

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE CON BACTERIAS
HALÓFILAS Y YESO SOBRE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y
BIOLÓGICAS DE UN SUELO SALINO-SÓDICO**

MARCELA GLADYS MONDACA TORRICO

LA PAZ – BOLIVIA

2018

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE CON BACTERIAS
HALÓFILAS Y YESO SOBRE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE
UN SUELO SALINO-SÓDICO**

*Tesis de Grado presentado para optar el
título de
Ingeniero Agrónomo*

Presentado por:

MARCELA GLADYS MONDACA TORRICO

ASESORES:

Ph.D. Isabel Morales Belpaire _____

Ing. Ph.D. Roberto Miranda Casas _____

REVISORES:

Ing. Ph.D. Vladimir Orsag Céspedes _____

Ing. Agr. Carlos Mena Herrera _____

Ing. Msc. Agr. Juan José Vicente _____

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador _____

**La Paz, Bolivia
2018**

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a Dios por acompañarme en cada paso de mi vida, a mi valerosa madre por su sacrificio,

enseñarme valores y demostrarme la verdadera fortaleza de una mujer. A mis dos compañeros de vida mi Leandrito mi mayor orgullo apoyo, motivación y Ruddy por su amor.

AGRADECIMIENTOS

Sin pretender crear un orden de prioridades, quiero hacer llegar mis agradecimientos más sinceros y eternos a todas aquellas personas que me apoyaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A Dios por ser mi compañero fiel cada día, por bendecirme con una madre valiosa y por ser la fuerza que necesito para cumplir cada meta de la vida.

A mi madre Rosmery Torrico que me da la confianza y el amor suficiente para salir adelante en cada circunstancia de la vida dándome su amor y transmitiéndome su valentía junto con mi hijo Leandrito que es mi mayor orgullo.

A la Universidad Mayor de San Andrés, a la Facultad de Agronomía, a todos mis Docentes, quienes han hecho posible mi formación profesional brindándome la oportunidad de adquirir mayores conocimientos para mi formación profesional y darme la motivación para lograr un mejor futuro para mi País.

A mis asesores Ph. D. Roberto Miranda Casas, y a Ing. Ph.D Isabel Morales por el asesoramiento brindado por su apoyo en toda la investigación, por sus enseñanzas, tiempo y su predisposición diaria quienes con su experiencia profesional me brindaron una excelente asesoría.

A mi revisores Ing. Ph.D. Vladimir Orsag Céspedes , Ing. Agr.Carlos Mena y al Ing. Agro. Wilfredo Blanco por su entera colaboración y disponibilidad de tiempo que me ofrecieron para presentar el trabajo de investigación.

Al docente Ph. D.Bonifacio por su colaboración en la extracción de suelo de la comunidad de Ayamaya

A mi familia, a mi compañero de vida Ruddy, a mis hermanos Jorge, Javier y Paola por su apoyo y por su confianza.

A mi hermanita mejor amiga Lic. Gabriela ´por ser mi apoyo y estar conmigo cuando más necesito y a mis grandes amigos de la universidad.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
SUMMARY	x
1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. El Suelo.....	4
2.1.1. Propiedades químicas.....	5
2.1.2. Conductividad eléctrica (CE).....	5
2.1.3. Reacción del suelo (pH).....	5
2.1.4. Sodio.....	6
2.2. Suelo salino.....	6
2.2.1. Suelos sódicos-salinos.....	6
2.2.2. Sales en el suelo.....	7
2.2.3. Origen de la salinización.....	7
2.2.4. Efectos de la salinización.....	8
2.2.5. Efecto de sodio en el suelo.....	9
2.2.6. La Relación Entre la Salinidad y la Sodicidad.....	9
2.3. Degradación del suelo.....	10
2.4. Bacterias del suelo.....	10
2.4.1. Microorganismos halófilos	10
2.4.2. Fases de la curva de crecimiento bacteriano.....	11
2.4.3. Fuente de Carbono.....	12
2.4.4. Usos de las Bacterias Halófilas.....	13
2.5. Técnica para medir el crecimiento bacteriano.....	13

2.5.1. Espectrofotómetro.....	13
2.5.1.1. Absorbancia.....	14
2.5.1.2. Medidas de masa celular y turbidez.....	14
2.6. Medio de Cultivo.....	14
2.6.1. Agar nutritivo	15
2.6.2. Agar Papa Dextrosa	15
2.6.3. Plate Count Agar (PCA).....	15
2.7. Biol.....	16
2.8. Yeso.....	16
4. LOCALIZACIÓN.....	17
4.1. Ubicación Geográfica.....	17
4.2. Características Ecológicas.....	17
4.2.1. Clima.....	18
4.2.2. Vegetación.....	18
4.2.3. Suelos	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1. Material Experimental.....	18
5.1.1. Material Biológico.....	18
5.1.1.2. Medio de Cultivo.....	19
5.1.1.3. Medio Mínimo de crecimiento bacterial.....	19
5.1.2. Material de Laboratorio.....	19
5.1.3. Material de Gabinete.....	20
5.1.4. Insumos.....	20
5.2. Métodos	20
5.2.1. Procedimiento Experimental.....	21
5.2.1.1. Aislamiento de cepas halófilas.....	21
5.2.1.2. Selección y repique de colonias predominantes.....	22
5.2.1.3. Crecimiento de las bacterias halófilas en presencia de diferentes Dosis biol.....	22
5.2.1.4. Viabilidad de las cepas bacterianas en medio líquido con diferentes dosis de biol	23

5.2.1.6. Determinación de la cantidad de Yeso que debe incorporarse al suelo.....	26
5.2.1.7. Determinación del pH.....	27
5.2.1.8. Determinación de la Conductividad Eléctrica.....	28
5.2.1.9 Contenido de Sodio intercambiable.....	28
5.3. Diseño Experimental.....	28
5.3.1. Croquis experimental.....	29
5.4. Variables de Respuesta.....	34
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	35
6.1. Aislamiento de bacterias halófilas:.....	35
6.2. Efecto de diferentes dosis de biol sobre crecimiento de las bacterias Halófilas(Enfoque cualitativo).....	35
6.3. Crecimiento bacteriano en medio líquido (Enfoque cuantitativo).....	37
6.4. Propiedades Químicas del suelo.....	41
6.4.1.1 Análisis de Varianza de C.E. de la Primera y última semana.....	42
6.4.2. pH en el suelo con cultivo bacteriano y dosis alta de biol.....	44
6.4.2.1. Análisis de Varianza de pH de la primera y última semana	45
6.4.3 Conductividad Eléctrica en suelo con bacterias y dosis “ajustadas” de biol.....	47
6.4.3.1 Análisis de Varianza de C.E. de la primera y última semana.....	49
6.4.4. Estudio de pH del suelo con cultivo bacteriano y dosis de biol ajustada.....	51
6.4.4.1 Análisis de Varianza de pH de la Primera y última semana.....	52
6.4.5. Contenido de Sodio en suelo con bacterias y dosis “ajustada” de biol.....	54
6.4.5.1 Análisis de Varianza de Contenido de Sodio de la Primera y última semana	55
6.5. Efecto del yeso en las propiedades químicas del suelo.....	56
6.5.1. Conductividad Eléctrica en suelo con yeso.....	56
6.5.1.1. Análisis de Varianza de C.E de la Primera y última semana.....	57
6.5.2. Estudio de pH del suelo con yeso.....	60
6.5.2.1. Análisis de Varianza de pH de la Primera y última semana	62
Contenido de Sodio en suelo incorporando dosis de yeso.....	63
6.5.3.2. Análisis de Varianza de contenido de sodio de la Primera y última semana	65

7. CONCLUSIONES.....	67
8.RECOMENDACIONES.....	69
9. BIBLIOGRAFÍA.....	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosis Biol recomendada	16
Tabla 2 Tratamientos para la inoculación de bacterias con dosis altas de biol	32
Tabla 3 Tratamientos para la inoculación de bacterias con dosis ajustadas de biol ..	32
Tabla 4. Descripción de tratamientos en la incorporación de yeso al suelo	33
Tabla 5. Variables de respuesta	34
Tabla 6. Aislamiento de bacterias halófilas en diferentes diluciones	35
Tabla 7. Número de colonias en medio de cultivo PCA con diferentes dosis de biol .	36
Tabla 8. Valores referenciales para ponderar el porcentaje de crecimiento de Bacterias halófilas en el medio de cultivo con biol	36
Tabla 9. Controles de crecimiento bacteriano	38
Tabla 10. Crecimiento en días de bacterias en medio líquido.....	38
Tabla 11. Controles de crecimiento II (Fuentes de carbono)	39
Tabla 12. Valores promedio semanales de la conductividad eléctrica	42
Tabla 13. Análisis de la varianza de la conductividad eléctrica en el suelo con bacterias y dosis altas de biol para la primera y última semana.....	43
Tabla 14. Comparación de medias ajustadas Duncan para la conductividad eléctrica de la primera semana de evaluación	43
Tabla 15. Comparación de medias ajustadas Duncan para la conductividad eléctrica de la última semana de evaluación	43
Tabla 16. Valores promedio semanales del pH en el suelo	45
Tabla 17. Análisis de varianza del pH en el suelo con bacterias y dosis altas de biol	46
Tabla 18. Análisis de la varianza del pH en el suelo con bacterias y dosis ajustadas de biol	46
Tabla 19. Valores promedio semanales de C.E. en un suelo con cultivo bacteriano y dosis "ajustadas" de biol	49
Tabla 20. Análisis de varianza de la C.E. en el suelo con cultivo bacteriano y dosis ajustada de biol	50

Tabla 21. Comparación de medias ajustadas Duncan de la C.E. en el suelo con dosis ajustadas de biol en la última semana de evaluación	50
Tabla 22. Valores promedio semanales de pH en suelo	52
Tabla 23. Análisis de varianza del pH en el suelo para la primera y última semana con bacterias halófilas y dosis ajustadas de biol	53
Tabla 24. Comparación de medias ajustadas Duncan el pH en el suelo con dosis corregida de biol. en la última semana de evaluación.	53
Tabla 25. Valores promedio de contenido de sodio en el suelo con cultivo bacteriano y dosis corregidas de biol	55
Tabla 26. Análisis de la varianza del contenido de sodio intercambiable en el suelo para la primera y última semana con bacterias halófilas y dosis ajustadas de biol	56
Tabla 27. Valores promedio de conductividad eléctrica del suelo incorporando yeso	57
Tabla 28. Análisis de varianza de C.E. para la primera y última semana incorporando yeso en el suelo.....	59
Tabla 29. Comparación de medias ajustadas Duncan de la C.E. en el suelo con yeso en la última semana de evaluación.	59
Tabla 30. Valores promedio de pH en el suelo por semana	62
Tabla 31. Análisis de varianza del pH para la primera y última semana en el suelo con yeso	62
Tabla 32. Valores promedio de contenido de sodio en el suelo en tres momentos en el tiempo de experimentación	64
Tabla 33. Análisis de varianza del Sodio intercambiable para la primera y última semana en el suelo con yeso	64
Tabla 34. Comparación de medias ajustadas Duncan del contenido de sodio en el suelo con yeso para la última semana de evaluación	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de crecimiento bacteriano	12
Figura 2. Ubicación del municipio de Sica Sica	17
Figura 3. Técnica de recuento de bacterias por el método de dilución por extinción	21
Figura 4. Preparación del medio y esterilización del material	22
Figura 5. Crecimiento de cepas de bacterias halófilas en PCA	22
Figura 6. Supervivencia de bacterias en diferentes dosis de biol	23
Figura 7. Siembra de bacterias por estría	23
Figura 8. Medio mínimo de sales con diferentes concentraciones de glucosa o biol. como fuente de carbono	24
Figura 9. Grupos de frascos conteniendo medio mínimo con glucosa o biol en diferentes concentraciones, para determinar si el biol puede ser utilizado como fuente de carbono.	25
Figura 10. Medición de la absorbancia con el espectrofotómetro	25
Figura 11. Medios de cultivo con bacterias halofilas y biol que se adicionan al suelo.....	26
Figura 12. Preparación y medición de pH en el suelo	27
Figura 13. Medición de pH en el suelo	27
Figura 14. Medición de contenido de sodio intercambiable en el suelo	28
Figura 15. Distribución de las cajas Petri para determinar el crecimiento bacteriano en forma cualitativa	29
Figura 16. Distribución de los grupos de frascos con medio líquido e inoculación de bacterias para medir el crecimiento bacteriano a través del tiempo	30
Figura 17. Descripción de tratamientos existentes en los frascos para determinar el crecimiento bacteriano por el método de turbidimetría	31
Figura 18. Distribución de los tratamientos en el área de estudio para la inoculación de las bacterias y en biol en el suelo.	32
Figura 19. Distribución de las unidades experimentales y la incorporación de yeso en el suelo.	33
Figura 20. Tendencia de crecimiento de bacterias en medio mínimo líquido	38

Figura 21. Tendencia de crecimiento bacteriano en medio liquido utilizando dos fuentes de carbono.	39
Figura 22. comportamiento de la conductividad eléctrica del suelo incorporando cultivo bacteriano, agua y dosis altas de biol.	42
Figura 23. Comparación de tratamientos según la C.E. del suelo de la última semana	44
Figura 24. Comportamiento del pH en el suelo con cultivo bacteriano y dosis altas de biol.	45
Figura 25. Comparación de tratamientos según el pH del suelo de la última semana	47
Figura 26. Comportamiento de la conductividad eléctrica en el suelo con dosis corregidas.....	48
Figura 27. Comparación de tratamientos con dosis corregidas según C.E. del suelo	50
Figura 28. Tendencia de comportamiento de pH en el suelo con dosis corregidas ...	51
Figura 29. Comparación de tratamientos con dosis ajustada según pH del suelo	54
Figura 30. Tendencia de comportamiento de na en el suelo con dosis corregidas en la fase inicial, media y final de la experimentación	55
Figura 31. Tendencia de comportamiento de conductividad eléctrica en el suelo con yeso	57
Figura 32. Comparación de tratamientos de c.e. de suelo con yeso	60
Figura 33. Tendencia de comportamiento de pH en el suelo con yeso	61
Figura 34. Comparación de tratamientos de pH de suelo con yeso	63
Figura 35. tendencia de comportamiento de contenido de sodio en el suelo con yeso.	64
Figura 36. Comparación de tratamientos de contenido de sodio en suelo con yeso .	65

RESUMEN

El recurso suelo en el Altiplano se está deteriorando a nivel de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, es decir que se está perdiendo su fertilidad natural y junto a otros factores como el cambio climático, están provocando la desertificación de amplias zonas de esta región. Para mitigar esta causa se planteó como objetivo general: Evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizante con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas y biológicas de un suelo salino-sódico.

Al inicio se efectuó una recolección de 30 kilogramos de suelo de la localidad Ayamaya del municipio de Sica Sica, La Paz. Un 1 kg de suelo se llevó al laboratorio IBTEN para obtener características del suelo. La investigación se dividió en dos fases, en la fase uno se realizaron pruebas de aislamiento, selección y repique de bacterias halófilas, además de crecimiento bacteriano y viabilidad en medio líquido con dosis de biol; por otra parte la Fase 2 de análisis de laboratorio consistió en la determinación de variables edáficas puntuales (pH, conductividad eléctrica, sodio intercambiable) en 32 macetas estudiadas independientemente, es decir 16 con el tratamiento con bacterias halófilas y 16 con tratamiento de yeso en un diseño completamente al azar.

En la fase 1 se seleccionó la colonia anaranjada por presentar mayor crecimiento en el medio y al incorporar biol a diferencia de la colonia amarilla que no logró sobrevivir, en las pruebas de crecimiento bacteriano y viabilidad al utilizar dos fuentes de carbono (glucosa 10gr/Lt y biol 10%), se observa que la mejor fuente de carbono donde las bacterias presentaron crecimiento exponencial fue adicionando glucosa al medio, aunque también tuvieron crecimiento, pero más lento añadiendo biol. En la fase 2 en las macetas a las que se incorporó cultivo bacteriano y dosis de biol al inicio de la experimentación existió un incremento alarmante de la conductividad eléctrica del suelo provocado por el biol con $CE=18$ mS/cm, por tanto, se realizó una nueva experimentación con dosis ajustadas. La conductividad eléctrica mostró una disminución a partir de la cuarta semana debido a la biosorción de las bacterias; los valores de pH decayeron se puso de manifiesto los procesos de acidificación del suelo

por efecto de la actividad microbiana en el proceso de respiración en la actividad biológica, en el caso del sodio intercambiable no existió diferencia significativa en los tratamientos pero se observa que disminuye a través del tiempo esto debido a la acción de las bacterias ya que el avado elimino el sodio soluble del suelo y no así el intercambiable es por ello que se le atribuye la acción a las bacterias del suelo. En las macetas con yeso la conductividad eléctrica disminuyo en todos los tratamientos siendo mejor cuando se incorpora dosis alta, el pH muestra un pequeño ascenso de todos los tratamientos manteniéndose en un valor apto para el crecimiento de cualquier cultivo, en el caso del sodio se observa que existe el desplazamiento progresivo del ion sodio cuando se adiciona más dosis de yeso a través del tiempo.

La parte biológica como química si tuvo un efecto positivo en el suelo y se abre la posibilidad de recuperar suelos con problemas de salinidad y/o sodicidad mediante procesos biológicos produciendo un insumo en base de microorganismos halófilos que serán de gran aporte para el sector agrícola

SUMMARY

The deterioration of the resource in the altiplano at the level of its physical, chemical and biological properties means that it is losing its natural fertility. To mitigate this, cause the following proposed as a general objective: To evaluate the effect of the application of biofertilizer with halophilic bacteria and gypsum on chemical and biological characteristics of a saline - sodic soil.

At the beginning, a 30-kilogram collection of soil has taken from the locality of Aayamaya in the municipality of Sica Sica, La Paz. A sample of 1 kilogram was taken to the IBTEN laboratory to obtain initial soil data. The research was carried out in two phases; in phase one, tests were carried out for isolation, selection and replacing of halophilic bacteria, as well as bacterial growth and viability in liquid medium with biol doses; On the other hand phase two of laboratory analysis consisted in the determination of specific edaphic variables (pH, electrical conductivity, interchangeable sodium) in 32 pots studied independently, 16 with the treatment with halophilic bacteria and 16 with gypsum treatment in a design completely random.

In phase one, the orange colony was selected because it showed greater growth in the medium and by incorporating biol, unlike the yellow colony that could not survive in the tests of bacterial growth and viability using two carbon sources (glucose 10gr / lt and biol 10%), it is observed that the best carbon source where the bacteria presented exponential growth was adding glucose but slower by adding biol. In phase two in the pots where the bacterial culture was incorporated and the dose of biol in the beginning of the experiment has existed an imminent alarm of the electrical conductivity of the soil caused by the biol with $EC = 18nS / cm$, therefore a new experimentation is carried out with adjusted doses, the electrical conductivity has shown reduce from the fourth week due to the biosorption of the bacteria; the pH values decline, what manifest that the processes of soil acidification are by the effect of microbial activity on the process of respiration on biological activity.

In the case of interchangeable sodium there was no significant difference in treatments but it is observed that it decreases by the time, this is due to the action of the bacteria since the wash has eliminated the soluble sodium of the ground and not so the exchange is for that the action is attributed to the bacteria of the soil. In the plaster pots the electrical conductivity decreased in all the treatments being better when high dose is incorporated, the pH shows a small rise of all the treatments maintaining a value suitable for the growth of any crop, in the case of sodium is observed that exists a progressive displacement of the sodium ion when more doses of gypsum are added over time.

1. INTRODUCCIÓN

La salinidad y sodicidad son condiciones de algunos suelos que limitan la producción agrícola ya que provocan que se vuelvan infértiles e improductivos, causando un problema de amplia afectación para la agricultura mundial, principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Calderón del Cid, 2015). La presencia de sodio y condiciones salinas en los suelos, interfiere en el crecimiento adecuado de la mayoría de los cultivos y por lo tanto constituye uno de los problemas más serios que enfrenta la agricultura sostenible en todo el planeta. La FAO y la UNESCO calculan que el área total de suelos salinos en el mundo es de 397 millones de hectáreas y los suelos sódicos corresponden a 434 millones de hectáreas (Calderón del Cid, 2015).

El deterioro del recurso suelo en el altiplano boliviano (por procesos de salinización/ alcalinización, sobrepastoreo, contaminación con metales pesados y erosión) es muy preocupante, ya que este aspecto junto a otros factores como los cambios climáticos, están provocando la desertificación de amplias zonas de esta región, creando una serie de problemas que afectan a otros recursos como el agua, medio ambiente y la desertificación general que requieren de soluciones para mitigar su avance (Orsag, 2009).

Existen métodos físicos, químicos y biológicos para recuperar los suelos afectados por sales, entre los que destacan la adición de abonos orgánicos, uso de enmiendas (empleo de sales cálcicas), lavado de las sales solubles con aguas de baja salinidad contribuyen a la rehabilitación del suelo (Castellanos, 2000).

Las prácticas agrícolas inadecuadas han sido la causa del aumento de los suelos salinos-sódicos en todo el planeta. Su recuperación se ha hecho principalmente cambiando el sodio por otro catión, generalmente calcio, remediando en forma mecánica y usando plantas halotolerantes. Aunque estas prácticas controlan en alguna medida el problema, no se ha podido hacer una recuperación efectiva en estos suelos (Ponce y Torrez, 2003).

Este trabajo propone utilizar dos alternativas para la rehabilitación de suelos salinos sódicos: la primera consiste en adicionar bacterias halófilas y biol que será el insumo

orgánico que proporcionará carbono a las bacterias y la segunda alternativa la utilización de yeso como enmienda por su capacidad de intercambiar el catión sodio por el catión calcio.

1.1 Justificación

De acuerdo a Orsag (2009), el deterioro del recurso suelo en el Altiplano Boliviano, Valles y Chaco por acumulación de sales y/o sodio, es muy preocupante, ya que este aspecto junto a otros factores como el cambio climático, las condiciones socioeconómicas, de mercado, etc., pueden provocar la desertificación de amplias zonas y a la larga crear una serie de problemas ambientales, económicos y sociales.

El presente trabajo de investigación busca alternativas de rehabilitación de suelos salinos-sódicos, debido a que los suelos del Altiplano se están deteriorando a nivel de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, es decir que se está perdiendo su fertilidad natural. Se plantea por tanto la utilización de un biofertilizante elaborado con biol y bacterias halófilas que podrían tener la capacidad de fijar sodio y así recuperar suelo mediante proceso biológico, además de proponer el uso de yeso como enmienda para la utilización en tierras agrícolas como una propuesta alternativa de recuperación y/o rehabilitación de suelos que sería de gran aporte para el sector agrícola.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de dos tipos de insumos: biofertilizante formado por biol con presencia de bacterias halófilas y yeso, sobre características químicas y biológicas de un suelo salino-sódico proveniente del Altiplano.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de biol en el crecimiento de las cepas halófilas aisladas.
- Determinar el efecto de diferentes niveles de biol con bacterias halófilas sobre parámetros químicos del suelo relacionados a salinidad.
- Determinar el efecto de diferentes niveles de yeso sobre parámetros químicos del suelo relacionados a salinidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 El Suelo

Hay muchos conceptos de suelo dependiendo del ángulo y enfoque que se le da al mismo, sin embargo, resumiendo todos ellos podemos llegar al siguiente concepto:

“Suelo: Es un ente natural, tridimensional, trifásico, dinámico, sobre el cual crecen y se desarrollan la mayoría de las plantas”. Es un ente, porque tiene vida; tridimensional, porque es visto a lo largo, ancho y profundidad; trifásico, porque existe fase sólida, líquida y gaseosa; dinámico, porque dentro del suelo ocurren procesos que involucran cambios físicos y reacciones químicas constantemente. Más importante que la definición es el concepto y su conocimiento como base de una prospera agricultura (Zavaleta, 1992).

La calidad óptima del suelo tiene las siguientes características:

- Sustentar actividades biológicas, diversidad y productividad.
- Regular y dividir el agua y el flujo de solutos; filtrar, colocar barreras, degradar, inmovilizar y eliminar la toxicidad de materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo productos, derivados industriales y municipales y sedimentación atmosférica.
- Almacenar y establecer ciclos de nutrientes y otros elementos dentro de la biósfera de la tierra (ALVA, 2012).
- Según un estudio de la Comisión Europea en su informe publicado a principios de marzo de 2009, el suelo tiene una capacidad de retener CO_2 equivalente al doble que la atmósfera y el triple que la vegetación. Por ello es de vital importancia invertir la actual tendencia degradante de los suelos y mejorar su gestión para aumentar la capacidad de “atrapar” CO_2 que poseen (Comisión Europea, 2009).

2.1.1 Propiedades químicas

2.1.2 Conductividad eléctrica (CE)

La salinidad de un suelo o agua, se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (CE). El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente. Es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos son sales y por lo mismo tienen un efecto directo sobre la CE (Muñoz et al., 2000).

La salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución de rendimiento (Chilon, 1997).

2.1.3. Reacción del suelo (pH)

El pH ejerce una influencia directa a las propiedades químicas del suelo: la solubilidad, disponibilidad y absorción de los nutrientes; saturación de bases y generación de carga variable. A pH menores de 5.5 la actividad biológica es baja; ya que inhibe la actividad de las lombrices, solamente pueden desarrollarse los hongos, mientras que el desarrollo vegetal presenta trastornos a una acidez alta, menor o igual a pH 4 (Miranda, 2012).

Allison (1982), indica que el pH del suelo está influenciado por la composición de los cationes intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambio catiónico, composición y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalinos-térreos.

Según Patrick (2003), el pH por lo general se considera una propiedad muy importante del suelo ya que tiende a estar correlacionado con otras propiedades como el grado de saturación de bases. Además, muchos suelos, presentan patrones verticales característicos en sus valores de pH. En el suelo raramente se llega a un pH inferior a 4

(muy ácido) o a un pH 10 (demasiado alcalino). Los suelos agrícolas generalmente tienen un pH entre 6 y 7.5 rango en que mejor se desarrollan las plantas.

2.1.4 Sodio

Los cationes de sodio, calcio y magnesio son rápidamente intercambiables. Cuando en estos suelos se acumula un exceso de sales solubles, generalmente es el catión sodio el que predomina en la solución del suelo y, en esta forma, el sodio puede ser el catión predominante al cual está sujeto el suelo, debido a la precipitación de los compuestos de calcio y magnesio (Chilón, 2012).

2.2 Suelo salino

Se define por suelo salino aquel que posee una cantidad de sales solubles que afectan desfavorablemente su capacidad de producción agrícola o ecosistémica. La salinidad es determinada a través de la conductividad eléctrica que se mide en una solución extraída del suelo en saturación. Las plantas sensibles a la salinidad son afectadas por una conductividad eléctrica de 2 dS/m. Las plantas tolerantes soportan el triple o más de salinidad, la salinidad de los suelos es uno de los factores que más restringe la productividad biótica, afectando a escala mundial alrededor de 800 millones de hectáreas (Uribe, 2015).

2.2.1. Suelos sódicos-salinos

Los suelos de este tipo se caracterizan por su contenido de sales solubles y sodio intercambiable. La conductividad eléctrica del extracto de saturación excede los 4 mmhos/cm, el porcentaje de sodio intercambiable es mayor a 15 presentan estructura dispersa, poca permeabilidad, aireación afectada, y RAS (Relación de absorción de sodio) alta (Herve y Orsag, 2002).

La salinización es la acumulación en el suelo de sales solubles en agua. Los iones son el potasio (K^+), el magnesio (Mg^{2+}), el calcio (Ca^{2+}), los cloruros (Cl^-), y entre las sales los sulfatos (SO_4^{2-}), el carbonato (CO_3^{2-}), el bicarbonato (HCO_3^-). El aumento de la concentración de sodio también se denomina sodificación. Las sales se disuelven y son transportadas por el agua. Cuando el agua se evapora, las sales se depositan en el suelo.

La salinización primaria implica el depósito de sal mediante procesos naturales debido a un alto contenido de sales en la propia tierra o en las aguas subterráneas. La salinización secundaria está causada por las intervenciones del hombre, tales como prácticas de riego inapropiadas por ejemplo riego con aguas salinas o drenaje insuficiente (López, 2009).

2.2.2. Sales en el suelo

La acumulación de sales (particularmente de sales sódicas) es una de las principales amenazas fisiológicas para los ecosistemas. Las sales reducen la absorción de nutrientes de las plantas y disminuyen la calidad del agua, con lo que afectan al desarrollo vegetal. Alteran el metabolismo de los organismos del suelo, disminuyendo enormemente la fertilidad del suelo. Un nivel elevado de salinidad en el suelo aumenta el punto de marchitamiento de las plantas como consecuencia del incremento de la presión osmótica y de los efectos tóxicos de las sales. El exceso de sodio destruye la estructura del suelo, que, por la falta de oxígeno, es incapaz de sustentar el crecimiento de las plantas y la vida animal. La salinización hace más impermeables las capas profundas del suelo, lo que provoca que las tierras no sean aptas para el cultivo (Uribe, 2015).

2.2.3 Origen de la salinización

Según Orsag, (2009) un suelo salino tiene una elevada concentración de sales cuando su conductividad eléctrica (CE) supera 4 mmhos/cm a 25°C, con porcentaje de sodio de cambio inferior al 15% y pH menor de 8,5. Las causas más importantes de salinización son las siguientes:

- Las causas naturales de la salinización están relacionadas con el material que formó el suelo, clima árido y escasez de lluvias, a zonas sin drenaje. En zonas costeras y semiáridas, el viento arrastra gran cantidad de partículas en suspensión conteniendo sulfatos y cloruros que forman sales (Orsag, 2009).
- Las causas antrópicas. Se originan por un manejo incorrecto de técnicas agrícolas, debido al uso de aguas de riego conteniendo sales por estar en los niveles freáticos o que provienen de fuentes contaminadas con aguas industriales. El uso excesivo de fertilizantes que sobrepasan las necesidades de los cultivos, provoca que se acumulen

sales en el suelo y en mantos acuíferos, desequilibrando el contenido normal y produciendo toxicidad (Orsag, 2009).

2.2.4 Efectos de la salinización

Los efectos de salinización según Uribe, (2015) son:

- Efecto osmótico que provoca el agua y los nutrientes de la solución del suelo se distribuyan en delgadas láminas alrededor y en el interior de los agregados del suelo. Las raíces vegetales pueden absorber este líquido hasta el punto de marchitez permanente, cuando la salinidad de la solución del suelo es mayor que los líquidos de las células vegetales, las plantas se ven obligadas a consumir más energía de la que disponen para “beber” y tienden a marchitarse a pesar de que en el suelo exista agua suficiente. Aunque pueden adaptarse y sobrevivir, en esas condiciones lo hacen a costa de disminuir su crecimiento, bajando el rendimiento de los cultivos.
- Estrés hídrico. Es el primer efecto producido en la planta, porque ésta no puede extraer agua de la solución del suelo por la concentración salina. En condiciones normales, la piel radicular actúa como una membrana semipermeable que deja entrar el agua del suelo, buscando un equilibrio donde la concentración de ésta sea igual que el jugo celular de la planta (Uribe, 2015).
- Efecto nutricional. La salinidad altera el pH del suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes y las interacciones ocasionadas por la presencia en exceso de determinados elementos, provocando que algunos nutrientes queden bloqueados.
- Efecto tóxico. Principalmente se da con iones de calcio y sodio, donde este último provoca la pérdida de la estructura del suelo, así como un bajo crecimiento de la planta por la disminución del contenido de oxígeno necesario para la respiración de las raíces, y el descenso de la conductividad hidráulica del suelo. Las plantas maduras disponen de sistemas radiculares más densos y profundos, tolerando mejor las sales que las jóvenes. Los ambientes iónicos muy salinos dañan a las semillas al germinar, secuestrándoles el agua de su interior hasta matarlas (Uribe, 2015).

2.2.5. Efecto de sodio en el suelo

El exceso de Sodio intercambiable tiene efecto adverso sobre el crecimiento de plantas y estructura del suelo. Su resultado se traduce en reducción en los rendimientos de cultivos. En los suelos sódicos, las partículas de arcilla tienden a separarse. Este proceso de disociación técnicamente se denomina dispersión. Las fuerzas que mantienen unidas a las partículas de arcilla se interrumpen por los iones de Sodio (Manzano, Rivera, et al., 2013).

Cuánto más pequeño es el radio hidratado, y cuánto mayor la valencia de un catión, mayor es su poder de flocular el suelo. El calcio tiene un efecto floculante, mientras que el sodio dispersa el suelo. El calcio es más efectivo que el sodio porque es bivalente y tiene un menor radio hidratado. En presencia de sodio, los agregados del suelo se rompen (Genova, 2005).

2.2.6. La Relación Entre la Salinidad y la Sodicidad

Según Génova, (2005). La salinidad y el Sodio tienen un efecto opuesto en la estructura del suelo.

Sodio: El principal efecto de una elevada sodicidad es la rotura de la estructura física del suelo y aumenta la dispersión.

Salinidad: El principal efecto es de tipo osmótico. La alta concentración de sales en la solución del suelo hace que el cultivo tenga que hacer un consumo extra de energía para poder absorber el agua del suelo. Induce la floculación o aglutinación de las partículas del suelo.

La aglutinación de las partículas del suelo mejora las propiedades físicas del suelo. El suelo se vuelve más permeable, aumenta su nivel de aireación y el crecimiento de las raíces mejora considerablemente. A pesar de que las sales evitan los efectos destructivos del Sodio en la estructura del suelo, la salinidad excesiva es perjudicial para el crecimiento de las plantas.

2.3. Degradación del suelo

La degradación del suelo es un proceso que causa una disminución de la capacidad productiva del mismo, a causa del deterioro de su medio físico, siendo las principales causas de esta degradación la mala utilización de la tierra arable por prácticas inadecuadas de cultivo (35%), sobrepastoreo (34%), y la deforestación (20%) (Orsag, 2012).

2.4. Bacterias del suelo

Existen dos grandes grupos en las bacterias del suelo: las nativas (autóctonas) y los invasores (alóctonos). Las poblaciones nativas están adaptadas a las condiciones del suelo y pueden perdurar por largos períodos sin tener actividad metabólica, sin embargo, en un determinado momento toman protagonismo en las actividades bioquímicas del ecosistema edáfico. Las especies alóctonas o zimógenas no participan de manera significativa en las actividades del ecosistema. Entran en este por medio de la precipitación y material de adición, permaneciendo inactivas e incluso crecer por períodos cortos, pero nunca contribuyendo a las interacciones ecológicas (Alexander, 1980).

La morfología celular se emplea de igual forma para caracterizar a las poblaciones bacterianas. Los principales tipos morfológicos en el suelo son: los bacilos (forma de bastón); los cocos (forma esférica); y los espirilos. Los bacilos son los más abundantes. La mayoría de ellos persisten por su capacidad de formar endosporas en condiciones desfavorables como la falta de nutrientes, desecación o temperaturas extremas. Es decir, las endosporas pueden permanecer en estado de latencia mucho después de que las células vegetativas hayan muerto por las condiciones ambientales. Cuando se restablecen las condiciones favorables al crecimiento vegetativo la espora germina y emerge un nuevo organismo (Pino, 2016).

2.4.1. Microorganismos halófilos

Los microorganismos halófilos son aquellos que se encuentran en los ambientes hipersalinos, pero se diferencian de los halotolerantes porque son capaces de reproducirse y realizar sus funciones metabólicas de una manera más eficaz en presencia de altas concentraciones de sales que en su ausencia (Benavidez, 2003).

2.4.2. Fases de la curva de crecimiento bacteriano

Según Pino, (2016) las fases de crecimiento bacteriano in vitro en condiciones óptimas de laboratorio son (ver Figura 1):

AB=Fase de latencia o Adaptación: La pequeña población bacteriana procura adaptarse al nuevo medio, produce enzimas y necesita un determinado tiempo para restaurar esas sustancias.

BC=Fase Exponencial: Para que alcance esta fase es necesario una tasa de crecimiento constante, en esta fase todas las células producidas son viables y ocurre la máxima velocidad de multiplicación.

CD=Fase Estacionaria: La fase estacionaria coincide con el inicio del agotamiento completo de nutrientes esenciales y el acumulo gradual de sustancias tóxicas.

Este proceso se mantiene hasta que:

1. Se agoten los nutrientes (fundamentalmente oxígeno en los aerobios).
2. Se acumulen muchas sustancias tóxicas que inhiban el crecimiento.
3. Se pongan de manifiesto las propiedades más importantes de la célula.

DE=Fase de declinación: El número de células viables decrece rápidamente, pues el número de células que mueren es mayor que el número de células que dividen.

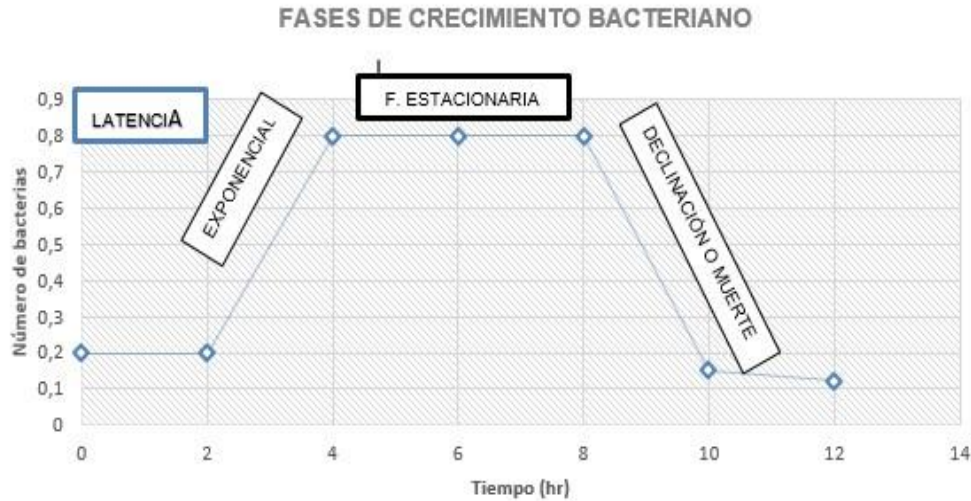


Figura 1. Fases de crecimiento bacteriano (Pino, 2016)

2.4.3. Fuente de Carbono

En el estudio de la Microbiología, se conocen infinidad de organismos con sus formas de vida, así mismo existen muchas técnicas de visualización y diferenciación. Los microorganismos poseen en su estructura, como elemento predominante el carbono, por lo que es deducible que necesitan hacer un intercambio del elemento con el medio. La falta de las fuentes de carbono implica que las bacterias deben luchar con otras y buscar otros métodos para poder nutrirse (Basaure, 2003).

Los organismos fotosintéticos, y las bacterias que oxidan compuestos inorgánicos, utilizan como fuente de carbono su forma más oxidada (CO_2). Los otros organismos, obtienen el carbono fundamentalmente de materiales orgánicos. Gran parte del carbono de los materiales orgánicos, es utilizado como fuente de energía y es excretado de la célula como (CO_2), que es el principal producto de la respiración. Las sustancias orgánicas cumplen un doble papel nutricional, son fuente de carbono y fuente de energía. No existe en la naturaleza, ningún compuesto orgánico que no pueda ser utilizado como fuente de carbono y energía por algún microorganismo (Pino, 2016).

2.4.4. Usos de las Bacterias Halófilas

Desde que se inició su estudio, las bacterias halófilas moderadas han demostrado ser un grupo de extremófilos con un gran potencial biotecnológico. Así, no sólo producen

compuestos de enorme interés industrial, como enzimas, biopolímeros o solutos compatibles, sino que además presentan unas propiedades fisiológicas que facilitan su explotación comercial. Por ejemplo, son microorganismos fáciles de cultivar y con escasos requerimientos nutricionales, pudiendo utilizar una gran variedad de compuestos como única fuente de carbono y energía. Además, su tolerancia a elevadas concentraciones salinas reduce al mínimo los riesgos de contaminaciones en el laboratorio, lo que permitiría su explotación como fábricas celulares alternativas (Ramirez y Sandoval, 2004).

El estudio realizado por Sánchez, (2006) evalúa la capacidad de cinco especies de bacterias halófilas para capturar iones sodio in vitro y diseñar una propuesta para su posible aplicación en bioremediación de suelos sódicos y salinos.

Castillo y Carvajal, (2011) realizaron un estudio sobre aplicaciones biotecnológicas de microorganismos halófilos donde se enumeran los microorganismos halófilos encontrados.; Asimismo, se hace un enfoque especial en la oportunidad de emplearlos en la bioremediación, sobre todo en ambientes extremos, como a pH alcalinos, temperaturas altas y salinidad concentrada.

2.5. Técnica para medir el crecimiento bacteriano

2.5.1. Espectrofotómetro

El espectrofotómetro es un instrumento con el que se apoya la espectrometría para medir la cantidad de intensidad de luz absorbida después de pasar a través de una solución muestra , sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra. También se utiliza en laboratorios de química y microbiología para la cuantificación de sustancias y organismos (Diaz et al, 2004).

2.5.1.1. Absorbancia

En espectrofotometría, la **absorbancia** es definida como la intensidad de la luz con una longitud de onda específica y que es pasada por una muestra es la intensidad de la luz antes de que entre a la muestra. El término es frecuentemente intercambiable con densidad óptica, si bien este último se refiere a la absorbancia por unidad de longitud. Las medidas de absorbancia son frecuentemente usadas en química analítica, ya que la absorbancia es proporcional al grosor de una muestra y la concentración de la sustancia en ésta, en contraste a la transmitancia I / I_0 , la cual varía exponencialmente con el grosor y la concentración (Diaz et al., 2004).

2.5.1.2. Medidas de masa celular y turbidez

Las células pueden dispersar la luz. Cuantas más células haya en una suspensión, más luz se dispersa. Esta dispersión se puede medir con un espectrofotómetro o con un fotómetro. Para los organismos unicelulares, la densidad óptica – unidad de medida del espectrofotómetro-, es proporcional, dentro de unos límites, a la masa celular y al número de células, por lo que se puede usar como medida de conteo indirecta. Para evitar cometer mucho error, hay que realizar una curva estándar que relacione las medidas directas con las medidas indirectas de turbidez. Además, también se puede relacionar el peso seco con el número de células: se filtra un volumen conocido y se dejan secar las muestras. La masa seca de las células bacterianas es aproximadamente un diez o veinte por ciento de la masa húmeda (Sanchez, 2012).

2.6. Medio de Cultivo

Uno de los sistemas más importantes para la identificación de microorganismos es observar su crecimiento en sustancias alimenticias artificiales preparadas en el laboratorio. El material alimenticio en el que crecen los microorganismos es el Medio de Cultivo y el crecimiento de los microorganismos es el Cultivo. Se han preparado más de 10.000 medios de cultivo diferentes. Para que las bacterias crezcan adecuadamente en un medio de cultivo artificial debe reunir una serie de condiciones como son: temperatura, grado de humedad y presión de oxígeno adecuado, así como un grado correcto de acidez o alcalinidad. Un medio de cultivo debe contener los nutrientes y factores de crecimiento

necesarios y debe estar exento de todo microorganismo contaminante. El agar es un elemento solidificante muy empleado para la preparación de medios de cultivo. Se licúa completamente a la temperatura del agua hirviendo y se solidifica al enfriarse a 40 grados. Con mínimas excepciones no tiene efecto sobre el crecimiento de las bacterias y no es atacado por aquellas que crecen en él. La Gelatina es otro agente solidificante, pero se emplea mucho menos ya que bastantes bacterias provocan su licuación (Medina, 2012).

2.6.1. Agar nutritivo

El Agar nutritivo es un medio de cultivo usado normalmente como rutina para todo tipo de bacteria. Es muy útil porque permanece solido incluso a relativas altas temperaturas. Además, el crecimiento bacteriano en este agar lo hace en la superficie, por lo que se distinguen mejor las colonias pequeñas. En un caldo de nutrientes, la bacteria crece en el líquido, y aparece como una sustancia espesa, con colonias difícilmente observables (Medina, 2012).

2.6.2. Agar Papa Dextrosa

El Agar Papa Dextrosa (Potato Dextrose Agar, PDA, por sus siglas en inglés) es un medio de propósito general para levaduras y mohos que puede ser suplementado con ácidos o antibióticos para inhibir el crecimiento bacteriano. Es recomendado para uso con métodos de conteo en placa para alimentos, productos lácteos. El Agar Papa Dextrosa (PDA) puede ser usado para el cultivo de levaduras y mohos clínicamente significativos (Medina, 2012).

2.6.3. Plate Count Agar (PCA)

El Plate Count Agar (Agar Standard Methods), es un medio utilizado para la enumeración de bacterias aeróbicas en aguas, aguas residuales y alimentos, esta formulación está especificada en Standard Methods para el examen del agua y las aguas residuales. En el PCA (Plate Count Agar), la Triptona y el Extracto de Levadura suministran las fuentes de nitrógeno y de vitaminas, que requieren para el crecimiento una vasta variedad de microorganismos, la glucosa actúa como fuente de energía (Soria, 2009).

2.7. Biol

El biol es elaborado a partir del estiércol de los animales. El proceso se lo realiza en un biodigestor, es un poco lento, pero da buen resultado; a más de obtener un abono orgánico natural, es un excelente estimulante foliar para las plantas y un completo potenciador de los suelos. El procedimiento es sencillo y sobre todo económico: Se recoge el estiércol más fresco que hayan generado los animales y se coloca en un recipiente grande, con tapa hermética, se agrega agua, leche cruda, cortezas de frutas, hojas y desechos orgánicos, mezclamos bien todos los ingredientes, luego agregamos a la tapa una manguera para el desfogue de gases. El proceso de maduración depende del clima, en zonas donde la temperatura sobre pasa los 30 grados el abono está listo para su destilación en 40 días, en zonas con climas relativamente menores su destilación se recomienda a los 60 días. La tabla 1 muestra la dosis de biol recomendada (Arana, 2011).

Tabla 1. Dosis Biol recomendada (arana, 2011)

CULTIVOS	ETAPA DE DESARROLLO	DOSIS DE APLICACIÓN
Papa, Oca, Maíz	Plantas jóvenes	medio litro de biol diluido en 20 litros de agua
	Plantas en proceso de maduración	1 litro de biol diluido en 20 litros de agua
	Plantas en maduración	2 litros de biol diluido en 20 litros de agua
Papa	Inicio de floración	2 litros de biol diluido en 13 litros de agua y extracto de una cabeza de ajo como repelente contra la polilla de papa y otros insectos

2.8. Yeso

El yeso agrícola es un mineral muy suave compuesto por sulfato de calcio di-hidratado ($\text{Ca SO}_4 \text{H}_2\text{O}$) que ha sido utilizado por los agricultores desde hace mucho tiempo. Se aplicó ampliamente como fertilizante en Europa en el siglo XVIII, incluso los griegos y los romanos lo utilizaron. Más recientemente, el yeso se ha convertido en una enmienda del suelo que ha demostrado ser capaz de recuperar suelos sódicos degradados y mejorar varias propiedades físicas del suelo. El sulfato de calcio contiene

23.3 % de calcio (Ca) y 18.6 % de azufre (S); es moderadamente soluble en agua (2.5 g/L), aproximadamente 200 veces mayor que la cal agrícola (Ponce y Torrez, 2003).

4. LOCALIZACIÓN

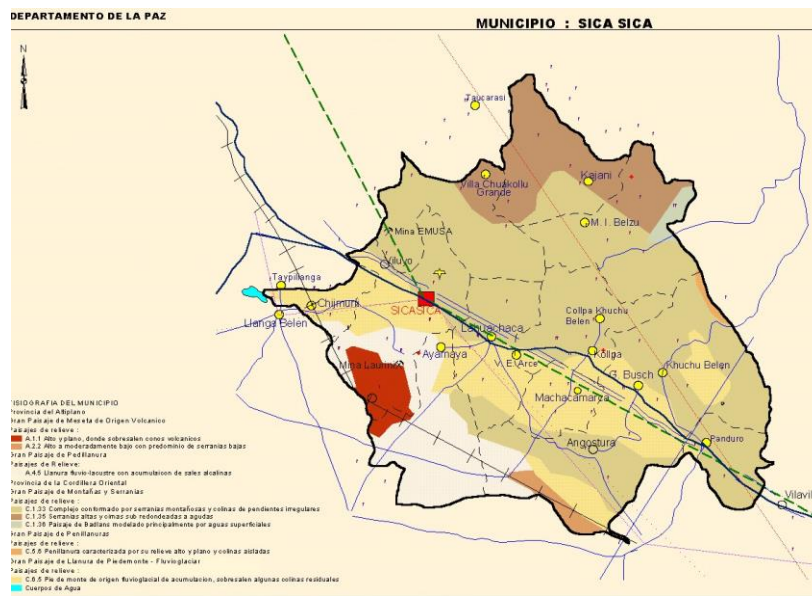
4.1. Ubicación Geográfica

Sica Sica es la primera sección Municipal de la provincia Aroma, está localizada al sur del departamento de La Paz, La extensión territorial del municipio de Sica Sica es aproximadamente 1.732 Km^2 . En comparación con los municipios de la provincia Aroma este es el que tiene mayor extensión territorial (PDM, 2006-2010).

Se recolectaron muestras de suelo provenientes de la comunidad Ayamaya ubicada en el municipio de Sica Sica de la provincia Aroma del departamento de La Paz con una latitud `sud de 17°43' 00", longitud oeste de 67° 71'0".

La primera fase del trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología Ambiental del Instituto de Biología Molecular y Biotecnología de Biología de la Facultad de Ciencias Puras y la segunda se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía situada en la Provincia Murillo.

Figura 2. Ubicación del municipio de Sica sica



Fuente: Mapa físico del IGM.

4.2. Características Ecológicas

4.2.1. Clima

El clima de la región según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI registra los meses de mayor precipitación desde octubre a marzo con una precipitación anual de 393,4mm y temperaturas en las que pueden descender hasta -2.8 °C y tener máximas de 21,4 °C, la temperatura media es de 12,4 °C. En cuanto a la humedad relativa en los meses lluviosos llega hasta 65,7% y en los meses secos de 42,5%. Con un promedio de 50,6% (PDM Sica sica, 2006-2010).

4.2.2. Vegetación

Según Beck (1995), la zona no cuenta con una inventariación de la flora completa de la puna y pisos alto andinos. En general, se podría decir que la riqueza vegetal nativa del municipio, va disminuyendo aceleradamente, posiblemente por el excesivo uso de recursos por el hombre que no está en relación con su renovación. De esta manera se tiene identificadas las siguientes especies: T'ola (*Parastrephia quadrangulari*), T'ola (*Baccharis floribunda*), Ichu (*Stipa ichu*), Paja brava (*Festuca ortophylla*), cebadilla (*Bromus unioloides*), Ajara (*Chenopodium petiolari*), Kora (*Malva silvestris*), Diente de león (*Taraxacum officinale*), Mostaza (*Brassica campestris*).

4.2.3. Suelos

Los suelos del municipio son de textura arcillosa, franco y franco arcillosa, que predomina en las llanuras y el piedemonte en cercanía a la serranía se encuentran suelos de textura areno-gravosos en los que existe bastante pedregosidad. En la cabecera de valle se encuentran suelos franco arcillosos con moderado contenido de materia orgánica (ZONISIG, 1998).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Material Experimental

5.1.1. Material Biológico

El material Biológico consistió en Bacterias Autóctonas del suelo de estudio proveniente de la Localidad de Ayamaya.

5.1.1.2. Medio de Cultivo

- PCA (Plate Count Agar)

5.1.1.3. Medio Mínimo de crecimiento bacterial

- Nitrato de Amonio
- Sulfato de Magnesio Heptahidratado
- Fosfato de Potasio
- Sulfato Ferroso Heptahidratado
- Dextrosa

5.1.2. Material de Laboratorio

-Balanza Analítica	-Vasos de precipitados
-Probeta	-Mufla
-Matraz Erlenmeyer	-Alcohol Etílico
-Balón	-Incubadora
-Cajas Petri pequeñas	-Cámara de flujo laminar
-Piseta	-Guantes
-Pipeta	-Mechero de Bunsen
-Frascos de vidrio	-Bisturí
-Asa de Vidrio	-Viales

-Micropipeta

-Mortero y Pílon

5.1.3. Material de Gabinete

- Computadora
- Planilla de datos
- Cinta de identificación
- Bolígrafo

5.1.4. Insumos

- Biol
- Yeso (Sulfato de calcio di Hidratado)
- Suelo con Bacterias Halófilas
- 32 botellas pet

5.2. Métodos

5.2.1. Procedimiento Experimental

Para la presente investigación se realizó muestreo de suelo de la capa arable a una profundidad aproximada de 0 a 20 cm de la Comunidad Ayamaya, se extrajo 30 kg de suelo y se mezcló para obtener una muestra homogénea de suelo, 1 kg. de esta muestra se la envió al laboratorio IBTEN para obtener características físico-químicas del suelo.

La investigación se dividió en dos fases: en la fase uno se realizaron pruebas de aislamiento de bacterias halófilas de la muestra de suelo de la comunidad Ayamaya, selección y repique de bacterias halófilas, además de crecimiento bacteriano y viabilidad donde se determinó las dosis de bacterias en medio líquido y dosis de biol para su colocación en los distintos tratamientos. En la Fase 2 una vez obtenida la dosis de yeso para aplicar al suelo de las macetas (Anexo22) se realizó análisis de propiedades químicas del suelo: pH, Conductividad Eléctrica ($\mu S/m^2$), Sodio (meq/100 g de suelo, para las 32 macetas estudiadas independientemente, es decir 16 con el tratamiento con bacterias halófilas y 16 con tratamiento de yeso.

a) Fase 1

5.2.1.1. Aislamiento de cepas halófilas

En la primera fase para el aislamiento de cepas halófilas del suelo de estudio se preparó cuatro frascos con agua destilada, el primero con 100ml y los tres restantes con 99ml cada uno, se llevaron a la autoclave para su esterilización y posterior enfriamiento, seguidamente se suspendió un gramo de suelo de la comunidad de Ayamaya en 100ml de agua destilada estéril y se recogió con la pipeta 1ml de la suspensión y se agregó al frasco de 99ml para las diluciones de 10^{-2} . Se repitió el procedimiento para obtener las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} cómo se observa en la Figura 3.

Se preparó cajas Petri con PCA (Plate Count Agar) 1.5% y Cloruro de Sodio (Na Cl) 1,3 M como medio de cultivo. Cerca de un mechero Bunsen, se adicionó 1ml de las diluciones 10^{-2} y 10^{-4} obtenidas a las cajas Petri esparciendo con asa de vidrio para después llevar a la incubadora a 37 °C por 7 días (Morales, 2016). Posteriormente se observaron las colonias bacterianas que se desarrollaron en las cajas.

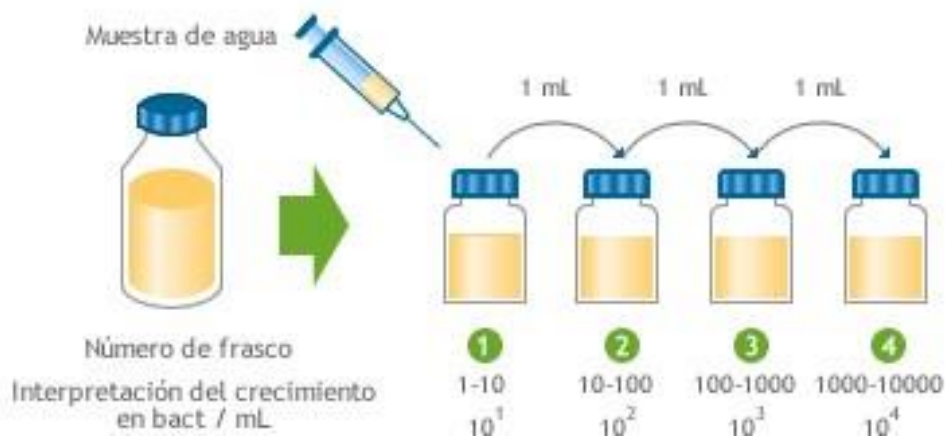


Figura 3. Técnica de recuento de bacterias por el método de dilución por extinción.
(mag microbiología, 2017)



Figura 4. Preparación del medio y esterilización del material

5.2.1.2. Selección y repique de colonias predominantes

Una vez identificadas las colonias se preparó 16 cajas Petri con medio de cultivo PCA (Plate Count Agar) y NaCl 1,3 M. En estas cajas se sembró por estría bacterias de los dos tipos predominantes de colonias en la fase de aislamiento, luego las cajas Petri fueron colocadas en la incubadora a 37°C por 7 días (Figura cinco).

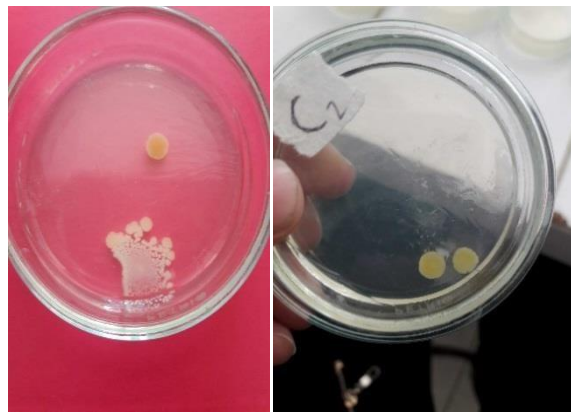


Figura 5. Crecimiento de cepas de bacterias halófilas en PCA

5.2.1.3. Crecimiento de las bacterias halófilas en presencia de diferentes dosis de biol

Se prepararon cajas Petri con 1,3 gr de PCA (Plate Count Agar) y 7,6 gr de NaCl (Cloruro de sodio) para dar condición de salinidad al medio y diferentes dosis de biol (0, 1.5, 1 ,2)ml (Figura 6). Luego se inoculo en estas cajas, por estría con las cepas bacterianas }}que fueron aisladas anteriormente. Las cajas fueron luego incubadas por 7 días a una temperatura de 37° C, finalizado el tiempo de incubación se observó cómo se dio el crecimiento en presencia de las concentraciones de biol (Morales, 2016).

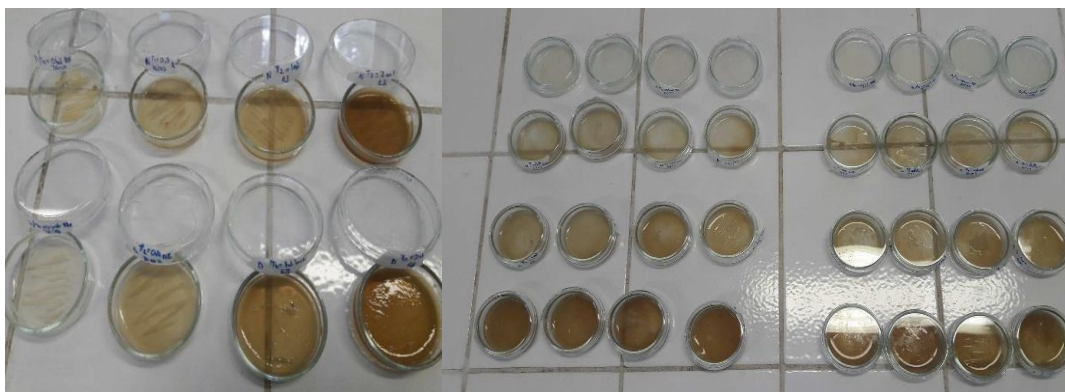


Figura 6. Supervivencia de bacterias en diferentes dosis de biol

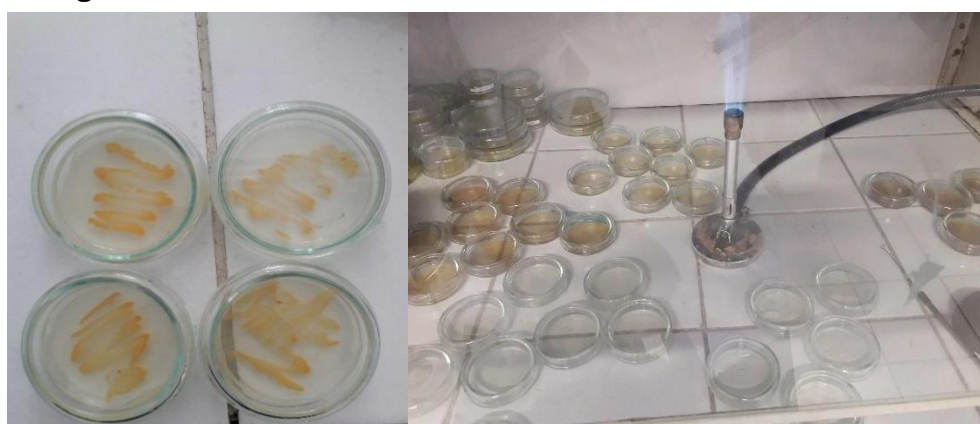


Figura 7. Siembra de bacterias por estría

5.2.1.4. Viabilidad de las cepas bacterianas en medio líquido con diferentes dosis de biol

Para determinar la viabilidad de las cepas bacterianas en medio líquido con diferentes dosis de biol se realizaron dos pruebas. Para la primera prueba, se llevó a la autoclave 60 frascos repartidos en grupos de 12 frascos que se utilizaron para los días de observación. Todos los frascos fueron inoculados con las cepas de bacterias halófilas provenientes del cultivo en agar y se incubaron en estufa a Temperatura 37°C por el lapso de ocho días para posteriormente determinar el crecimiento de la biomasa bacteriana por turbidimetría con ayuda del espectrofotómetro a una longitud de onda de 660nm (Figura 9) (Morales, 2016).

Cada grupo de frascos contenía lo siguiente (Figura 8):

- a) Control Negativo (-): Medio mínimo sin biol ni glucosa (4 repeticiones).
- b) Control Positivo (+): Medio mínimo con glucosa (10gr/Lt), (4 repeticiones).
- c) Biol como fuente de carbono: Medio Mínimo con 10% biol, (4 repeticiones)

El medio mínimo de sales contiene (Figura 8): Nitrato de Amonio 5.0 gr, Sulfato de Magnésio Heptahidratado 2.0 gr, Fosfato de Potássio 2.0 gr, Sulfato Ferroso Heptahidratado 0.1gr y Dextrosa 5 gr a un pH 6.5-7.0 gr, adicionando 500ml de agua destilada.

El seguimiento en esta primera prueba se hizo del 24 de abril al 8 de mayo 2017, tomándose las medidas cada cinco días.

La segunda prueba se realizó para confirmar los resultados de la primera prueba, utilizando frascos para control positivo (medio mínimo más glucosa) y frascos con medio mínimo más biol 10%. El seguimiento se hizo del 12 de mayo al 19 de mayo del 2017.



Figura 4. Medio mínimo de sales con diferentes concentraciones de glucosa o biol. como fuente de carbono.



Figura 5. Grupos de frascos conteniendo medio mínimo con glucosa o biol en diferentes concentraciones, para determinar si el biol puede ser utilizado como fuente de carbono.

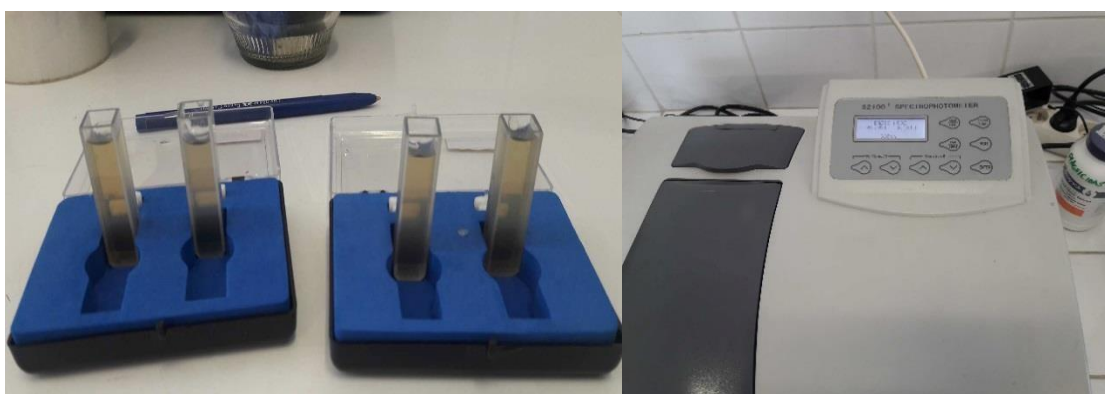


Figura 10. Medición de la absorbancia con el espectrofotómetro

5.2.1.5. Preparación de medio de cultivo con bacterias halófilas y biol para su incorporación al suelo

Después de las pruebas anteriores, se preparó medios de cultivo que contenían medio mínimo de sales y glucosa (10 g/Lt). Estos fueron inoculados con las cepas de bacterias halófilas, se los incubó a 37°C por ocho días. Luego de la incubación estos medios fueron utilizados para los distintos tratamientos que se dio al suelo de las macetas (Figura 11).



Figura 11. Medios de cultivo con bacterias halofilas y biol que se adicionaon al suelo

5.2.1.6. Determinación de la cantidad de Yeso que debe incorporarse al suelo

Mediante datos obtenidos de sodio intercambiable de 2,24 meq/ 100 gr S° y capacidad de intercambio catiónico 14,65meq/100 gr S° que nos brindó el análisis inicial de suelo del laboratorio IBTEN (Anexo 22) se determinó el valor de 1,3 gramos de Yeso que se debe aplicar en 800 gr de suelo con una frecuencia de dos semanas.

b) Fase 2

Se realizó la evaluación de las propiedades químicas del suelo luego de la aplicación de bacterias halófilas con biol y de yeso en un estudio independiente. Se prepararon macetas que contenían 800 gramos de suelo separándolas en tratamientos con sus respectivas repeticiones. El total de unidades experimentales fue de 32 macetas que fueron distribuidas al azar en el área de estudio. Por tanto, se prepararon 16 macetas con suelo y medio de cultivo que contenía bacterias halófilas y biol, y 16 macetas con suelo y yeso, los dos grupos fueron analizados de forma independiente.

La determinación de las Propiedades Químicas (C.E, pH y Na int.) se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de acuerdo a la metodología descrita en el libro de Miranda y Caballero (2015):

5.2.1.7. Determinación del pH

El pH se determinó con un potenciómetro en muestras con relación suelo: agua 1:5. Para esto se pesó 10 gramos de suelo y se adicionó 50 ml de agua destilada. Las mezclas suelo y agua fueron llevadas a la mesa de agitación por 15 min a 200rpm. Al finalizar la agitación se mantuvo 15 min en reposo y se realizó la lectura de pH en el sobrenadante (Figura 12).



Figura 12. Preparación y medición de pH en el suelo

5.2.1.7. Determinación de la Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica se determinó con un conductivímetro de la marca OAKTON CON6 (Figura 13), se utilizó una dilución 1:5 pesando 10 gramos de suelo, adicionando 25 ml de agua destilada, luego se llevó a la mesa agitadora por 30 minutos a una velocidad de 200 revoluciones por minuto dejando decantar la parte sólida por 15 minutos y realizar la lectura correspondiente.



Figura 13. Medición de pH en el suelo

5.2.1.8. Contenido de Sodio intercambiable

Se midió la concentración de sodio intercambiable al inicio (primera semana), media etapa (cuarta semana) y final de la investigación (séptima semana). Para ello se pesó 1,5 gramos de suelo tamizado a 1mm en un vaso de precipitado, se añadió la solución extractante (20 ml de acetato de amonio 1N), luego se llevó a la mesa de agitación a 250rpm durante una hora. Se dejó reposar 12 a 24 horas, se filtró y extrajo una alícuota de 0,3ml, se añadió el inhibidor con 5ml de agua destilada, posteriormente se realizó la curva de calibración y se realizó la lectura en el equipo de absorción atómica como se muestra en la Figura 14.



Figura 14. Medición de contenido de sodio intercambiable en el suelo

5.3 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue un Diseño Completamente al Azar en el cual el experimentador asigna las unidades experimentales a los tratamientos en forma aleatoria, con la única restricción del número de observaciones que se tomarán en cada tratamiento. (Ochoa, 2009).

Para aleatorizar se utilizó una tabla de números aleatorios con la que se eligió las unidades experimentales que recibieron cada tratamiento. Como cada tratamiento tenía cuatro repeticiones, los primeros cuatro números aleatorios obtenidos se asignaron al tratamiento 1, los siguientes cuatro números aleatorios al tratamiento 2, y así sucesivamente. Según Pascuali (2009), el diseño al completo azar se utiliza cuando las condiciones del sitio o lugar experimental son totalmente homogéneas.

El modelo estadístico lineal aditivo corresponde al siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Cualquier observación μ
= Media general

α_i = efecto i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

El método de análisis estadístico consistió en la realización de prueba de comparación de medias Duncan con el programa Infostat.

5.3.1 Croquis experimental

En la Fase 1 el crecimiento bacteriano se realizó según enfoque cualitativo (visual) y cuantitativo (método de turbimetría en medio líquido).

Enfoque Cualitativo: El enfoque cualitativo consistió en el Aislamiento de bacterias halófilas y el crecimiento de bacterias por estría en diferentes concentraciones de biol, en la Figura 15 se muestra cómo se distribuyeron dentro de la incubadora las cajas Petri que contenía medio de cultivo PCA (Plate Count Agar), biol y bacterias.

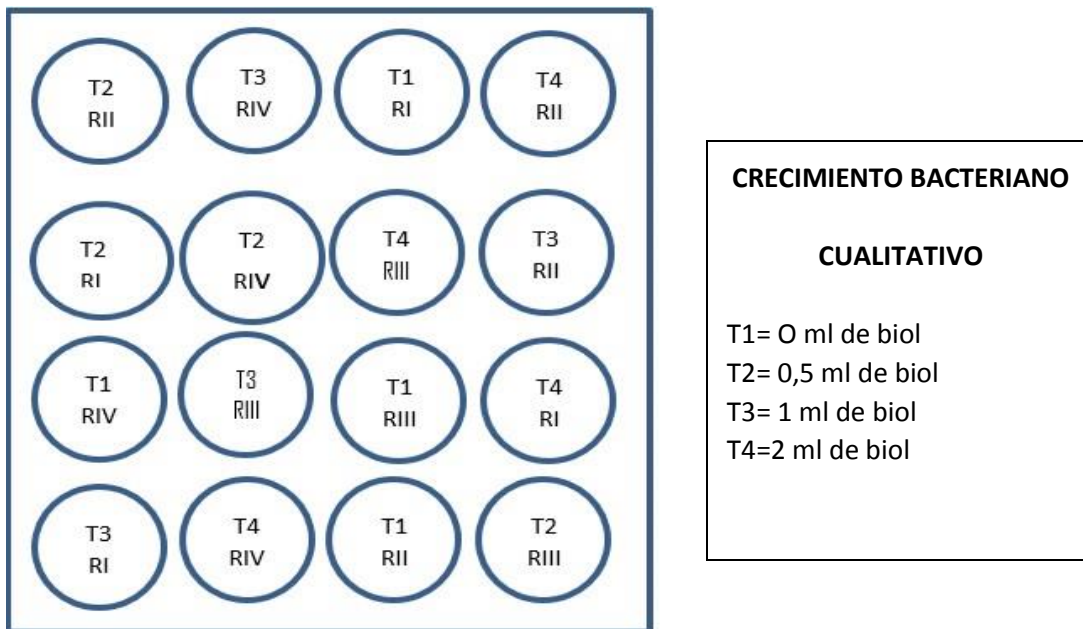


Figura 15. Distribución de las cajas Petri para determinar el crecimiento bacteriano en forma cualitativa

Enfoque Cuantitativo:

En la Figura 16 se observa cómo fueron agrupados los 12 frascos por cada día de observación, los datos de absorbancia del espectrofotómetro fueron medidos cada cinco días hasta terminar con el grupo final de 12 frascos. Cada frasco contenía medio mínimo de sales y fueron inoculados con bacterias halófilas provenientes del cultivo en agar, los controles se observan en la Figura 17.

CONTROL DE CRECIMIENTO (PRUEBA 1)			CONTROL DE CRECIMIENTO (PRUEBA 2)	
24 de abril			<ul style="list-style-type: none">Control1: medio mínimo + GlucosaBiol 10%: Biol+ medio mínimo	
C1-T	C2-T	C3-T		
C1-1	C2-1	C3-1		
C1-2	C2-2	C3-2		
C1-3	C2-3	C3-3		
28 de abril			12 de mayo	
C1-T	C2-T	C3-T	C1-T	C2-T
C1-4	C2-4	C3-4	C1-1	C2-1
C1-5	C2-5	C3-5	C1-2	C2-2
C1-6	C2-6	C3-6	C1-3	C2-3
2 de mayo			16 de mayo	
C1-7	C2-7	C3-7	C1-T	C2-T
C1-8	C2-8	C3-8	C1-4	C2-4
C1-9	C2-9	C3-9	C1-5	C2-5
8 de mayo			C1-6	C2-6
C1-0	C2-0	C3-0	19 de mayo	
C1-10	C2-10	C3-10	C1-7	C2-7
C1-11	C2-11	C3-11	C1-8	C2-8
C1-12	C2-12	C3-12	C1-9	C2-9
12 de mayo				
C1-0	C2-0	C3-0		
C1-13	C2-13	C3-13		
C1-14	C2-14	C3-14		
C1-15	C2-15	C3-15		

Figura 16. Distribución de los grupos de frascos con medio líquido e inoculación de bacterias para medir el crecimiento bacteriano a través del tiempo.

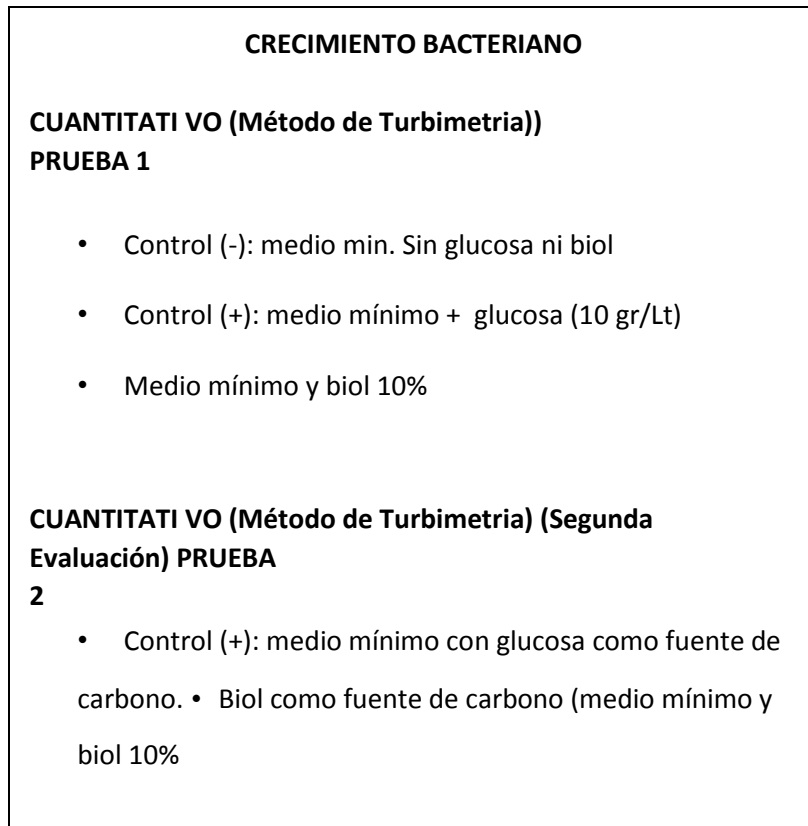


Figura 17. Descripción de tratamientos existentes en los frascos para determinar el crecimiento bacteriano por el método de turbimetrica

Para la Fase 2 se evaluó las propiedades químicas del suelo (pH, C.E. y contenido de Sodio) en las macetas con los tratamientos de cultivo bacteriano con biol, agua y por otra parte en las macetas con las dosis de yeso y agua. Los tratamientos fueron añadidos al suelo antes de la medición de datos, segunda, cuarta y sexta semana y se registró las variables de respuesta cada semana. Cabe mencionar que se realizó dos ensayos por el incremento desfavorable de la conductividad eléctrica debido a la utilización del biol cambiando drásticamente las dosis de biol. El primer ensayo se evaluó un mes posteriormente se reinició una nueva evaluación por el lapso de siete semanas.

A continuación, se muestran los tratamientos utilizados para los dos ensayos.

Tabla 2. Tratamientos para la inoculación de bacterias con dosis altas de biol

TRATAMIENTOS	
Testigo 0	Suelo+200ml agu
Tratamiento 1	40 ml de cultivo bacteriano+50 ml Biol+200ml de agua
Tratamiento 2	40 ml cultivo bacteriano++150ml Biol+200ml de agua
Tratamiento 3	40 ml cultivo bacteriano+200ml Biol+200ml de agua

Tabla 2. Tratamientos para la inoculación de bacterias con dosis ajustadas "bajas" de biol

TRATAMIENTOS	
Testigo 0	Suelo+800mlagua
Tratamiento 1	40 ml de cultivo bacteriano+800ml de agua
Tratamiento 2	40 ml cultivo bacteriano+25ml Biol+500ml de agua
Tratamiento 3	40 ml cultivo bacteriano+50ml Biol+800ml de agua

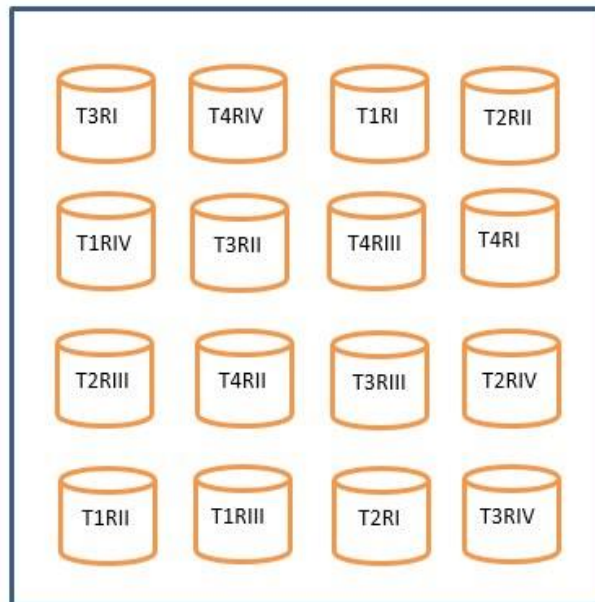


Figura 18. Distribución de los tratamientos en el área de estudio para la inoculación de las bacterias y en biol en el suelo.

Para la segunda experimentación se realizó el mismo análisis estadístico, pero incorporando yeso al suelo y estudiando independiente de las macetas con bacterias halófilas (Tabla 5).

Las dosis de tratamiento fueron obtenidas según el nivel agronómico recomendable del 2% (Anexo 22).

Tabla 3. Descripción de tratamientos en la incorporación de yeso al suelo

TRATAMIENTOS	
Testigo 0	Sin Nada (solo agua)
Tratamiento 1	0,38 gr yeso+800ml de agua
Tratamiento 2	1,3gr yeso + 800ml Agua
Tratamiento 3	2,3gr yeso + 800ml Agua

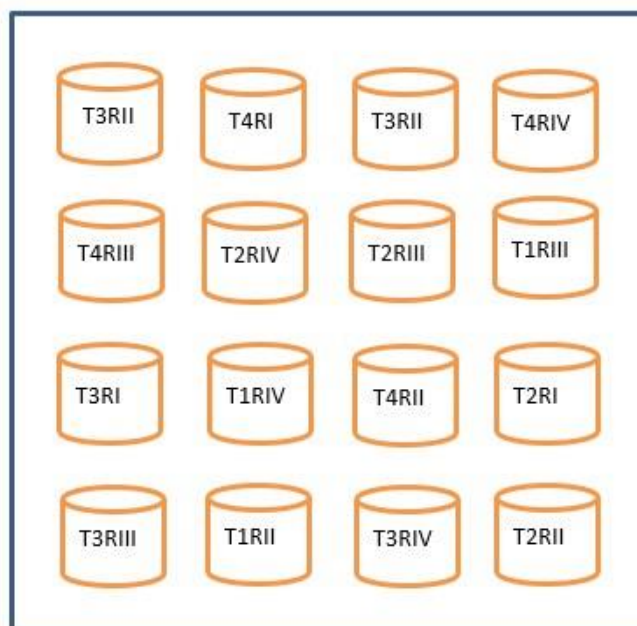


Figura 19. Distribución de las unidades experimentales y la incorporación de yeso en el suelo.

5.4. Variables de Respuesta

Las variables de respuesta para esta Investigación son:

Tabla 4. Variables de respuesta

FASE	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO
1	Grado de crecimiento de bacterias halófilas	Cualitativa	Crecimiento de bacterias	visual	Repique y siembra por estrías
	Grado de crecimiento de bacterias halófilas	Cuantitativa	Viabilidad de bacterias	Absorbancia (A)	Espectrofotómetro
2	Propiedades Químicas	Cuantitativa	Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	Conductivímetro
	Propiedades Químicas	Cuantitativa	p H	01 al 14	Potenciómetro
	Propiedades Químicas	Cuantitativa	Cont. Na intercambiable	meq/100 gr S	Absorción Atómica

Fuente: Elaboración propia

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación, se observa los resultados de las evaluaciones realizadas sobre el efecto de la aplicación de biofertilizante con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas de un suelo salino-sódico.

Fase I: Esta fase comprende el estudio del crecimiento bacteriano según enfoque cualitativo (visual por estrías) y cuantitativo (método de turbimetría en medio líquido).

6.1. Aislamiento de bacterias halófilas:

Después de los 7 días se observó la aparición de colonias en dos diluciones como indica la Tabla 6. Se escogió una colonia amarilla y una colonia anaranjada para realizar el repique por estrías y para utilizarlas en las pruebas siguientes.

Tabla 6. Aislamiento de bacterias halófilas en diferentes diluciones

Recuento de bacterias por Dilución			
Dilución 10-2		Dilución 10-4	
RI (10-2)	3 (amarilla)	RI (10 -4)	No existe
RII (10-2)	2 (anaranjada)	RII (10 -4)	Poco
RIII (10-2)	1 (anaranjada)	RIII (10-4)	No existe
RI (10 -2)	Presencia de hongos	RI (10-4)	No existe
RII (10 -2)	3 (anaranjadas)1(ama)	RII (10-4)	No existe
RIII (10 -2)	3 (anaranjada)	RIII (10-4)	No existe

6.2. Efecto de diferentes dosis de biol sobre crecimiento de las bacterias halófilas (Enfoque cualitativo)

Para dar condiciones de salinidad al medio de cultivo y poder aislar bacterias tolerantes a la sal añadimos 7,65 gr/Lt de Na Cl al medio de cultivo PCA. En primera instancia se confirma la dificultad de crecer de estos microorganismos en condiciones salinas extremas, solamente aparecieron dos tipos colonias de bacterias halófilas. Se seleccionó la colonia anaranjada debido a que siguió presentando crecimiento cuando se incorporó biol en pequeña cantidad, como se observa en la Tabla 7, las colonias de coloración anaranjada siguen apareciendo cuando se coloca en el medio 1ml de Biol con un crecimiento moderado, en cambio las colonias amarillas no crecen ni con dosis mínima de biol 0,5 biol; es decir que las colonias de color amarilla son microorganismos más sensibles a factores extremos; por tanto las bacterias de coloración anaranjada son las que se seleccionó para trabajar en la experimentación.

Los resultados de la evaluación del crecimiento de biomasa bacteriana en las cajas Petri con PCA, NaCl y diferentes dosis de biol se observa en la Tabla 7. El biol causa inhibición de crecimiento bacteriano de la colonia amarilla, por tanto, se la descartó para las pruebas siguientes

Tabla 7. Número de colonias en medio de cultivo PCA con diferentes dosis de Biol.

Tratamiento	Presencia de Colonias		TRATAMIENTOS
	Colonia Anaranjada	Colonia amarilla	
To Prom	Abundante	Abundante	To= Testigo
T1 Prom	Moderado	Sin crecimiento	T1= 0,5 ml Biol
T2 Prom	Moderado	Sin crecimiento	T2 = 1ml de Biol
T3 Prom	Sin crecimiento	Sin crecimiento	T3 = 2ml de Biol

Tabla 8. Valores referenciales para ponderar el porcentaje de crecimiento de bacterias halófilas en el medio de cultivo con biol.

Crecimiento de bacterias	%
Sin crecimiento	0
Moderado	50
Abundante	100

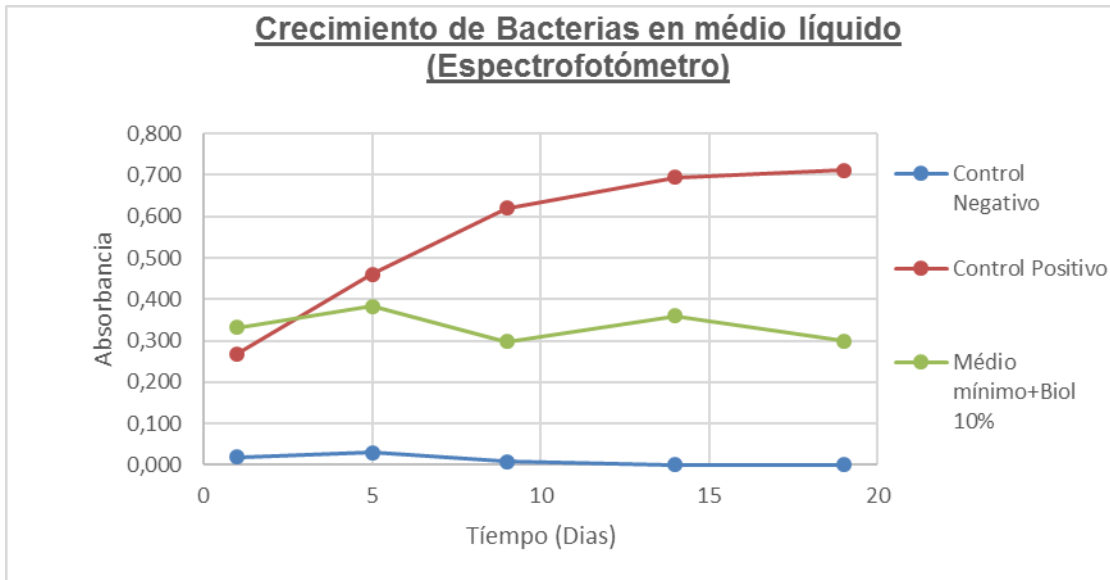
Fuente: Elaboración propia

Las bacterias halófilas, o fines a la sal, son organismos extremófilos; es decir, adaptados a condiciones ambientales muy difíciles de soportar para la mayoría de los seres vivos; en este caso, altísimas concentraciones de sal (Castillo, 2015).

El crecimiento microbiano puede estar influido por una variedad de factores, tanto físicos como nutricionales. Los factores físicos incluyen: la concentración de iones hidrógeno (pH), la temperatura, la concentración de oxígeno, la humedad, la presión hidrostática, la presión osmótica y la radiación. Los factores nutricionales comprenden: la disponibilidad de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y otros minerales, y en algunos casos vitaminas (Rodríguez, 2001).

6.3. Crecimiento bacteriano en medio líquido (Enfoque cuantitativo)

De acuerdo a la Figura 20, correspondientes a la primera prueba se observa que el tratamiento control 2, conformado por medio mínimo de sales, glucosa y bacterias halófilas es el control que tiene un crecimiento exponencial en los primeros 20 días. Por otro lado, el tratamiento de 10% biol y medio mínimo de sales presentó un crecimiento bacteriano constante en el tiempo, pero no mayor respecto al control 1 (control positivo). De este comportamiento, se puede concluir que la presencia de carbono (glucosa) en el medio, favorece el crecimiento y aumenta la posibilidad de sobrevivencia de las bacterias. Asimismo, el contenido de biol mantiene constante a la población bacteriana en el tiempo, lo que implica que la glucosa es una mejor fuente de carbono. El tratamiento (control 1), al que se aplicó solo un medio mínimo de sales sin ninguna fuente de carbono, fue la que menor crecimiento presentó esto en los 20 días lo que afirma que las bacterias necesitan una fuente de carbono para asegurar su sobrevivencia.



Donde:

- Control 1 (Control negativo): medio mínimo de sales sin glucosa ni biol;
- Control 2 (Control positivo): medio mínimo de sales con glucosa (10gr/Lt);
- Biol: medio mínimo + 10%biol.

Figura 20. Tendencia de crecimiento de bacterias en medio mínimo líquido

Tabla 9. Controles de crecimiento bacteriano

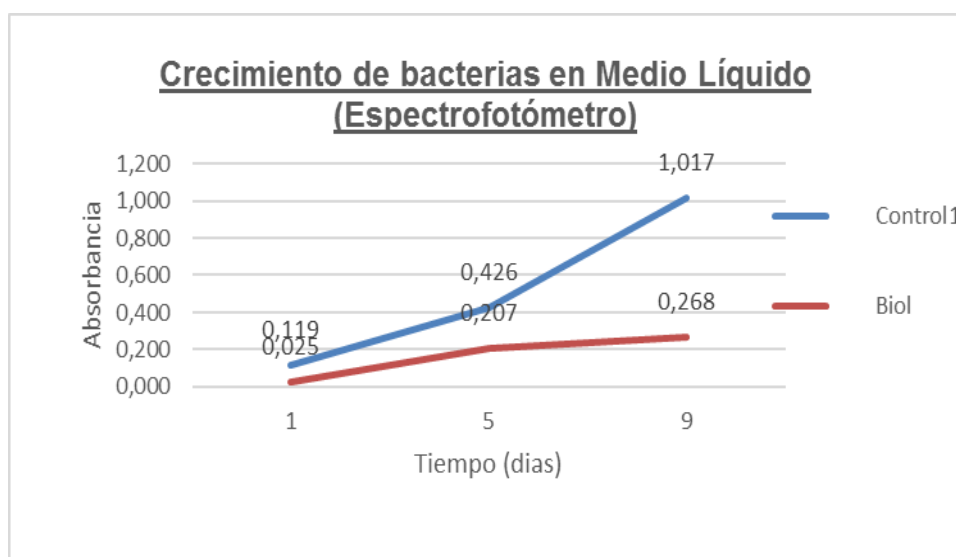
CONTROL 1	CONTROL NEGATIVO (Medio mínimo sin glucosa ni biol)
CONTROL 2	CONTROL POSITIVO (Medio mínimo con glucosa (10gr/Lt))
Biol	fFuente de carbono (medio mínimo + 10%Biol)

Tabla 10. Crecimiento en días de bacterias en medio líquido

DIAS	Absorbancia		
	Control1	Control 2	Biol
24 de abril	0,019	0,268	0,332
28 de abril	0,030	0,460	0,384
2 de mayo	0,008	0,620	0,298
8 de mayo	no detectable	0,694	0,361
12 de mayo	no detectable	0,712	0,300

Una vez seleccionado los controles de mayor crecimiento realizamos la segunda prueba (Figura 21) con glucosa y el otro tratamiento añadiendo 10% de biol, tomando en cuenta las dos diferentes fuentes de carbono a través del tiempo.

La Figura 21 nos muestra que ambos controles de crecimiento a media que pase el tiempo las bacterias siguen un crecimiento normal, destacando el control 1 donde se demuestra que la glucosa es el agente que motiva el crecimiento debido a que en su estructura posee 6 átomos de carbono en cambio el biol tiene 0,25 de carbono orgánico.



Donde:

- Control 1: Medio mínimo con glucosa (10gr/Lt)
- Biol: Medio mínimo con Biol 10%

Figura 21. Tendencia de crecimiento bacteriano en medio líquido utilizando dos fuentes de carbono.

Tabla 11. Controles de crecimiento II (Fuentes de carbono)

CONTROL 1	Medio mínimo con glucosa (10gr/Lt)
BIOL (Fuente de carbono)	Medio mínimo con Biol 10%

DIAS	Absorbancia	
	Control1	Biol
1	0,119	0,025
5	0,426	0,207
9	1,017	0,268

Las bacterias utilizan la glucosa como fuente de carbono, como parte importante de su metabolismo, muchas de ellas solo requieren adicionalmente algunas moléculas simples para crecer y son consideradas nutricionalmente no exigentes, o las requieren compuestos más exigentes (Merino, 2012).

Cuando un microorganismo está en un medio adecuado para su crecimiento se va a reproducir. Si el medio no es adecuado, permanece en fase de latencia, muere o esporula. Cuando un microorganismo crece, lo hace de forma equilibrada: sintetiza todos sus componentes cuando los necesita. El tiempo de generación es el tiempo que tarda una célula madre en proporcionar dos células hijas, y depende del medio de cultivo (Pino, 2016).

Los microorganismos en fase de crecimiento realizan réplicas de sí mismos y requieren de los elementos que se encuentran en su composición química. Se le deben brindar los elementos nutritivos en una forma accesible desde el punto de vista metabólico. Además, los microorganismos requieren energía metabólica con el objetivo de sintetizar macromoléculas y conservar los gradientes químicos esenciales a través de sus membranas. Durante el crecimiento se deben regular los factores nutricionales (carbono, nitrógeno, azufre y fósforo, elementos trazas y vitaminas) y los factores físicos (pH, temperatura, oxígeno, humedad, presión hidrostática, presión osmótica y radiación) (Rodríguez, 2001).

El carbono es el elemento más abundante en las macromoléculas muchos procariontes necesitan algún tipo de compuesto orgánico como fuente de carbono para hacer nuevo material celular (Montes, 2012).

Los microorganismos poseen en su estructura, como elemento predominante el carbono, por lo que es deducible que necesitan hacer un intercambio del elemento con el medio. La falta de las fuentes de carbono implica que las bacterias deben luchar con otras y buscar otros métodos para nutrirse (Zarate, 2003).

Fase 2

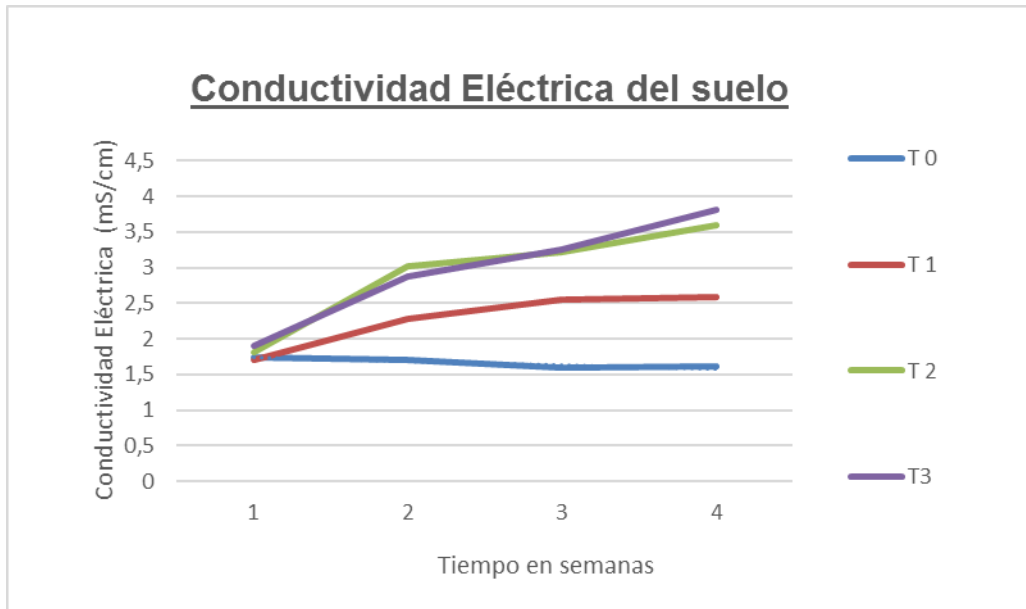
6.4. Propiedades Químicas del suelo

6.4.1. Conductividad Eléctrica en suelo adicionando medio de cultivo con bacterias halófilas y dosis altas de biol

Observando la Figura 22, el Tratamiento testigo T0 donde se incorporó solamente agua en las macetas muestra una mínima reducción de C.E. a través del tiempo, en cambio con los tratamientos T1, T2, T3 la conductividad eléctrica aumento considerablemente los niveles de salinidad en el suelo en un corto tiempo siendo que el tratamiento 3 con 200ml de biol (dosis alta) más el cultivo bacteriano registro valores de 3.8 mS/cm y el tratamiento dos con 150 ml de biol en la cuarta semana registro valores de 3,60 mS/cm, por tal motivo se pauso la experimentación en la cuarta semana con el objetivo de identificar el factor causante del incremento desfavorable de la conductividad eléctrica.

