



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO
POLITÉCNICO NACIONAL**

UNIDAD ZACATENCO

DEPARTAMENTO BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA

“EVALUACIÓN DEL AGUA DE RIEGO EN LA SALINIDAD DE UN SUELO

TRATADO CON CÁSCARA DE NARANJA”.

Tesis que presenta:

KAREN ANDREA MOLINA SÁNCHEZ.

Para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

EN LA ESPECIALIDAD DE BIOTECNOLOGÍA

Directora de Tesis

DOCTORA REFUGIO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ

Ciudad de México, febrero de 2022

COMITÉ TUTORIAL

Directora de Tesis:

Dra. Refugio Rodríguez Vázquez

Departamento de Biotecnología y Bioingeniería-Cinvestav

Asesores:

Dra. María Eugenia Hidalgo Lara

Departamento de Biotecnología y Bioingeniería-Cinvestav

Dr. Gerardo Huerta Beristain

Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero

CRÉDITOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio 44 de Xenobióticos del departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) Unidad Zacatenco.

La evaluación en campo se realizó en la Chinampa-Granja Aurora, de Xochimilco.

El desarrollo de la tesis de maestría tuvo el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, debo dar gracias a mis papás, Lilián Sánchez y Miguel Molina, no solo me dieron la vida, sino que han estado apoyándome en cada aspecto de mi vida, nunca me han dejado sola, me han demostrado lo que es ser honesto, gentil, valiente y perseverante. Cada esfuerzo que han hecho por mi y por mi hermano lo valoro muchísimo. Sin ellos yo no llegaría tan lejos, ellos me dieron las fuerzas en cada paso dado y no tengo palabras para agradecerles todo lo que han hecho, los admiro y los amo infinitamente.

A mi hermano que es una persona fundamental en mi vida, es la persona más inteligente y paciente que conozco, me siento muy orgullosa de ser su hermana y sin él este proyecto no pudiera haberse realizado, pues me ayudó a estudiar para mi examen de admisión a la maestría y se lo agradezco con el corazón.

Agradezco enormemente a la Dra. Refugio Rodríguez Vázquez por su apoyo, su paciencia y su gran entusiasmo para motivarme en la ciencia, aporta mucho al conocimiento científico, pero de igual manera aporta al medio ambiente. Admiro su dedicación y pasión por cada proyecto que desarrolla y sin duda admiro su inteligencia para crear tantas tecnologías y aportar mucho a este mundo. La admiro mucho y doy las gracias de haberla conocido y haber formado parte de su grupo de trabajo. Gracias doctora por todo.

Un agradecimiento muy grande para el señor Ángel, su esposa Aurora, su hijo Ernesto y su esposa; que son los propietarios de la chinampa “Granja Aurora” y que me dieron la oportunidad de trabajar en sus tierras, además de su amabilidad y atenciones que tuvieron.

Agradezco mucho del grupo de trabajo a Edgar, Brayan, Netza y Víctor que me ayudaron con los muestreos y que fueron muy respetuosos y atentos en cada momento. También agradezco a la M. en C. Mica por su paciencia y apoyo en el laboratorio.

Agradezco a la Dra. Maru que fue la primera en entrevistarme para entrar a la maestría y desde ese momento que la conocí me ha motivado en este mundo de la ciencia, es una mujer admirable y le agradezco su apoyo.

A mi abuelita Esther que ha estado conmigo desde el principio, es mi amiga, mi persona, la amo y agradezco tanto sus consejos, así como el que esté presente en mi vida. Agradezco de igual manera a mi abuelito Cuco porque es una persona muy inteligente y siempre lo he

admirado, gracias por visitarme en la ciudad de México y poder compartir momentos inolvidables.

A mi mejor amigo Alex, agradezco su apoyo emocional, por escucharme, motivarme, apoyarme en los malos y buenos momentos, te amo y somos un gran equipo, te admiro y estoy feliz de que forme parte de mi vida.

A mis compañeras de la maestría, Erika, Connie, Jess, Bety. A Sara y Claudia que ellas hicieron mi estancia en la ciudad de México más amena.

A Sarita y Adri que las conocí por hacer una estancia y me llevé la fortuna de conocerlas y atesoraré la amistad brindada, les agradezco que me han apoyado mucho en la parte académica y me han dado ánimos.

Debo agradecer especialmente a dos angelitos, mi abuelito Toño y mi abuelita Rosa, que se fueron antes de poder culminar mis estudios de maestría, les dedico este esfuerzo y logro, siempre me motivaron y creyeron en mí. Los amo eternamente.

ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	8
RESUMEN	9
SUMMARY	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. ANTECEDENTES	11
2.1 Salinidad de suelos.....	11
2.2 Unidades de salinidad del suelo.....	13
2.3 Definición de suelos sódicos	14
2.4 Definición de suelos salinos sódicos	14
2.5 Sales solubles totales (TSS)	15
2.6 Indicadores visuales de la salinidad del suelo.....	15
2.7 Influencia del pH en los suelos.....	16
2.8 Daño osmótico	18
2.9 Daño iónico	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	20
4. HIPÓTESIS.....	21
5. OBJETIVOS.....	21
6. METODOLOGÍA.....	21
6.1 Localización del área experimental.....	21
6.2 Caracterización del suelo de estudio	21
6.3 Caracterización del Agua de estudio.....	22
6.4 Inóculo de la cáscara de naranja	22
6.5 Optimización del sistema de biorremediación del suelo agrícola salino	22
6.6 Diseño Experimental	23
6.7 Tratamiento del suelo de la chinampa.....	24
6.8 Variables de respuesta	24
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
7.1 Caracterización del suelo de estudio	24
7.2 Caracterización del Agua de estudio.....	26
7.3 Inóculo de la cáscara de naranja	27
7.4 Optimización del sistema de biorremediación.....	28
7.5 Diseño Experimental	30

7.5.1 Agua destilada (CONTROL).....	31
7.5.2 Agua de canal	41
7.5.3 Agua de Biofiltro.....	49
7.5.4 Agua de Lluvia	57
7.6 Tratamiento del suelo de la chinampa.....	65
7.7 Variables de respuesta	65
8. CONCLUSIONES	69
9. REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	73
ANEXO A. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua destilada (CONTROL).....	73
ANEXO B. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua del canal.	80
ANEXO C. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua de biofiltro.	87
ANEXO D. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua de lluvia.	94
ANEXO E. Tablas de ANOVAS del tratamiento con agua destilada (Control).....	101
ANEXO F. TABLAS DE ANOVAS DEL TRATAMIENTO CON AGUA DEL CANAL	105
ANEXO G. TABLAS DE ANOVAS DEL TRATAMIENTO CON AGUA DEL BIOFILTRO.....	109
ANEXO H. TABLAS DE ANOVAS DEL TRATAMIENTO CON AGUA DE LLUVIA	113
ANEXO I. CE del Control de la chinampa “Granja Aurora”	117
ANEXO J. CE de las muestras en campo de la chinampa “Granja Aurora”, con y sin tratamiento	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables independientes. Tratamientos y niveles.....	22
Tabla 2. Matriz de distribución de tratamientos de remediación.....	23
Tabla 3. <i>Parámetros de pH y CE del suelo de la chinampa "Granja Aurora"</i>	24
Tabla 4. NOM-021-RECNAT. CE. Interpretación de conductividad eléctrica.....	25
Tabla 5. NOM-021-RECNAT. pH. Interpretación de resultados de pH.	25
Tabla 6. CE y pH del tipo de agua en estudio.	26
Tabla 7. Tratamientos que se evaluaron para el sistema de biorremediación.	28
Tabla 8. Control. Promedio de los parámetros de C.E. y del pH a los 0 días y a los 60 días.....	67
Tabla 9. Promedio de los parámetros de C.E. y del pH a los 0 días y a los 60 días.	67

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1. Suelo no sódico y suelo sódico.	12
Figura 2. Diagnóstico de campo de la salinidad del suelo.....	16
Figura 3. pH. Rango del pH más adecuado para una gama de cultivos.	17
Figura 4. Clasificación del pH para la disponibilidad de elementos por la planta	17
Figura 5. Suelo salino de la chinampa "Granja Aurora" 12 dS/m.....	26
Figura 6. SISTEMA CONTROL. Tratamiento del suelo con agua destilada. CE 0 dS/m ...	28
Figura 7. Tratamiento del suelo con agua del canal. CE 11.5 dS/m.....	29
Figura 8. Tratamiento con agua de biofiltro. CE 11.59 dS/m.	29
Figura 9. Tratamiento con agua de lluvia. CE 3.5 dS/m.	30
Figura 10. Control. Gráfica de contorno 3D.	31
Figura 11. Control. Gráfica de contorno 3D.	32
Figura 12. Gráfico de interacción.....	33
Figura 13. Gráfica de interacción entre riego y humedad.....	33
Figura 14. Gráfica de perturbación del control.	34
Figura 15. Gráfica de contorno 3D.	34
Figura 16. Gráfica de interacción entre riego e inóculo. 12 días	35
Figura 17. Gráfica de perturbación. 12 días.....	36
Figura 18. Gráfica de contorno 3D.	36
Figura 19. Gráfica de interacción entre riego y humedad.15 días.....	37
Figura 20. Gráfica de perturbación. 15 días.....	38
Figura 21. Gