recuperar los suelos para los cultivos.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>a) Los principales parámetros para la aplicación de los biofertilizantes que permite recuperar los suelos degradados por salinidad son: pH, RAS, %PSI porcentaje de materia orgánica, conductividad eléctrica.</p> <p>b) El valor del factor de recuperación de los suelos salinos es mayor que la unidad después de aplicar los biofertilizantes.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Y: Suelos degradados por salinidad</p> <p>Variable independiente</p> <p>X: Aplicación de los biofertilizantes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de pH • Conductividad eléctrica • Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) • Relación de adsorción de sodio RAS, Materia orgánica, Nitratos, fosforo, potasio • Índice de acumulación de sales del biofertilizante • Factor de recuperación de 	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación de universo y muestra - Estaciones de muestreo - Obtención de muestras - Tratamiento de las muestras - Preparación y aplicación de biofertilizantes - Seguimiento y monitoreo de evaluación del tratamiento - Contratación de resultados - Tratamiento estadístico

Handwritten signature

FIGURA N° 10.1
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO



Fuente: Ormazabal, F y Larrañaga, E, 1998

10.2 Gráficos de probabilidad normal de los parámetros

GRÁFICO N° 10.1
GRÁFICOS DE PROBABILIDAD NORMAL PARA pH

Gráfico P-P Normal de pH

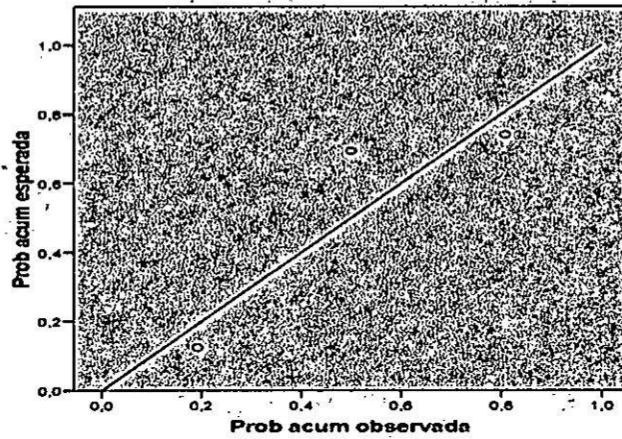


GRÁFICO N° 10.2
GRÁFICOS DE PROBABILIDAD NORMAL PARA CE

Gráfico P-P Normal de CE

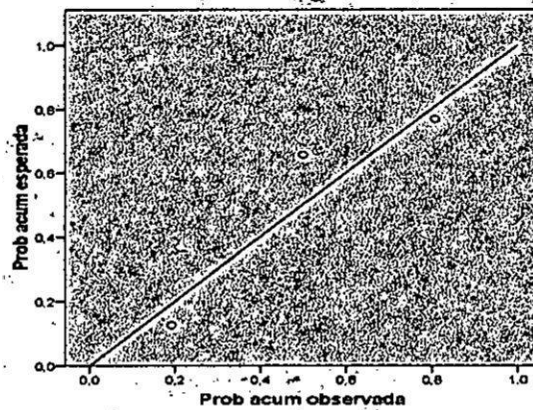


GRÁFICO N° 10.3
GRÁFICOS DE PROBABILIDAD NORMAL PARA MATERIA ORGÁNICA

Gráfico P-P Normal de MATERIA ORGÁNICA

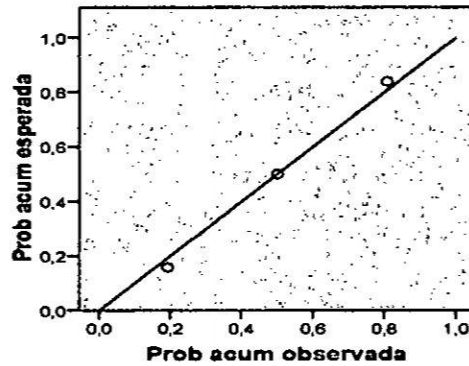


GRÁFICO N° 10.4
GRÁFICOS DE PROBABILIDAD NORMAL PARA NITRATOS

Gráfico P-P Normal de Nitratos

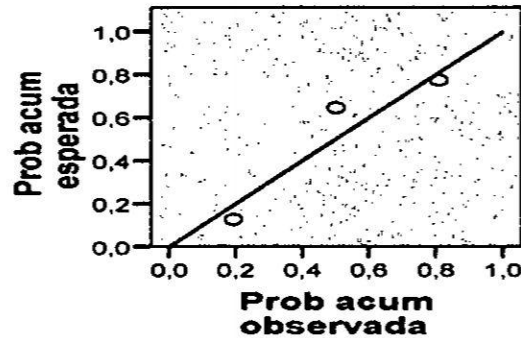


GRÁFICO N° 10.5
GRÁFICOS DE PROBABILIDAD NORMAL PARA PSI

Gráfico P-P Normal de PSI