Se identificó al biol como el factor causante de este incremento debido a que en los análisis (Anexo 20) presentaba una conductividad eléctrica muy alta de C.E.= 18mS/cm, por tal motivo se decidió comenzar un nuevo ensayo utilizando concentraciones ajustadas de biol tomando en cuenta la referencia de la Tabla 1 (ver revisión bibliográfica).

La tabla para interpretación de suelos agrícolas que utilizamos para los resultados podemos consultar en el Anexo 23 y 24.



Donde:

Testigo 0 = 200 ml de agua;

Tratamiento 1= 40 ml cultivo bacteriano+50 ml Biol+200ml de agua

Tratamiento 2: 40 ml cultivo bacteriano+150ml Biol+200ml de agua;

Tratamiento 3: 40 ml cultivo bacteriano+200ml Biol+200ml de agua.

Figura 22. comportamiento de la conductividad eléctrica del suelo incorporando cultivo bacteriano, agua y dosis altas de biol.

Tabla 12. Valores promedio semanales de la conductividad eléctrica

TRATAMIENTOS (Datos de la C.E. (mS/cm))				
Tiempo (Semanas)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	1,74	1,71	1,81	1,91
2	1,70	2,28	3,03	2,88
3	1,59	2,56	3,21	3,26
4	1,61	2,58	3,60	3,81

6.4.1.1 Análisis de Varianza de C.E. de la Primera semana y última semana

En la primera semana de observación de la evaluación de la conductividad eléctrica del suelo, el análisis de varianza o prueba de significación que se observa en la Tabla 13 muestra que si existen diferencias significativas entre los tratamientos $p=0.0345$ es menor al nivel alfa 0,05, igualmente en la última semana el según el análisis de varianza nos muestra que el valor de $p=0,0001$ lo que indica que hay diferencia significativa entre tratamientos, mostrando un incremento desfavorable con medias de (T1=2,58 , T2=3,60 y T3=3,81) mS/cm, estos valores elevados de

salinidad nos indican que se debe disminuir las dosis de biol en el suelo de lo contrario afectaría el crecimiento normal del cultivo bacteriano y las propiedades del suelo.

Tabla 13. Análisis de la varianza de la conductividad eléctrica en el suelo con bacterias y dosis altas de biol para la primera y última semana

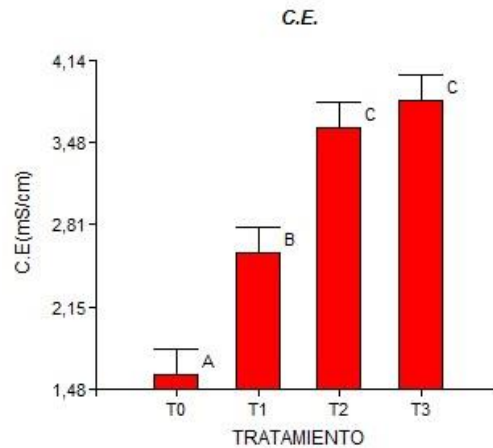
Semana	Coefficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados (mS/cm)	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	4,85	4	3	4	0,0345	*
Última	14,41	12,4	3	23,69	<0,0001	**

Tabla 14. Comparación de medias ajustadas Duncan para la conductividad eléctrica de la primera semana de evaluación

TRATAMIENTO	Medias (mS/cm)	E.E.	n	Duncan
T1	1.71	4	0.04	A
T0	1,74	4	0.04	A
T2	1,81	4	0.04	A B
<u>T3</u>	1.91	4	0.04	B

Tabla 15. Comparación de medias ajustadas Duncan para la conductividad eléctrica de la última semana de evaluación

TRATAMIENTO	Medias (mS/cm)	E.E.	n	Duncan
T0	1,61	4	0.21	A
T1	2,58	4	0.21	B
T2	3,60	4	0.21	C
<u>T3</u>	3,81	4	0.21	C



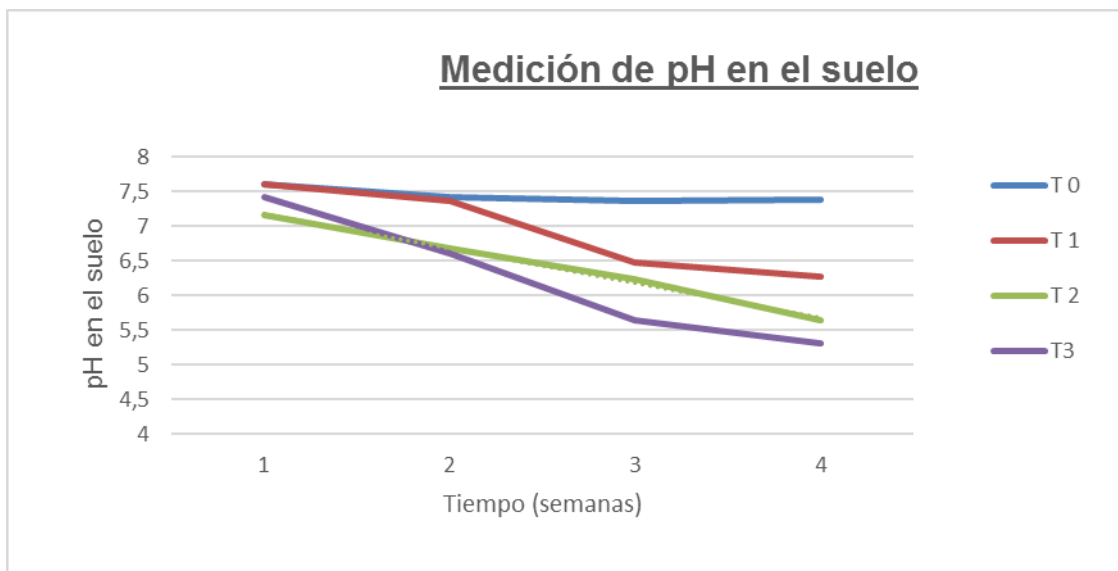
Donde: T0: Testigo 200ml agua, T1: 40ml de cultivo bacteriano+50ml de Biol+200 ml de agua; T2: 40 ml cultivo bacteriano+150ml Biol+200ml de agua; T3: 40 ml cultivo bacteriano+200ml Biol+200ml de agua.

Figura 23. Comparación de tratamientos según la C.E. del suelo de la última semana

6.4.2. pH en el suelo con cultivo bacteriano y dosis alta de biol

En el caso del pH en el suelo al incorporar dosis altas de biol se observa (Figura 24), que el tratamiento 0 incorporando 200ml de agua no presenta una variación del pH presentando los valores de 7,59 en la primera semana a un pH de 7,38. Por otra parte, los tratamientos a los que se incorporó alta cantidad de biol los valores de pH disminuyeron de 7,15 a 5,68 en el T2 y en el T3 disminuyeron de 7,41 a 5,32 en la cuarta semana volviéndolo al suelo ligeramente ácido. El análisis de pH de biol es de 7,75 valor que no afectaría a que el suelo disminuya su pH, por lo que se concluye lo descrito por Guerreiro et.al., 2012, que existe acción de microorganismos en el suelo que a una mayor concentración de carbono, mayor será la reproducción bacteriana y por lo tanto mayor la respiración por lo que la producción de dióxido de carbono que se convierte en ácido carbónico lo que produciría tal acidificación por efecto de los microorganismos, lo que explicaría la siguiente fórmula.





Donde:

Testigo 0 = 200 ml de agua;

Tratamiento 1= 40 ml cultivo bacteriano+50 ml Biol+200ml de agua

Tratamiento 2: 40 ml cultivo bacteriano+150ml Biol+200ml de agua;

Tratamiento 3: 40 ml cultivo bacteriano+200ml Biol+200ml de agua.

Figura 24. Comportamiento del pH en el suelo con cultivo bacteriano y dosis altas de biol.

Tabla 16. Valores promedio semanales del pH en el suelo

Tiempo (semana)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	7,59	7,60	7,15	7,41
2	7,41	7,35	6,68	6,60
3	7,36	6,47	6,23	5,65
4	7,38	6,27	5,65	5,31

6.4.2.1. Análisis de Varianza de pH de la primera y última semana

En lo que respecta a la medida de pH en el suelo incorporando las dosis altas de biol, en la primera semana (Tabla 17) no hubo diferencia significativa entre tratamientos ($p=0,382$). En la última semana del ensayo el análisis de varianza mostró que sí se tenían alta diferencias significativas $p= 0,0001$. Las mayores dosis de biol dieron lugar a un decremento en el pH o acidificación. El tratamiento

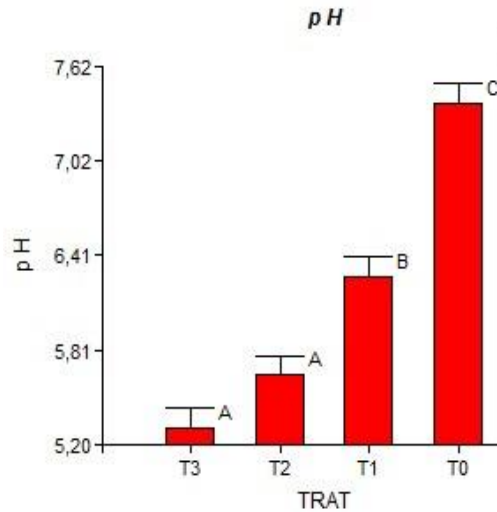
3 mostró un valor de pH del 5,31 en la última semana no teniendo diferencia estadísticamente significativa con T2. En cambio, los tratamientos T0 y el T1 no mostraron cambios bruscos en el pH, su media estuvo en el rango de 6-7 que corresponde a un pH neutro. La Figura 25 muestra que los tratamientos con dosis altas de biol tuvieron menor pH, como se mencionó anteriormente la acidificación del medio pudo deberse al efecto de la producción de carbono de los microorganismos en contacto con el agua y el suelo.

Tabla 17. Análisis de varianza del pH en el suelo con bacterias y dosis altas de biol

Semana	Coefficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	5,32	0,52	3	1,11	0,3823	NS
Última	4,04	9,97	3	53,78	<0,0001	**

Tabla 18. Análisis de la varianza del pH en el suelo con bacterias y dosis ajustadas de biol

TRATAMIENTO	Medias	E.E	n	Duncan
T3	5,31	4	0.12	C
T2	5,65	4	0.12	C
T1	6,28	4	0.12	B
<u>T0</u>	7,39	4	0.12	A



Donde: T0: 200ml agua, T1: 40ml de cultivo bacteriano+50ml de Biol+200 ml de agua; T2: 40 ml cultivo bacteriano+150ml Biol+200ml de agua; T3: 40 ml cultivo bacteriano+200ml Biol+200ml de agua.

Figura 25. Comparación de tratamientos según el pH del suelo de la última semana

BIOAGGIL. (2008) menciona, cuando el pH del suelo aumenta, la disponibilidad de la mayor parte de los nutrientes baja. Y al contrario cuando este es bajo, la disponibilidad de los nutrientes aumenta. Cuando la tierra es más ácida, la alta concentración de iones de hidrógeno (H^+) se combina con varios elementos, formando ácidos que tienen el efecto de disolver los compuestos de la tierra que contienen los nutrientes.

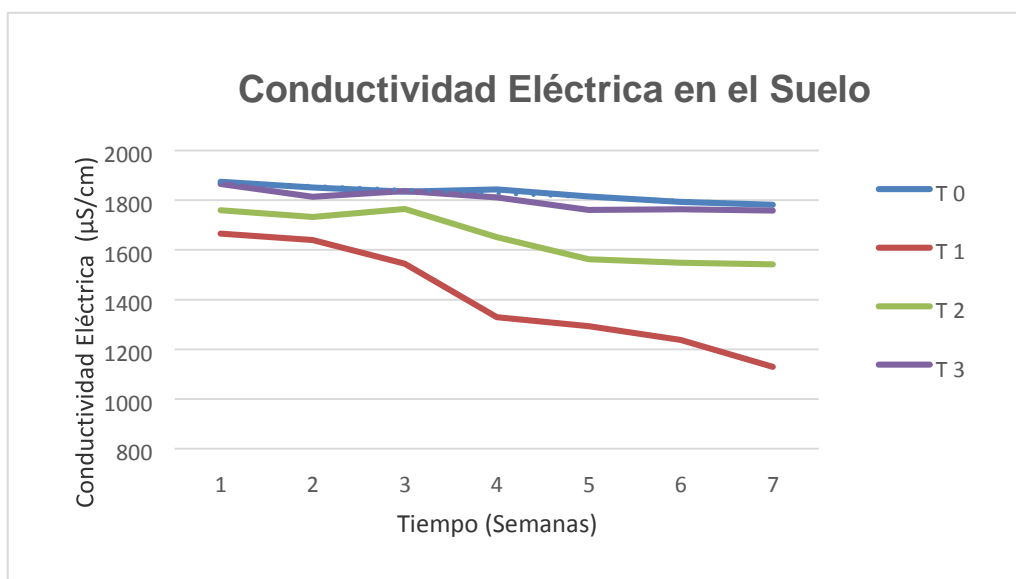
Por acción de microorganismos en el suelo, se libera dióxido de carbono que se transforma fácilmente en bicarbonato, esta reacción libera hidrogeno que acidifica el suelo (Melgar ,2014).

6.4.3 Conductividad Eléctrica en suelo con bacterias y dosis “ajustadas” de biol

Al observar el incremento mencionado en el primer ensayo por las dosis altas de biol incorporado se decidió reducir el contenido de biol para asegurar la sobrevivencia de las bacterias y a la vez cumplir con su requerimiento de fuente de carbono (Tabla 1).

La Figura 26 muestra como disminuye la conductividad eléctrica desde la cuarta semana, el T0 presenta una pequeña disminución a la que se atribuye al lavado de sales, el T1 donde se aplicó 40ml de cultivo bacteriano resulto ser mejor comparado con el T2 y T3 a los que se agregó biol en dosis ajustadas de 25 y 50 ml respectivamente. En el T3 se observa que la conductividad eléctrica se estabiliza por el biol incorporando es decir no es buen conductor de sales, se concluye que a mayor dosis de biol existe mayor concentración de sales en el suelo, lo que limitaría el desarrollo de las bacterias, esto explica la reducción de conductividad eléctrica del T1 añadiendo cultivo bacteriano y agua.

La reducción de conductividad eléctrica del T1 llego a una conductividad eléctrica de 1666-1129 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esta disminución puede ser explicada por el metabolismo de absorción de su biomasa donde las bacterias acumularían y/o liberarían sales a medida que van creciendo.



Donde:

- Testigo 0 = 800 ml de agua;
- Tratamiento 1= 40 ml cultivo bacteriano+800ml de agua
- Tratamiento 2: 40 ml cultivo bacteriano+25ml Biol+500ml de agua;
- Tratamiento 3: 40 ml cultivo bacteriano+50ml Biol+800ml de agua.

Figura 26. Comportamiento de la conductividad eléctrica en el suelo con dosis corregidas.

Tabla 19. Valores promedio semanales de C.E. en un suelo con cultivo bacteriano y dosis "ajustadas" de biol

TRATAMIENTOS (Datos de la C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$))				
semanas	T 0	T 1	T 2	T 3
1	1874,25	1666,00	1760,25	1865,50
2	1851,25	1639,25	1733,00	1814,25
3	1834,75	1544,50	1764,75	1837,00
4	1844,00	1329,00	1651,50	1811,50
5	1815,25	1292,50	1562,75	1761,50
6	1793,75	1238,00	1548,50	1764,00
7	1781,50	1129,00	1541,75	1759,00

6.4.3.1 Análisis de Varianza de C.E. de la Primera semana

De acuerdo a la Tabla 20 se observa que en la primera semana de observación según el análisis de varianza los tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas $p=0,0601$, el coeficiente de variabilidad que muestra el programa Infostat es bajo de 4,71 lo que indica un buen manejo de unidades experimentales y el análisis de varianza obtenido para la última semana de registro, muestra que el valor p es 0,0001, lo que indica que si existe alta diferencia significativa entre tratamientos. Al realizar la prueba de comparación de medias con el test Duncan (Tabla 21) se observó que el tratamiento T1 dio lugar al menor valor de conductividad eléctrica con una media de 1129,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en este tratamiento incorporó 40 ml de bacterias sin añadir biol y mostró ser estadísticamente diferente con los tratamientos T0, T2, T3. El T2 donde se incorporó 40 ml de bacterias+ 0,025lt de biol y 0,5 lt de agua es el segundo mejor tratamiento con el valor de la media de 1541,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$, finalmente el T3 y T0 son iguales estadísticamente entre sí, es decir no hubo un cambio significativo en la disminución de la conductividad eléctrica.

El mayor problema de salinidad sucede cuando un suelo no salino se vuelve salino. La Figura 27 manifiesta la variación de la conductividad eléctrica de las muestras de suelo. Esta era uno de los parámetros que se pretendía disminuir a través del

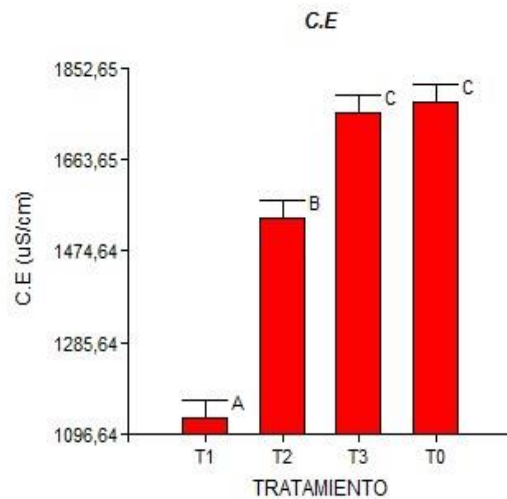
agregado del inóculo, ya que una disminución en la conductividad eléctrica implica una disminución de las sales solubles en el suelo, y por lo tanto una alternativa viable para la adecuación de estos suelos para un posterior uso en la agricultura.

Tabla 20. Análisis de varianza de la C.E. en el suelo con cultivo bacteriano y dosis ajustada de biol

Semana	Coefficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	5,32	116201,50	3	3,25	0,0601	NS
Última	4,71	1098202,69	3	3,25	0,0001	**

Tabla 21. Comparación de medias ajustadas Duncan de la C.E. en el suelo con dosis ajustadas de biol en la última semana de evaluación

TRATAMIENTO	Medias ($\mu\text{S/cm}$)	n	E.E.	Duncan 5%
T1	1129,00	4	36,54	A
T2	1541,75	4	36,54	B
T3	1759,00	4	36,54	C
<u>T0</u>	1781,50	4	36,54	C

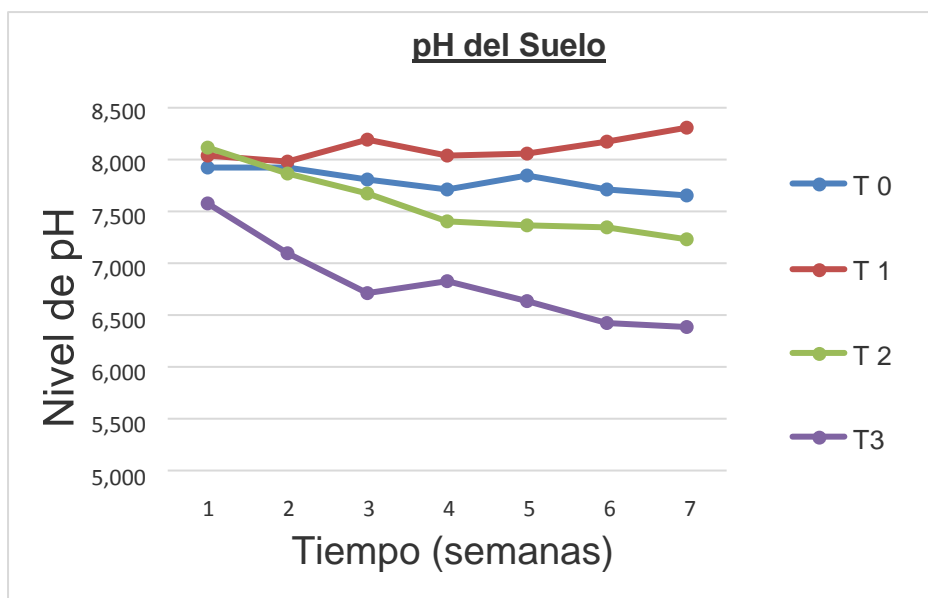


Donde: T0=800 ml de agua; T1=40 ml cultivo bacteriano+800ml de agua; T2=40ml cultivo bacteriano+25mlBiol+500mlAgua; T3=40mlcultivobacteriano+50mlBiol+ 800ml Agua

Figura 27. Comparación de tratamientos con dosis corregidas según C.E. del suelo

6.4.4. Estudio de pH del suelo con cultivo bacteriano y dosis de biol ajustada

La Figura 28 muestra que los tratamientos donde se incorporó biol (T2=25ml, T3=50ml) fueron los tratamientos donde el pH disminuyó de 7,58 a 6,38 en el caso del tratamiento 3, esta disminución se observa alrededor de la cuarta semana, se concluye que la causa de la disminución es por la acción de la microbiota nativa que por un incremento de carbono existe reproducción bacteriana y mayor producción de dióxido de carbono producido lo que se transforma en ácido carbónico. Por otra parte, el T1 donde se incorpora solo 40ml de cultivo bacteriano sin biol no sufre un cambio de pH y se mantiene con un promedio de 8 ligeramente alcalino debido a que no se incorpora ningún agente que acidifique el medio y el T0 no presenta variación del pH en el suelo.



Donde:

- Testigo 0 = 800 ml de agua;
- Tratamiento 1= 40 ml cultivo bacteriano+800ml de agua
- Tratamiento 2: 40 ml cultivo bacteriano+25ml Biol+500ml de agua;
- Tratamiento 3: 40 ml cultivo bacteriano+50ml Biol+800ml de agua.

Figura 28. Tendencia de comportamiento de pH en el suelo con dosis corregidas.

Tabla 22. Valores promedio semanales de pH en suelo

Tiempo (semana)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	7,93	8,03	8,11	7,58
2	7,92	7,97	7,87	7,09
3	7,81	8,20	7,67	6,70
4	7,72	8,03	7,40	6,82
5	7,84	8,05	7,36	6,64
6	7,71	8,17	7,35	6,42
7	7,65	8,30	7,22	6,38

6.4.4.1 Análisis de Varianza de pH de la primera y última semana

Para la primera semana de observación analizando el pH en el suelo el valor $P=0,2698$ se concluye que no hay diferencia significativa entre tratamientos y son iguales entre si estadísticamente por lo que no es necesario la realización de comparación de medias Duncan.

La Tabla 23 indica que el coeficiente de variabilidad es bajo de 3,79 lo que indica un buen manejo de unidades experimentales. El análisis de varianza para la última semana de registro indica que existen diferencias significativas entre tratamientos $p=0,0001$. Al realizar la prueba de comparación de medias con el test Duncan, como muestra la Tabla 24, el tratamiento T3 presenta una media 6,38 y el tratamiento 2 con una media de 7,22 y el tratamiento T0 y T1 no presentan diferencias estadísticamente significativas; según las medias de los tratamientos con biol, se observa que hay una disminución ligera de pH y el medio natural de las bacterias halófilas necesitan pH no muy ácidos para sobrevivir ya que su ambiente se caracteriza por un pH ligeramente básico pero se logran adaptar si les damos condiciones para asegurar su sobrevivencia (Calderón del Cid, 2015).

Según Zuazo (2013), cuando se tiene pH cercanos a la neutralidad, estos resultan aptos para un normal desarrollo de los microorganismos del suelo, logrando de esta manera que los nutrientes sean fácilmente disponibles para la población de microorganismos en el suelo.

Chirinos E. et. al. (2013), nos indica que un pH excesivamente bajo disminuye la actividad biológica y en consecuencia disminuye el ritmo de transformación y mineralización de la materia orgánica; y que un pH entre 6 y 7,2 permite una adecuada evolución de la misma ya que la mayor parte de las bacterias se desarrollan mejor a pH neutros o ligeramente alcalinos, mientras que los hongos que son más adaptables presentan un buen desarrollo dentro de los límites de pH más amplios.

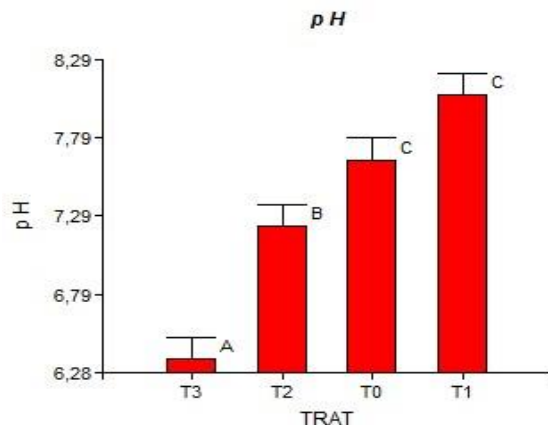
Russell y Wild (1992), establecen que el pH del suelo ayuda a determinar el número y tipo de organismos del suelo, que cambian los residuos de las plantas en materia orgánica valiosa del suelo, estos influyen en la estabilidad de agregados e incrementan el movimiento del aire y la reacción del agua.

Tabla 23. Análisis de varianza del pH en el suelo para la primera y última semana con bacterias halófilas y dosis ajustadas de biol

Semana	Coefficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	4,89	0,66	3	1,48	0,2698	NS
Última	3,79	6,25	3	26,98	<0,0001	**

Tabla 24. Comparación de medias ajustadas Duncan el pH en el suelo con dosis corregida de biol. en la última semana de evaluación.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E	Duncan 5%
T1	6,38	4	0,14	A
T2	7,22	4	0,14	B
T3	7,65	4	0,14	C
<u>T0</u>	8,06	4	0,14	C



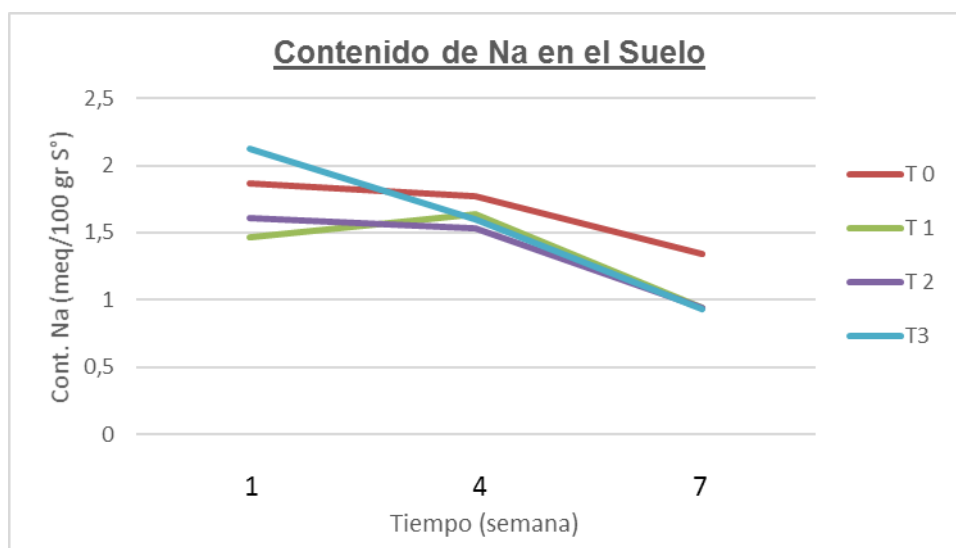
Donde: T0= 800 ml agua;T1=40 ml cultivo bacteriano+800ml de agua; T2=40ml cultivo bacteriano+25mlBiol+500mlAgua;T3=40mlcultivobacteriano+50mlBiol+ 800mlAgua

Figura 29. Comparación de tratamientos con dosis ajustada según pH del suelo.

6.4.5. Contenido de Sodio en suelo con bacterias y dosis “ajustada”de biol

Observando la Figura 29 se puede observar que la cantidad de sodio intercambiable disminuye en todos los tratamientos desde la cuarta semana llegando a la séptima semana el T1, T2 y T3 a un valor de 0,93- 0,94 de sodio intercambiable en el suelo, es muy probable que la acción de las bacterias halófilas sean las responsables de la disminución de sodio en el suelo debido a que a pesar de que se agregó agua, el sodio intercambiable no puede ser lixiviado tan rápidamente primero debe pasar a ser sodio soluble es decir debe salir del complejo de absorción del suelo CAS debe cumpliendo una de estas condiciones: menor concentración, menor valencia en los elementos y mayor hidratación (Miranda, 2012), de este modo se concluye que las bacterias por su metabolismo de biosorción capturaron sodio en su metabolismo.

Trabajos realizados por algunos investigadores quienes valoraron la capacidad de microorganismos como *P. aeruginosa*, *Bacillus*, bacterias del género *vibrio* para remover metales pesados como mercurio, plomo, cadmio, cobalto, entre otros han evidenciado que los microorganismos son capaces de cambiar los iones originales y formar complejos. No se conocen reportes científicos en los cuales se haya considerado la posibilidad de utilizar microorganismos para bioremediar suelos salinos y sódicos (Sanchez, 2006).



Donde:

- Testigo 0 = 800 ml de agua;
- Tratamiento 1= 40 ml cultivo bacteriano+800ml de agua
- Tratamiento 2: 40 ml cultivo bacteriano+25ml Biol+500ml de agua;
- Tratamiento 3: 40 ml cultivo bacteriano+50ml Biol+800ml de agua.

Figura 30. Tendencia de comportamiento de Na en el suelo con dosis corregidas en la fase inicial, media y final de la experimentación.

Tabla 25. Valores promedio de contenido de sodio en el suelo con cultivo bacteriano y dosis corregidas de biol.

Medición de sodio en el Suelo (meq/100g S)				
Tiempo (semana)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	1,87	1,47	1,61	2,12
4	1,77	1,64	1,53	1,6
7	1,34	0,94	0,94	0,93

6.4.5.1 Análisis de Varianza de Contenido de Sodio de la primera y última semana

Para la primera semana de observación, el análisis de varianza mostró un valor de significancia $p=0,3301$, y para la última semana de observación el valor de $p=0,0810$ se concluye que no hay diferencia significativa entre tratamientos siendo iguales

entre si estadísticamente por lo que no es necesario la realización de comparación de medias Duncan.

Tabla 26. Análisis de la varianza del contenido de sodio intercambiable en el suelo para la primera y última semana con bacterias halófilas y dosis ajustadas de biol

Semana	Coefficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	20,15	1,01	3	1,27	0,3301	NS
Última	21,04	0,49	3	2,87	0,0810	NS

6.5. Efecto del yeso en las propiedades químicas del suelo

6.5.1. Conductividad Eléctrica en suelo con yeso

Se realizó la experimentación incorporando dosis de yeso y agua al suelo con una frecuencia de dos semanas finalizando el ensayo en la séptima semana con las dosis que muestra la Tabla 5, cada maceta tenía drenaje que consistían en pequeños orificios en la parte de la base de las macetas y también se aireaba el suelo removiéndolo.

La Figura 30 nos indica que hubo una disminución de conductividad eléctrica en todos los tratamientos, siendo el T3 el mejor de los tratamientos disminuyendo la conductividad del suelo de un 1852 a 1768 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es decir que, añadiendo más yeso en el suelo, existe una disminución notable de la conductividad por el reemplazo existente del Na por el Ca.

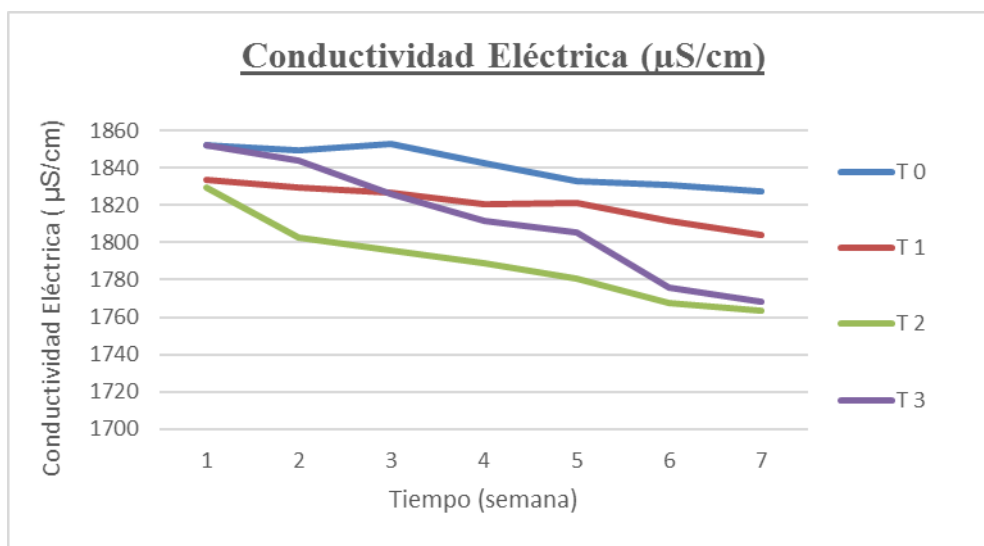


Figura 31. Tendencia de comportamiento de conductividad eléctrica en el suelo con yeso.

Donde:

- Testigo 0 = 800 ml de agua;
- Tratamiento 1= 0,3 gr yeso+800ml de agua
- Tratamiento 2: 1,3 gr yeso+800ml de agua;
- Tratamiento 3: 2,3 gr yeso+800ml de agua.

Tabla 27. Valores promedio de conductividad eléctrica del suelo incorporando yeso

TRATAMIENTOS (Datos de la C.E. (µS/cm))				
Semanas	T 0	T 1	T 2	T 3
1	1852,3	1833,8	1829,3	1852,0
2	1849,3	1829,8	1802,8	1844,0
3	1853,3	1827,0	1795,5	1826,0
4	1842,8	1820,5	1789,0	1811,8
5	1832,8	1821,3	1780,5	1805,8
6	1831,0	1811,5	1767,8	1776,0
7	1827,5	1804,0	1763,3	1768,0

6.5.1.1. Análisis de Varianza de C.E de la primera y última semana

El análisis de varianza para la primera semana de observación de la conductividad eléctrica del suelo, mostró que no hay diferencias significativas entre los

tratamientos ($p=0,4161$), por lo que no es necesario la realización de comparación de medias Duncan.

El coeficiente de variabilidad es bajo de 1,41 lo que indica un buen manejo de unidades experimentales y el análisis de varianza obtenido para la última semana de registro como se observa en la Tabla 29, evaluando la conductividad el valor $P=0,0159$ es menor al nivel del 0,05, lo que indica que si existe alta diferencia significativa entre tratamientos, por lo tanto al realizar la prueba de comparación de medias con el test Duncan, como se observa en la Figura 31 el tratamiento que más ayudaron a la disminución de la conductividad eléctrica fueron el T2 y T3 con una media de 1763,25 y 1776,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Estos tratamientos no difieren de forma estadísticamente, pero son significativamente diferentes a los tratamientos T0 y T1 que presentan media de 1827 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1804 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente.

La tecnología convencional es la utilizada tradicionalmente por agricultores para disminuir los niveles de salinidad en el suelo. La aplicación de yeso aumenta la permeabilidad de los suelos floculando las partículas de arcilla, logrando aumentar el porcentaje de poros medianos disminuyendo los microporos. Luego con riego abundante se lavan las sales (Zúñiga *et al.*, 2011).

La aplicación de dosis de yeso cada dos semanas en el suelo podría haber contribuido con la lixiviación de sales. Costa y Godz (2000) en un trabajo de similares características explica que el mejoramiento de la infiltración pudo ser la causa que permitió el lavado de sales generadas por la aplicación de la enmienda. Mantener una concentración de electrolitos es de crucial importancia, dado que favorece la circulación de agua de la que depende el proceso de recuperación.

El yeso promueve una reacción de intercambio catiónico, lleva a la formación de sulfato de calcio. El cual puede ser eliminado mediante lavados debido a su alta solubilidad. La razón más común de uso del yeso es para la rehabilitación de suelos sódicos. La base para esto es que el yeso proporciona Ca que puede intercambiarse con Na, conduciendo así a la floculación de las partículas del suelo. Esto promueve un mejor desarrollo de la estructura general de estos suelos altamente dispersos,

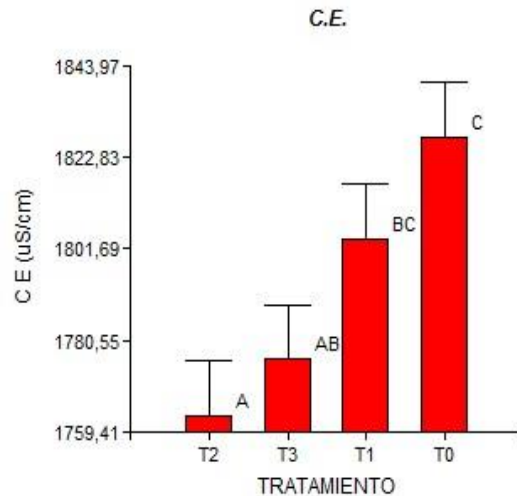
de modo que se promueva la infiltración y percolación de agua a través del perfil del suelo. El sodio es un elemento nocivo para el suelo, el cual afecta sus propiedades físicas, pues provoca la de floculación de las arcillas y el colapso de los agregados. Esto conduce a la compactación del suelo, a la pérdida de infiltración de agua. (INTAGRI S.C.,2007).

Tabla 29. Análisis de varianza de C.E. para la primera y última semana incorporando yeso en el suelo

Semana	Coefficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	1,29	1742,19	3	1,02	0,4161	NS
Última	1,41	9906,50	3	5,18	0,0159	*

Tabla 30. Comparación de medias ajustadas Duncan de la C.E. en el suelo con yeso en la última semana de evaluación.

TRATAMIENTO	Medias ($\mu\text{S/cm}$)	n	E.E	Duncan 5%
T2	1763,25	4	12,63	A
T3	1776,25	4	12,63	A B
T1	1804,00	4	12,63	B C
<u>T0</u>	1827,50	4	12,63	C



Donde: t0: 800 ml de agua; T1= 0,3 gr de yeso +800ml de agua; T2= 1,3 gr de yeso+800ml de agua; T3= 2,3 gr de yeso+800ml de agua

Figura 32. Comparación de tratamientos de c.e. de suelo con yeso.

6.5.2. Estudio de pH del suelo con yeso

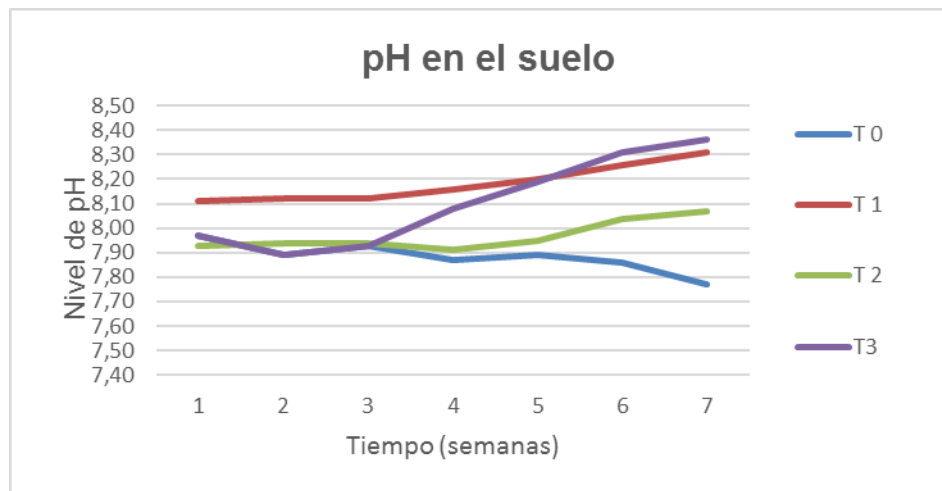
El análisis de varianza para la primera semana de observación del pH del suelo dio un valor de significancia de $p=0,8909$ (Tabla 30), se concluye que no hay diferencias significativas entre tratamientos por lo que no es necesario la realización de comparación de medias Duncan.

Para la última semana de evaluación, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p=0,0205$), (Tabla 31). La cantidad de yeso incorporado al suelo dio lugar a variaciones en el pH del suelo. Al realizar la comparación de medias, los tratamientos T1, T0 obtuvieron los resultados más bajos con medias de: 7,69 y 7,77 respectivamente, siendo los tratamientos T0 con el T2 y el T2 y T3 poco diferentes entre sí estadísticamente (Figura 32).

En la mayoría de los tratamientos el pH tiende a tener un comportamiento ascendente por tanto los tratamientos de una u otra forma gana sales con el tiempo. Se muestra una ligera subida del pH los valores de 7,5 a 7,8 estos valores están en el rango de aceptables para el crecimiento de las plantas de cultivo según (Chilon, 2012).

La humedad y el agua de riego que se usa pueden contener sales de los cuales son introducidos a las macetas esto provoca que el pH suba, las macetas no tiene un buen drenaje por tanto el agua se acumula al realizar el riego necesario y favorece a que el pH suba y tenga una tendencia básica.

La técnica más comúnmente utilizada para elevar el pH del suelo es la aplicación de Yeso Agrícola. La solubilidad de Yeso Agrícola es relativamente baja, por lo que si se aplica sólo a la superficie del suelo, es probable que sólo afectara a la capa superior del suelo, no más de unos pocos centímetros de profundidad (Castellanos, J 2000).



Donde:

- Testigo 0 = 800 ml de agua;
- Tratamiento 1= 0,3 gr yeso+800ml de agua
- Tratamiento 2: 1,3 gr yeso+800ml de agua;
- Tratamiento 3: 2,3 gr yeso+800ml de agua.

Figura 33. Tendencia de comportamiento de pH en el suelo con yeso.

Tabla 29. Valores promedio de pH en el suelo por semana

Tiempo(sem)	T 0	T 1	T 2	T3
1	7,97	8,11	7,93	7,97
2	7,89	8,12	7,94	7,89
3	7,93	8,12	7,94	7,93
4	7,87	8,16	7,91	8,08
5	7,89	8,20	7,95	8,19
6	7,86	8,26	8,04	8,31
7	7,77	8,31	8,07	8,36

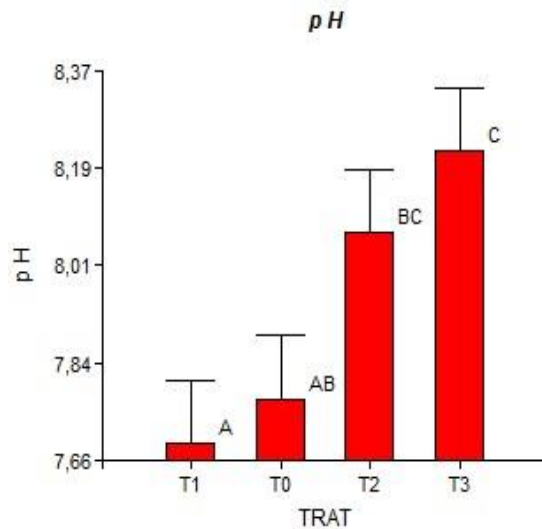
6.5.2.1. Análisis de Varianza de pH de la primera y última semana

Tabla 30. Análisis de varianza del pH para la primera y última semana en el suelo con yeso

Semana	Coficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	4,41	0,08	3	0,21	0,8909	NS
Última	2,88	0,75	3	4,78	0,0295	*

Tabla 31. Comparación de medias ajustadas Duncan del pH en el suelo con yeso en la última semana de evaluación.

TRATAMIENTO	Medias ($\mu\text{S/cm}$)	n	E.E.	Duncan5%
T1	7,69	4	0,11	A
T0	7,77	4	0,11	A B
T2	8,08	4	0,11	B C
<u>T3</u>	8,22	4	0,11	C



Donde: T0: 800 ml de agua; T1= 0,3 gr de yeso +800ml de agua; T2= 1,3 gr de yeso+800ml de agua; T3= 2,3 gr de yeso+800ml de agua

Figura 34. Comparación de tratamientos de pH de suelo con yeso

6.5.3. Contenido de Sodio en suelo incorporando dosis de yeso

El análisis de varianza para la primera semana de observación del contenido de sodio en el suelo de estudio mostró ausencia de diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0763$) Tabla 33, por lo que no es necesario la realización de comparación de medias Duncan.

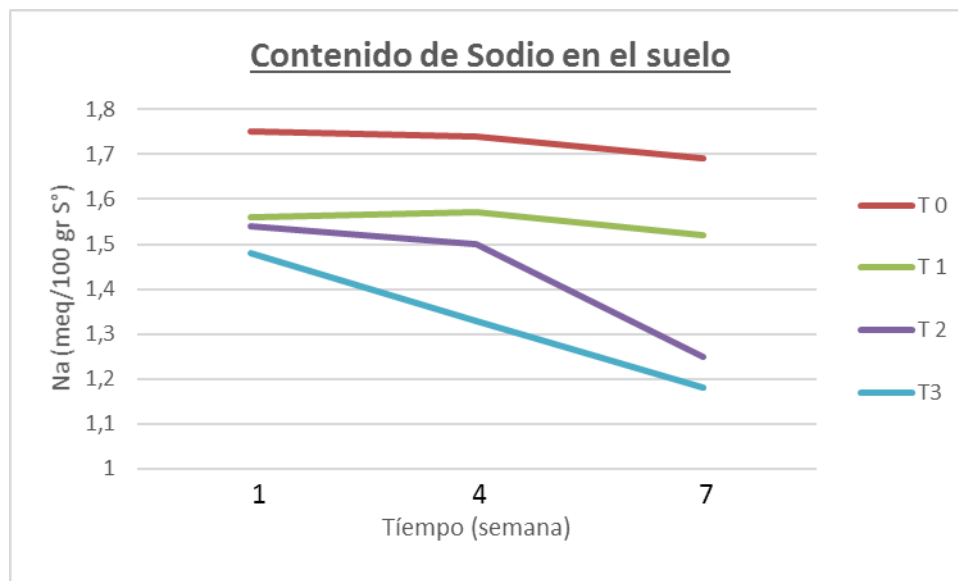
Para la última semana de evaluación, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas como se observa en la Tabla 33 entre tratamientos siendo $p=0,0205$. Esto indica la que la cantidad de yeso incorporado al suelo tuvo variación sobre el contenido de sodio del suelo. Al realizar la comparación de medias que se presentan en la Tabla 34 se observa que los tratamientos T2 y T3 obtuvieron los mejores resultados con una media de: 1,18 y 1,26 meq/100gr S° respectivamente, siendo que los tratamientos T0 y T1 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.

La Figura 34 nos muestra que el tratamiento 3 fue el más eficiente, esto indica que la incorporación de 2 gramos de yeso con 800ml de agua cada dos semanas al

suelo dio lugar a una disminución del contenido de sodio en la cuarta semana de evaluación.

Como el resultado de la aplicación de yeso, disminuyó el contenido de sodio en el suelo, esto se atribuye al desplazamiento progresivo del ión sodio de complejo de cambio por el ión calcio y su posterior lixiviación a horizontes profundos Lopez,(2009).

El yeso es utilizado en la recuperación de suelos, el cual suministra calcio que reemplaza al sodio que persiste en los sitios de unión con la arcilla. El sulfato es el residuo del yeso; sin el yeso el suelo no sería lixiviable (Fernandez, Rodriguez, et al, 2014).



Donde:

- Testigo 0 = 800 ml de agua;
- Tratamiento 1= 0,3 gr yeso+800ml de agua
- Tratamiento 2: 1,3 gr yeso+800ml de agua;
- Tratamiento 3: 2,3 gr yeso+800ml de agua.

Figura 35. tendencia de comportamiento de contenido de sodio en el suelo con yeso.

Tabla 32. Valores promedio de contenido de sodio en el suelo en tres momentos en el tiempo de experimentación

Médición de sodio en el Suelo (Meq/100; S)				
Tiempo (semana)	T 0	T 1	T 2	T3
1	1,75	1,56	1,54	1,48
4	1,74	1,57	1,5	1,33
7	1,69	1,52	1,25	1,18

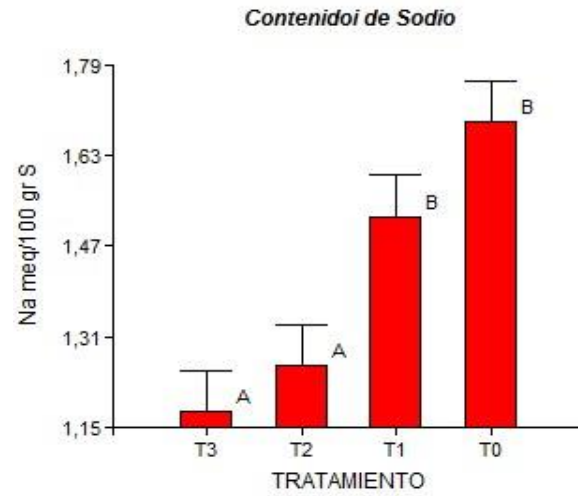
6.5.3.2. Análisis de Varianza de contenido de sodio de la primera y última semana

Tabla 33. Análisis de varianza del Sodio intercambiable para la primera y última semana en el suelo con yeso

Semana	Coefficiente de variabilidad	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	F calculado	p-valor	Significación
Primera	8,77	0,17	3	2,94	0,0763	NS
Última	10,33	0,68	3	10,70	0,0010	*

Tabla 34. Comparación de medias ajustadas Duncan del contenido de sodio en el suelo con yeso para la última semana de evaluación.

TRATAMIENTO	Medias (meq/100 gr S)	n	E.E	Duncan5%
T3	1,18	4	0,07	A
T2	1,26	4	0,07	A
T1	1,52	4	0,07	B
<u>T0</u>	1,69	4	0,07	B



Donde: T0: 800 ml de agua; T1= 0,3 gr de yeso +800ml de agua; T2= 1,3 gr de yeso+800ml de agua;
 T3= 2,3 gr de yeso+800ml de agua

Figura 36. Comparación de tratamientos de contenido de sodio en suelo con yeso

7. CONCLUSIONES

A partir de este trabajo de investigación se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

Se identificó dos tipos de colonias de bacterias halófilas en el medio de cultivo PCA de color amarillo y otras de color anaranjado las cuales al realizar la prueba de sobrevivencia de las bacterias en diferentes dosis de biol se observó que la colonia anaranjada siguió presentando crecimiento al incorporar 2ml de biol en cada caja Petri en cambio el otro tipo de colonia no logró sobrevivir lo que implica la poca variedad de microorganismos que resiste a las condiciones extremadamente salinas. Por otro lado, una vez seleccionada la colonia al realizar las pruebas de viabilidad con el espectrofotómetro se observa que el control positivo (con glucosa) tiene un rápido crecimiento y en el caso del control negativo (10% biol) a las dos semanas presenta un crecimiento bacteriano lento.

Se evaluaron tres parámetros químicos del suelo (C.E, pH y Na) para determinar el efecto al utilizar bacterias halófilas como método biológico en el suelo:

La conductividad eléctrica al iniciar la experimentación incorporando las bacterias halófilas y dosis altas de biol el suelo manifestó un aumento considerable de la salinidad hasta 3.8 mS/cm (suelo muy salino) en el tratamiento 3, el factor que provocaba dicho incremento era el biol con 18 mS/cm proveniente del ganado vacuno, inmediatamente se frenó la investigación y se inició un con dosis ajustadas de biol, cabe resaltar que el biol solo se utilizó para brindar una fuente de carbono con el fin de ayudar a la sobrevivencia de las bacterias..

Según el análisis de varianza para la segunda experimentación con dosis ajustadas de biol muestra que existió una disminución paulatina de la conductividad eléctrica, siendo el mejor, el tratamiento 1 cuando se incorporó solamente 40ml de cultivo bacteriano, la C.E. disminuyó de 1666 a 1129 μ S/cm paso de ser suelo muy salino a salino según la tabla de interpretación (Anexo 23), lo que implica que el proceso experimental sí tuvo un efecto significativo sobre el suelo salino. Existió asimilación de sales por parte de los microorganismos nativos por bioadsorción de su

metabolismo del microbiota nativo, habiendo mejorado su táctica biológica, una disminución en la conductividad eléctrica implica una disminución de las sales solubles en el suelo, y por lo tanto una alternativa viable para la adecuación de estos suelos para un posterior uso en la agricultura. El pH no varió significativamente, hubo una mínima disminución por el efecto de la respiración microbiana lo cual provoco una ligera acidificación del suelo, cuando se incorporó dosis de 0,50ml de biol tal es el caso del tratamiento 3 se observa que el pH bajo de 7,58 a 6,38 que no afecta ya que la mayoría de estos microorganismos tiene mejor crecimiento en pH neutro o ligeramente alcalino; en el caso del contenido de sodio en el suelo muestra una leve disminución pero no hay diferencia significativa entre tratamientos estadísticamente pero si se observa que existió una disminución a través del tiempo tal es el caso del tratamiento 3 que disminuye de 2,12 meq/100gr de S a 0,93 meq/100 g S a través del tiempo, lo que afirma que las bacterias sean responsables la disminución de sodio debido a que el lavado solamente pudo eliminar el sodio soluble del suelo y no el sodio intercambiable en el suelo.

El efecto del yeso sobre los parámetros químicos suelo en el caso de la conductividad eléctrica los mejores tratamientos se observaron los que contenían mayor dosis de yeso (T3), que se vio una disminución de 1852 a 1768 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el caso del pH se muestra un pequeño ascenso todos los tratamientos están en el rango de 7 a 8 manteniéndose en pH aptos para el crecimiento de cualquier cultivo; para el estudio del contenido de sodio en el suelo se observa que en la cuarta semana el yeso cumple su función dándose el desplazamiento progresivo del ion sodio cuando se adiciona más dosis de yeso como en el T2 que disminuye de 1,54 a 1,25 meq/100 g S .

La parte biológica como química si tuvo un efecto positivo en el suelo y se abre la posibilidad de recuperar suelos con problemas de salinidad y/o sodicidad mediante procesos biológicos produciendo un insumo en base de microorganismos halófilos que serán de gran aporte para el sector agrícola

8. RECOMENDACIONES

- Extender el tiempo experimental del presente estudio con el fin de realizar seguimiento de la viabilidad de las bacterias halófilas.
- Realizar recuento e identificación microbiana de las bacterias halófilas.
- Realizar pruebas de viabilidad con diferentes insumos orgánicos y con diversas dosis a las que se conoce como pruebas piloto en macetas experimentales y llevar un estudio de captura de Sodio con mayor tiempo de evaluación.
- Respetar las dosis recomendadas de biol y evitar hacer uso indiscriminado del mismo en la agricultura; si bien es considerado una abono foliar y potenciador del suelo este presenta una conductividad eléctrica elevada que podría afectar en un futuro nuestro suelo.
- Añadir a la experimentación un bioindicador de crecimiento como una planta halófila para estudiar el efecto de incorporar bacterias halófilas.
- Impulsar estudios de uso de microorganismos para la biorremediación con el propósito de aplicar técnicas preventivas en suelos con procesos de salinización. Disminuyendo así la vulnerabilidad agrícola y la desertificación de nuestras tierras.
- En el área agrícola si se desea trabajar con este tipo de bacterias se debe dar condiciones adecuadas para la sobrevivencia asegurando una ideal fuente de carbono.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alexander, M. (1980). Introducción a la microbiología del suelo. 2a ed en inglés. México: AGT. p 89 .

Allison, L. E. (1982). Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa. México. 4p.

Alba, (2012). Agriculture&Land-Based Training Association Fertilidad del Suelo y Manejo de Riego, pp. 18-19.

Alves, J. (2016). Guía práctico de biología do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Brasil. p 17-27.

Arana, S. (2011). Manual de elaboración del biol.CEDECO, Cusco, Perú. 40p.

ArgenBio, (2005). La biorremediación. Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la Biotecnología, Recuerdo de: www.argenbio.org/index.php

Benavidez, M. (2003). *Introducción a la Microbiología*. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México: AGT. p 27-48.

Calderon del Cid, C. (2015). Estudio del efecto de inoculación de bacterias en un suelo extremadamente Salino. Trabajo de investigación. Universidad de San Carlos. Guatemala.6-15p.

Castillo, L y Carvajal, B. (2011). Aplicaciones biotecnológicas de microorganismos halófilos.Laboratorio de Residuos peligrosos. Departamento de Ingeniería en Sistemas Ambientales. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Mexico.102 p

Castellanos,J. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelo y agua*. Guanajuato, Mexico: Intagri 26p.Recuperado el 15 de abril del 2016 de: www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca.../manual-de-suelo.pdf

Chilón, E.(1997). Manual de Edafología, practica de campo y laboratorio. La Paz – Bolivia. Editado en la facultad de Agronomía UMSA. pp 139 – 173.

Chirinos, E., Campos, Y., Mogollon, P, (2013). Relación entre la materia orgánica y las propiedades biológicas de un suelo de la llanura de coro, bajo los efectos de enmiendas orgánicas. Instituto O Universitario De Tecnología
“Alonso Gamero, Recuperado el 12 de junio 2014 en:
http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-III_119.pdf

Comisión Europea, 2009. El dióxido de carbono en nuestra atmosfera.
Recuperado el 4 de octubre de 2015 en
[:www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)

Costa JL y Godz. (2000). Aplicación de yeso a un natracuol de sud este de la pamapa. Ciencia del suelo 17 (2): 21-27, Argentina. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php>

Diaz, A, Fernandez, S. Ortiz, B. (2005). Espectrofotometria. Cordoba,Argentina.
Recuperado de: http://es.slideshare.net_asaor

Fernandez, I., Rodriguez,G, (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos.
Revista digital. Dep Hombre ambiental. 1: 26-35.

Herve, A.,Orsag, V. (2002). *Limitantes de manejo de suelos salinos y sódicos en el Altiplano Boliviano*. IDR. Recuperado de:
www.unsam.edu.ar/publicaciones/tapas/cyted/parte5.pdf

Génova, L (2005). Salinidad y sodicidad de suelos regados complementariamente en la región pampeana. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata pág 41. Recuperado de:
www.riegoyfertiliriego.com/III_Jornadas/Trabajospresentados/Genova1.pdf

Intagri, (2007). Uso del yeso agrícola, Recuperado de : <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manual-de-uso-del-yeso-agricola> - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C

Infoagro (2001). Tabla interpretacion valores suelos agricolas - CSR Laboratorio. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Recuperado de: www.csr.servicios.es/.../AGRICOLA/.../TABLA_INTERPRETACION_SUELOS_AGRI...

Lopez, (2009). Salinización y sodificación – agrilife-Europa. Recuperado de: agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/ESFactSheet-04.pdf

Medina, (2012). Medios de cultivo en un laboratorio de microbiología. Trabajo Práctico Nº 4, Recuperado de: www.biologia.edu.ar/microgeneral/tp4.pdf

Manzano, J., Rivera, P., et al. (2013). *Rehabilitation of Saline-Sodic Soils: A case study in Irrigation District 086*. Tierra Latinoamericana, 32 (3): 11p.

Merino, C. (2012). Metabolismo y crecimiento bacteriano. Unicen, Recuperao de; www.vet.unicen.edu.ar.

Miranda, R. (2002). *Introducción a la Edafología*. Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz, Bolivia. 260p.

Miranda, R. (2015). *Métodos y Análisis de suelos*. Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz, Bolivia. 84p.

Morales, I. (2016). *Prácticas de laboratorio*. Facultad de Ciencias Puras-UMSA. La Paz-Bolivia.

Muñoz I. D. J., Mendoza C. A., López G. F., Soler A. A., Hernández . M. (2000). *Manual de análisis de suelo. Edafología*. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. pp 58-60

Orsag, V. (2009). *El Recurso suelo principios para su manejo y conservación*. La Paz-Bolivia. 330p.

Orsag, V. (2009). *Degradación de suelos en el Altiplano*. IBEPA, 1 (3). Recuperado de: www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ra/v1n3/v1n3a06.pdf

PDM Sica sica (2006-2010). Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno municipal de Sica sica primera sección de la provincia Aroma. Paz, B. 1997 “Un Modele Multi-agents Pour Simuler Les Accordes de Reciprocite Dans Les Andes Boliviennes”. Diplome de Doctorat. Tesis, Universite Claude Bernard –Lyon-IFrancia, 197 pp. 56

Pino, J. (2016). *Apuntes de Microbiología Agrícola*. 2ed. Facultad de Agronomía –UNE. Alto Parana. Paraguay. 28-47p.

Pascuall, J. C. (2009). *Apuntes de Diseños experimentales*. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 50 p.

Ponce y Torrez, (2003). *Yeso. Minerales para la agricultura Latinoamericana*: SEGEMA. Recuperado de: www.ib.unam.mx/directorio/171/divulgacion

Rodríguez, (2001).(PDF) Cultivo y crecimiento de los microorganismos. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/288670374_Cultivo_y_crecimiento_de_los_microorganismos [accessed Aug 16 2018].

Russell y Wild (1992). *Naturaleza y Propiedades de los Suelos*. Tercera Impresión. Editorial Hispano Americana, S.A. de C.V. Mexico, D.F. pp. 427445.

Sanchez, L. (2006). Capacidad de bacterias halófilas para capturar sodio in Vitro. Colombia: NOVA, 4 (6): 24p.

Sandoval y Ramirez, (2004). Las bacterias halófilas y sus aplicaciones biotecnológicas. Rev. Soc. Ven. Microbiología. Caracas , 24 (1-2). Recuperado de : www.geocities.ws/dapacimu8/bachalofila.htm

Soria, F.(2009). Ficha Técnica Plate count Agar. DIFCO. Madrid, España.

Uribe, (2015). *Origen y las causas salinización:La Salinidad del Suelo - SMART! Fertilizer Management* . Recuperado de:
www.smartfertilizer.com/es/articles/soil-salinity

Zavaleta A.,(1992). Edafología. Conceptos fundamentales sobre el suelo. Perú-Lima. Universidad Agraria la Molina. Pontificia Universidad la Católica del Perú.

Escuela de Postgrado de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 9-11.

ZONISIG, 1998. “Zonificación Agroecológica y Socioeconómica de la Cuenca del Altiplano del Departamento de La Paz”, Proyecto Zonificación Agroecológica y Establecimiento de una Base de Datos y Red de Sistema de Información Geográfica en Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación Viceministerio de Planificación y Ordenamiento Territorial Dirección General de Ordenamiento Territorial, Prefectura del Departamento de La Paz Dirección Departamental de Desarrollo Sostenible y Planificación, Enero, La paz-Bolivia.

Zuaso, B. (2013). Manejo de suelos. Editorial “ El ateneo “ 4ta Edición Argentina Buenos Aires, Recuperado de
https://www.researchgate.net/publication/288670374_Cultivo_y_crecimiento_de_los_microorganismos

Zuñiga, E., Mujica P., Benavidez, R. (2011). Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos degradados por la salinidad.Revista Facultad de Agronomía Medellín, v. 64, n.1. 5769-5779. Recuperado de:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26378/37107>>

ANEXO

Anexo 1. Crecimiento de bacterias en medio líquido (espectrofotómetro)

Enfoque cuantitativo: Controles de crecimiento

CONTROL 1	CONTROL NEGATIVO (Medio minimo sin glicosa ni biol)
CONTROL 2	CONTROL POSITIVO (Medio minimo con glucosa)
CONTROL 3	Biol como fuente de carbono (medio minimo + 10%Biol)

Anexo 2. Datos de Crecimiento bacteriano por días

24/04/2017	Número de controles		
Repeticiones	Control 1	Control 2	Control 3
Testigo	0,315	0,312	0,316
I (1)	0,33	0,613	0,641
II (2)	0,332	0,551	0,627
III (3)	0,34	0,576	0,676
PROM	0,334	0,580	0,648
PROM-TESTIGO	0,019	0,268	0,332

28/04/217	Número de controles		
Repeticiones	Control 1	Control 2	Control 3
Testigo	0,307	0,31	0,311
I (4)	0,335	0,799	0,707
II (5)	0,339	0,732	0,705
III (6)	0,338	0,779	0,703
PROM	0,337	0,770	0,705
PROM-TESTIGO	0,030	0,460	0,394

02/05/2017	Número de controles		
Repeticiones	Control 1	Control 2	Control 3
Testigo	0,323	0,323	0,349
I (7)	0,301	0,812	0,685
II (8)	0,350	1,002	0,612
III (9)	0,343	1,016	0,615
PROMEDIO	0,331	0,943	0,637
PROM-TESTIGO	0,008	0,620	0,288

08/05/2017	Número de controles		
Repeticiones	Control 1	Control 2	Control 3
Testigo	0,327	0,334	0,325
I (10)	0,221	1,024	0,722
II (11)	0,268	1,034	0,707
III (12)	0,284	1,027	0,628
PROMEDIO	0,258	1,028	0,686
PROM-TESTIGO	-0,069	0,694	0,361

DIAS	Número de controles		
	Control1	Control 2	Control 3
24 de abril	0,019	0,268	0,332
28 de abril	0,030	0,460	0,384
2 de mayo	0,008	0,620	0,298
8 de mayo	-0,069	0,694	0,361
12 de mayo	-0,076	0,712	0,300

Anexo 3. Controles de crecimiento en medio líquido (espectrofotómetro)

CONTROL 1	Medio minimo con glucosa
CONTROL 2	Medio minimo con Biol 10%

Anexo 4. Datos de Crecimiento bacteriano en dos controles por dias

12/05/2017	Número de controles	
Repeticiones	Control 1	Control 2
Testigo	0,215	0,222
I (1)	0,33	0,213
II (2)	0,332	0,251
III (3)	0,34	0,276
PROM	0,334	0,247
PROM-TESTIGO	0,119	0,025

16/05/2017	Número de controles	
Repeticiones	Control 1	Control 2
Testigo	0,274	0,298
I (1)	0,652	0,495
II (2)	0,7	0,489
III (3)	0,748	0,531
PROM	0,700	0,505
PROM-TESTIGO	0,426	0,207

19/05/2017	Número de controles	
Repeticiones	Control 1	Control 2
Testigo	0,276	0,29
I (1)	1,384	0,495
II (2)	0,843	0,589
III (3)	1,653	0,591
PROM	1,293	0,558
PROM-TESTIGO	1,017	0,268

DIAS	Número de Controles	
	Control1	Control 2
12 de mayo	0,119	0,025
16 de mayo	0,426	0,207
19 de mayo	1,017	0,268

Anexo 5. Datos de conductividad Eléctrica en suelo con bacterias y dosis altas de biol

CE	Medición de C.E. en semanas (mS/cm)			
	1	2	3	4
T0 RI	1,86	1,82	1,76	1,7
T0 RII	1,79	1,68	1,65	1,6
T0 RIII	1,6	1,58	1,55	1,6
T0 RIV	1,72	1,73	1,4	1,52
Sum	6,97	6,81	6,36	6,42
X	1,74	1,7	1,59	1,605
T1 RI	1,72	2,24	2,4	2,36
T1 RII	1,65	2,44	2,5	2,74
T1 RIII	1,81	2,9	3,32	3,02
T1 RIV	1,65	1,52	2	2,21
Sum	6,83	9,1	10,22	10,33
X	1,7075	2,275	2,555	2,5825
T2 RI	1,78	3,17	3,23	3,43
T2 RII	1,88	2,66	2,89	3,61
T2 RIII	1,81	3,42	3,63	3,84
T2 RIV	1,77	2,86	3,1	3,52
Sum	7,24	12,11	12,85	14,4
X	1,81	3,0275	3,2125	3,6
T3 RI	2,02	2,78	3,01	2,98
T3 RII	1,78	2,65	3,33	3,47
T3 RIII	1,92	3	3,21	4,2
T3 RIV	1,9	3,07	3,47	4,6
Sum	7,62	11,5	13,02	15,25
X	1,905	2,875	3,255	3,8125

TRATAMIENTOS (Datos de la C.E.)				
Tiempo (Sem)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	1,74	1,7075	1,81	1,905
2	1,7	2,275	3,0275	2,875
3	1,59	2,555	3,2125	3,255
4	1,605	2,5825	3,6	3,8125

Anexo 6. Datos de pH en suelo con bacterias y dosis alta de biol

TRATAMIENTOS	Medición del p H en semanas			
	1	2	3	4
T0 RI	8,04	7,52	7,34	7,25
T0 RII	7,52	7,46	7,41	7,6
T0 RIII	7,44	7,32	7,26	7,37
T0 RIV	7,38	7,36	7,44	7,32
	30,38	29,66	29,45	29,54
X	7,595	7,415	7,3625	7,385
T1 RI	7,46	7,34	6,68	6,66
T1 RII	7,25	7,01	6,22	5,63
T1 RIII	7,49	7,24	6,57	6,43
T1 RIV	8,21	7,83	6,44	6,38
	30,41	29,42	25,91	25,1
X	7,6025	7,355	6,4775	6,275
T2 RI	6,76	6,42	5,76	5,56
T2 RII	7,46	6,53	6,23	5,69
T2 RIII	6,9	7,17	6,26	5,72
T2 RIV	7,51	6,6	6,68	5,63
	28,63	26,72	24,93	22,6
X	7,1575	6,68	6,2325	5,65
T3 RI	6,88	6,12	5,8	5,3
T3 RII	7,24	6,23	5,6	5,41
T3 RIII	7,58	7,32	5,31	5,12
T3 RIV	7,96	6,74	5,89	5,42
	29,66	26,41	22,6	21,25
X	7,415	6,6025	5,65	5,3125

Tiempo (sem)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	7,595	7,602	7,157	7,415
2	7,415	7,355	6,68	6,602
3	7,362	6,477	6,23	5,65
4	7,385	6,275	5,65	5,312

**Anexos 7. Datos de conductividad Eléctrica en suelo con bacterias y dosis
"corregidas de biol**

CE	Medición de Conductividad Eléctrica en el suelo ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						
	1	2	3	4	5	6	7
TO RI	1924	1886	1877	1880	1825	1820	1800
TO RII	2010	1923	1892	1886	1870	1867	1866
TO RIII	1863	1866	1850	1848	1828	1776	1772
TO RIV	1700	1730	1720	1762	1738	1712	1688
Sum	7497	7405	7339	7376	7261	7175	7126
X	1874,25	1851,25	1834,75	1844	1815,25	1793,75	1781,5
T1 RI	1645	1643	1505	1243	1201	1186	964
T1 RII	1686	1638	1561	1360	1322	1274	1162
T1 RIII	1727	1695	1600	1402	1366	1222	1210
T1 RIV	1606	1581	1512	1311	1281	1270	1180
Sum	6664	6557	6178	5316	5170	4952	4516
X	1666	1639,25	1544,5	1329	1292,5	1238	1129
T2 RI	1623	1600	1633	1583	1530	1510	1496
T2 RII	1746	1712	1786	1597	1539	1546	1562
T2 RIII	1826	1811	1820	1739	1576	1568	1549
T2 RIV	1846	1809	1820	1687	1606	1570	1560
Sum	7041	6932	7059	6606	6251	6194	6167
X	1760,25	1733	1764,75	1651,5	1562,75	1548,5	1541,75
T3 RI	2031	1934	1936	1860	1832	1830	1790
T3 RII	1708	1720	1770	1760	1677	1660	1687
T3 RIII	1843	1843	1860	1842	1805	1821	1794
T3 RIV	1880	1760	1782	1784	1732	1745	1765
Sum	7462	7257	7348	7246	7046	7056	7036
X	1865,5	1814,25	1837	1811,5	1761,5	1764	1759

TRATAMIENTOS (Datos de la C.E.)				
	T 0	T 1	T 2	T 3
1	1874,25	1666	1760,25	1865,5
2	1851,25	1639,25	1733	1814,25
3	1834,75	1544,5	1764,75	1837
4	1844	1329	1651,5	1811,5
5	1815,25	1292,5	1562,75	1761,5
6	1793,75	1238	1548,5	1764
7	1781,5	1129	1541,75	1759

Anexo 8. Datos de pH en suelo con bacterias y dosis corregidas de biol

p H	Medición del p H en el Suelo						
	1	2	3	4	5	6	7
TO RI	7,62	7,56	7,52	7,32	7,47	7,51	7,41
TO RII	7,71	7,68	7,72	7,7	7,87	7,76	7,8
TO RIII	8,22	8,33	7,98	7,67	7,9	7,8	7,73
TO RIV	8,15	8,1	8,03	8,17	8,1	7,75	7,66
	31,7	31,67	31,25	30,86	31,34	30,82	30,6
X	7,925	7,9175	7,8125	7,715	7,835	7,705	7,65
T1 RI	8	8,18	8,5	8,41	8,32	8,27	8,12
T1 RII	8,08	8,02	7,9	7,66	7,84	8,36	7,96
T1 RIII	8,16	7,86	8,52	7,83	7,92	7,89	8,17
T1 RIV	7,87	7,83	7,86	8,21	8,11	8,17	8,11
	32,11	31,89	32,78	32,11	32,19	32,69	32,36
X	8,0275	7,9725	8,195	8,0275	8,0475	8,1725	8,09
T2 RI	8,46	8,37	7,89	7,65	7,54	7,22	6,86
T2 RII	8,58	8,26	7,72	7,62	7,5	7,31	7,42
T2 RIII	7,31	7,17	7,27	6,9	6,76	6,77	6,83
T2 RIV	8,1	7,69	7,8	7,44	7,62	8,1	7,77
	32,45	31,49	30,68	29,61	29,42	29,4	28,88
X	8,1125	7,8725	7,67	7,4025	7,355	7,35	7,22
T3 RI	7,19	6,12	6,01	6,23	6,1	6	6,12
T3 RII	7,44	7,61	7,27	7,32	6,87	6,54	6,61
T3 RIII	7,47	7,22	6,69	7,4	6,45	6,7	6,57
T3 RIV	7,5	7,41	6,84	6,33	7,13	6,43	6,2
	29,6	28,36	26,81	27,28	26,55	25,67	25,5
X	7,4	7,09	6,7025	6,82	6,6375	6,4175	6,375

Tiempo (semana)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	7,925	8,028	8,113	7,575
2	7,918	7,973	7,873	7,090
3	7,813	8,195	7,670	6,703
4	7,715	8,028	7,403	6,820
5	7,835	8,048	7,355	6,638
6	7,705	8,173	7,350	6,418
7	7,650	8,301	7,220	6,375

Anexo 9. Datos de conductividad Eléctrica en suelo con yeso

CE	Medición de Conductividad Eléctrica en el suelo ($\mu\text{S}/\text{cm}$)						
	1	2	3	4	5	6	7
TO RI	1867	1852	1871	1843	1840	1831	1827
TO RII	1826	1848	1844	1829	1813	1822	1811
TO RIII	1844	1832	1837	1847	1832	1830	1833
TO RIV	1872	1865	1861	1852	1846	1841	1839
Sum	7409	7397	7413	7371	7331	7324	7310
X	1852,25	1849,25	1853,25	1842,75	1832,75	1831	1827,5
T1 RI	1823	1820	1818	1814	1815	1814	1812
T1 RII	1820	1818	1817	1813	1816	1796	1784
T1 RIII	1843	1838	1836	1830	1824	1817	1820
T1 RIV	1849	1843	1837	1825	1830	1819	1800
Sum	7335	7319	7308	7282	7285	7246	7216
X	1833,75	1829,75	1827	1820,5	1821,25	1811,5	1804
T2 RI	1784	1726	1730	1731	1728	1713	1709
T2 RII	1826	1811	1786	1777	1758	1755	1750
T2 RIII	1847	1826	1820	1813	1809	1787	1780
T2 RIV	1860	1848	1846	1835	1827	1816	1814
Sum	7317	7211	7182	7156	7122	7071	7053
X	1829,25	1802,75	1795,5	1789	1780,5	1767,75	1763,25
T3 RI	1838	1833	1826	1818	1811	1802	1787
T3 RII	1864	1855	1833	1821	1813	1805	1776
T3 RIII	1829	1824	1811	1781	1777	1770	1758
T3 RIV	1877	1864	1834	1827	1822	1817	1784
Sum	7408	7376	7304	7247	7223	7194	7105
X	1852	1844	1826	1811,75	1805,75	1776	1768

Semanas	T 0	T 1	T 2	T 3
1	1852,25	1833,75	1829,25	1852
2	1849,25	1829,75	1802,75	1844
3	1853,25	1827	1795,5	1826
4	1842,75	1820,5	1789	1811,75
5	1832,75	1821,25	1780,5	1805,75
6	1831	1811,5	1767,75	1776
7	1827,5	1804	1763,25	1768

Anexo 10. Datos de pH en suelo con yeso

p H	Medición del p H en el Suelo						
	1	2	3	4	5	6	7
TO RI	7,73	7,48	7,69	7,64	7,58	7,55	7,56
TO RII	7,8	7,78	7,72	7,71	7,83	7,76	7,8
TO RIII	8,21	8,18	8,22	7,98	7,92	7,87	7,8
TO RIV	8,13	8,14	8,07	8,18	8,23	8,27	7,93
	31,87	31,58	31,7	31,51	31,56	31,45	31,09
X	7,9675	7,895	7,925	7,8775	7,89	7,8625	7,7725
T1 RI	8,11	8,13	8,3	8,06	7,83	7,77	7,68
T1 RII	8,23	7,96	7,84	7,73	7,76	7,64	7,58
T1 RIII	8,23	7,97	8,51	7,82	7,76	7,78	7,8
T1 RIV	7,87	7,83	7,67	7,76	7,65	7,68	7,71
	32,44	31,89	32,32	31,37	31	30,87	30,77
X	8,11	8,12	8,12	8,16	8,20	8,26	8,31
T2 RI	8,23	8,31	8,12	7,88	7,79	8,01	7,76
T2 RII	7,27	7,37	7,41	7,63	7,58	7,6	7,88
T2 RIII	8,11	7,92	7,76	7,8	7,92	8,11	8,24
T2 RIV	8,1	8,17	8,25	8,32	8,44	8,44	8,42
	31,71	31,77	31,54	31,63	31,73	32,16	32,3
X	7,9275	7,9425	7,885	7,9075	7,9325	8,04	8,075
T3 RI	7,64	7,77	7,97	8,05	8,19	8,3	8,37
T3 RII	7,89	8,17	8,22	8,64	8,75	8,77	7,80
T3 RIII	7,69	7,74	7,81	7,87	7,93	8,18	8,29
T3 RIV	8,64	7,87	7,71	7,76	7,89	8	8,43
	31,86	31,55	31,71	32,32	32,76	33,25	32,89
X	7,965	7,8875	7,9275	8,08	8,19	8,3125	8,2225

Tiempo(sem)	T 0	T 1	T 2	T 3
1	7,97	8,11	7,93	7,97
2	7,89	8,12	7,94	7,89
3	7,93	8,12	7,94	7,93
4	7,87	8,16	7,91	8,08
5	7,89	8,20	7,95	8,19
6	7,86	8,26	8,04	8,31
7	7,77	8,31	8,07	8,36

**Anexo 11. Datos de Contenido de Sodio en suelo con bacterias y dosis
corregidas de biol**

Médción de sodio en el Suelo (Meq/10			
TRATAMIEN	Inicio	Medio	Final
TORI	2,25	1,79	1,82
TORII	1,76	1,92	1,21
TORIII	1,63	1,73	1,07
TORIV	1,84	1,65	1,26
sum	7,48	7,09	5,35
X prom	1,87	1,77	1,34
T1RI	1,66	1,72	1,04
T1RII	1,41	1,72	0,93
T1RIII	1,28	1,54	0,69
T1RIV	1,52	1,60	1,11
sum	5,87	6,58	3,76
X prom	1,47	1,64	0,94
T2RI	2,06	1,83	1,09
T2RII	1,25	1,61	0,73
T2RIII	1,72	1,46	0,87
T2RIV	1,42	1,23	1,05
sum	6,44	6,14	3,74
X prom	1,61	1,53	0,94
T3RI	1,34	1,42	0,95
T3RII	1,34	1,40	0,66
T3RIII	3,07	1,90	1,24
T3RIV	2,75	1,68	0,87
sum	8,50	6,39	3,72
X prom	2,12	1,60	0,93

Anexo 12. Datos de Contenido de Sodio en suelo con yeso

Médción de sodio en el Suelo (Meq/10			
TRATAMIEN	Inicio	Medio	Final
TORI	1,84	1,73	1,74
TORII	1,77	1,82	1,70
TORIII	1,76	1,71	1,66
TORIV	1,64	1,70	1,66
sum	7,01	6,96	6,76
X prom	1,75	1,74	1,69
T1RI	1,73	1,70	1,65
T1RII	1,62	1,68	1,60
T1RIII	1,37	1,42	1,40
T1RIV	1,52	1,46	1,44
sum	6,24	6,26	6,09
X prom	1,56	1,57	1,52
T2RI	1,65	1,83	1,09
T2RII	1,32	1,27	1,25
T2RIII	1,66	1,61	1,57
T2RIV	1,52	1,30	1,11
sum	6,15	6,01	5,02
X prom	1,54	1,50	1,25
T3RI	1,55	1,30	1,24
T3RII	1,28	1,19	1,04
T3RIII	1,46	1,27	1,08
T3RIV	1,62	1,55	1,34
sum	5,91	5,31	4,70
X prom	1,48	1,33	1,18

Anexo 13. Datos de conductividad eléctrica (mS/cm) en suelo con bacterias y biol en el suelo

Datos de la C.E. Primera Semana

Datos de la C.E. Ultima semana

TRAT	C.E
T0	1,86
T1	1,72
T2	1,78
T3	2,02
T0	1,79
T1	1,65
T2	1,88
T3	1,78
T0	1,6
T1	1,81
T2	1,81
T3	1,92
T0	1,72
T1	1,65
T2	1,77
T3	1,9

TRAT	C.E
T0	1,7
T1	2,36
T2	3,43
T3	2,98
T0	1,6
T1	2,74
T2	3,61
T3	3,47
T0	1,6
T1	3,02
T2	3,84
T3	4,2
T0	1,52
T1	2,21
T2	3,52
T3	4,6

Anexo 14. Datos de pH en suelo con bacterias y biol en el suelo

Datos del pH Primera Semana

Datos del pH Ultima semana

TRAT	p H
T0	8,04
T1	7,46
T2	6,76
T3	6,88
T0	7,52
T1	7,25
T2	7,46
T3	7,24
T0	7,44
T1	7,49
T2	6,9
T3	7,58
T0	7,38
T1	8,21
T2	7,51
T3	7,96

TRAT	p H
T0	7,25
T1	6,66
T2	5,56
T3	5,3
T0	7,6
T1	5,63
T2	5,69
T3	5,41
T0	7,37
T1	6,43
T2	5,72
T3	5,12
T0	7,32
T1	6,38
T2	5,63
T3	5,42

Anexo 15. Datos de Conductividad eléctrica en suelo con dosis corregidas

Datos de la C.E 1ra semana

TRAT	C.E
T0	1924
T1	1645
T2	1623
T3	2031
T0	2010
T1	1686
T2	1746
T3	1708
T0	1863
T1	1727
T2	1826
T3	1843
T0	1700
T1	1606
T2	1846
T3	1880

Datos de la C.E última semana

TRAT	C.E
T0	1800
T1	964
T2	1496
T3	1790
T0	1866
T1	1162
T2	1562
T3	1687
T0	1772
T1	1210
T2	1549
T3	1794
T0	1688
T1	1180
T2	1560
T3	1765

Anexo 16. Datos de pH en suelo con dosis corregida

Datos del pH Primera semana

TRAT	pH
T0	7,62
T1	8
T2	8,46
T3	7,19
T0	7,71
T1	8,08
T2	8,58
T3	8,14
T0	8,22
T1	8,16
T2	7,31
T3	7,47
T0	8,15
T1	7,85
T2	8,1
T3	7,5

Datos del pH última semana

TRAT	pH
T0	7,41
T1	8,01
T2	6,86
T3	6,12
T0	7,8
T1	7,96
T2	7,42
T3	6,61
T0	7,73
T1	8,17
T2	6,83
T3	6,57
T0	7,66
T1	8,11
T2	7,77
T3	6,2

Anexo 17. Datos de conductividad Eléctrica en un suelo con yeso

Datos de la C.E. Primera Semana

TRAT	C.E
T0	1867
T1	1823
T2	1784
T3	1838
T0	1826
T1	1820
T2	1826
T3	1864
T0	1844
T1	1843
T2	1847
T3	1829
T0	1872
T1	1849
T2	1860
T3	1877

Datos de la C.E. Ultima semana

TRAT	C.E
T0	1827
T1	1812
T2	1709
T3	1787
T0	1811
T1	1784
T2	1750
T3	1776
T0	1833
T1	1820
T2	1780
T3	1758
T0	1839
T1	1800
T2	1814
T3	1784

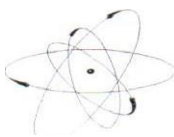
Anexo 18. Datos de pH en un suelo con yeso

Datos del pH Primera semana

TRAT	p H
T0	7,73
T1	8,11
T2	8,23
T3	7,64
T0	7,8
T1	8,23
T2	7,27
T3	7,89
T0	8,21
T1	8,23
T2	8,11
T3	7,69
T0	8,13
T1	7,87
T2	8,11
T3	8,64

Datos del pH última semana

TRAT	p H
T0	7,56
T1	7,68
T2	7,76
T3	8,37
T0	7,8
T1	7,58
T2	7,88
T3	7,8
T0	7,8
T1	7,8
T2	8,24
T3	8,29
T0	7,93
T1	7,71
T2	8,42
T3	8,43



Anexo 19. Análisis fisicoquímico del biol

IBTEN

ANÁLISIS FISICO QUIMICO DE BIOL

INTERESADO : G TZ NUMERO DE SOLICITUD : 0391/ 2011
PROCEDENCIA : Departamento PAZ, Ciudad VIACHA, FECHA DE RECEPCION: 8 / Febrero / 2011 Com.
CHOQUENAIRA - EST. EXPERIMENTAL FECHA DE ENTREGA • 24/ Febrero/ 2011
DESCRIPCIÓN : BIOLDE VACA

N ° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
202-01 /2011	Nitrógeno	0,08		Kjeldahl
202-02 1201 1	Fósforo	0,01		Espectrofotometria UV - Visible
202-03 1201 1	Potasio	0,52		Emrs;ón atómica
202-04 1201 1	Carbono orgánico	0,25		Walkley - Black
202-05 1201 1	Calcio	0,033	% Ca	Absorción atómica
202-06 /201 1	Magnesio	0,012		Absorción atómica
202-07 1201 1	Manganeso	0,99	mk/kg Mn	Absorc;on atornca
202-08 /2011	Cobre	0,35	rnk/kg Cu	Absorción atórnc
202-09 1201 1	Zinc	7,68	mk/kg Zn	Absorción atómica
202-10 1201 1	Hierro	6,11	mk/kg Fe	Absorción atómica
202-11 1201 1	Matena seca	2,30	%	Gravmetria
202-12 1201 1	Humedad	97,70		Gravimetría
202-13 1201 1	pH	7,75		
202-14 1201 1	Conductividad eléctrica	18,57	m S/cm	Fotencomet[lá

DE
JORGE



SRESPONSABLE
LABORATORIO
CHUNGARA C.

Anexo 20. Análisis de suelo de la comunidad AYAMAYA

Anexo 21. Dosis de Biol para el suelo

TOMAMOS EN CUENTA LA DOSIS DE BIOL EN AGUA SEGÚN ARANA, 2012

1Lt Biol----- 20 Lt H₂O

CASO 1: Para 1 Lt de agua

1Lt Biol----- 20 Lt H₂O

X----- 1 Lt H₂O

X= 0,05,Lt Biol

X= 50 ml Biol

CASO 2: Para 0,5 Lt de agua

1Lt Biol----- 20 Lt H₂O

X-----0,5 Lt H₂O

X= 0,025,Lt Biol

X= 25 ml Biol

Anexo 22. Cálculo de la cantidad de yeso que se debe añadir al suelo

PCA=800 gr Clase Textural: Y= ARCILLOSO

PSI=PSIactual-PSIrec=23%-2%=21PSI que eliminaremos

PSI=Na int/CIC*100

PSI=(2,24 meq/100gr S°)/14,65meq/100 gr S°

PSI= 0,152*100=15,29%

PSI=PSIactual-PSIrec=15,29%-2%=13,29PSI que eliminaremos

14,65meq/100gr S-----100%

X-----13,29%

X=1,94meq Na/100gr S

1,94meqNa/100grS=1,94 meq Yeso/100 gr °S

1,94meqYeso/100grS=(172/2)/1000=0,167gryeso/100 gr S

PESO MOLECULAR: SULFATO DE CALCIO DIHIDRATADO

SO₄Ca 2H₂O ES 172gr de yeso

0,167gr YESO-----100 grS

X-----800 gr S

X=1,3 gr YESO

Para 1 Ha:

Dap= 1,2 gr/ml = 1200 Kg S/m³

PCA=Dap* vol= $\frac{1200 \text{ Kg S}}{\text{m}^3} * 10000 \text{ Kg S} / \text{m}^3 * 0,2\text{m} = 2400000 \text{Kg } ^\circ\text{S} / \text{Ha}$

=2400000Kgr=2400000000 g S

$\frac{2400000000 \text{gr } ^\circ\text{S}}{\text{Ha}} * \frac{1,3 \text{gr Yeso}}{800 \text{ gr } ^\circ\text{S}} = 3900000 \text{gr Y} = 3900 \text{Kg Yeso} / \text{ha}$

X=3,9 gr YESO/ Ha

Anexo 23. Comparación de la conductividad eléctrica del suelo por extracto de saturación y por dilución 1:5

Normalmente la conductividad se puede determinar de dos formas diferentes según la proporción suelo/agua que utilice el laboratorio ya sea por extracto de saturación o por la relación 1:5.

SUELO	C.E.e (mS/cm)	C.E. 1.5(mS/cm)
No salino	<2	< 0,35
Levemente salino	2-4	0,35-0,65
Salino	4-8	0,65-1,15
Muy salino	8-16	>1,15

Podemos tener una correlación bastante aproximada o valor orientativo de C.Ee (Conductividad eléctrica en extracto de saturación) mediante la fórmula:

$$C.Ee=7,351 C.E 1:5 - 0,568$$

Nivel de pH	Clasificación del suelo	Efectos
4,5	Extremadamente ácido	- Condiciones muy desfavorables
4,5 - 5,0	Fuertemente ácido pero no en extremo	- Posible toxicidad por Al y exceso de Co, Cu, Fe, Mn y Zn. - Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P y S - Suelos sin carbonato cálcico - Actividad bacteriana escasa
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido	- Posible toxicidad por Al y exceso de Co, Cu, Fe, Mn y Zn. - Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P y S - Suelos sin carbonato cálcico - Actividad bacteriana escasa
5,6 - 6,0	Medianamente ácido	- Intervalo adecuado para la mayoría de los cultivos
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido	- Máxima disponibilidad de nutrientes
6,5 - 7,3	Neutro	- Mínimos efectos tóxicos (por debajo de pH=7 el carbonato cálcico no es estable en el suelo)

Fuente: Departamento de agricultura de los Estados Unidos- INFOAGRO

Anexo 24. Tabla de interpretación de valores para suelos agrícolas



LABORATORIO DE ANALISIS AGRICOLAS
ANALISIS DE SUELOS AGRICOLAS
INTERPRETACION DE RESULTADOS

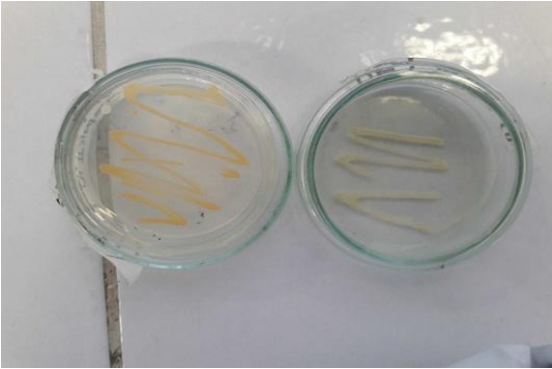
Página 1 de 1
28/02/2006
Revisión 1

CSR SERVICIOS

INTERPRETACIÓN DE ANALISIS DE SUELOS AGRICOLAS

ELEMENTO SUELO	MÉTODO EXTRACCIÓN	UNIDAD	RIQUEZA DEL SUELO			
			BAJA	MEDIO	ALTA	
N	kjeldahl	%	< 0,10	0,1	> 0,2	
P OLSEN	bicarbonato sódico	mg/kg	< 10	10-30	> 30	
K	Acetato amonio	mg/kg	< 190	200	> 300	
Ca	Acetato amonio	mg/kg	< 2.000	3000	> 4.000	
Mg	Acetato amonio	mg/kg	< 300	300-600	> 600	
Na	Acetato amonio	mg/kg	50		200	
B	agua caliente	mg/kg	< 0,5	1	> 2	
Fe	DTPA	mg/kg	< 100	100-400	> 400	
Mn	DTPA	mg/kg	< 10	10-20	> 20	
Cu	DTPA	mg/kg	< 1		> 10	
Zn	DTPA	mg/kg	< 3		> 20	
Al	CINa	mg/kg	10		100	
AZUFRE	CiCa	%	0,05	0,1	0,15	
MATERIA ORGÁNICA	Arcilla %	< 10	%	< 1,75	1,75	> 2,5
		10-30	%	< 2	2	> 3
		> 30	%	< 2,5	2,5	> 3,5
RELACIÓN C/N	calculo	s/u	< 8	9	> 13	
CALIZA ACTIVA	volumetría	% PESO	< 5	10	> 10	
CALIZA TOTAL	volumetría	% PESO	< 15	20-30	> 35	
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1: 5	mS/cm	< 0,1	0,4-0,7	> 1	
	extracto pasta saturada	mS/cm	< 1	1-3	> 4	
C.I.C.	Acetato sodio	meq/100g	< 10	20	> 30	
RESERVA DE AGUA	arcilla + limo	%	< 25		> 40	
SATURACIÓN POR BASES	bases / CIC	%	< 50	60-80	> 90	
SALINIDAD POR Na	Na / CIC	%	< 6	10	> 15	
SATURACION POR K	K/CIC	%	< 3	5	> 6	
SATURACION POR Mg	Mg/CIC	%	< 10	10	> 15	
SATURACION POR Ca	Ca/CIC	%	< 50	60	>70	
pH	Relación 1:2	Und. De pH	< 5,5	7-8	> 8,5	
	Se realiza también medición en KCl en suelos, pues en esta solución se evitan las interferencias producidas por los abonos, pesticidas, etc, siendo un valor mucho más próximo a como se comporta realmente la solución en el suelo.					

Anexo 25. Método por estrías y colonia predominan



Anexo 26. Esterilización y crecimiento de bacterias en medio mínimo



Anexo 27. Conductividad eléctrica alta de suelo y biol



Anexo 28. Preparación de unidades experimentales



Anexo 29. Evidencia de sales en el suelo

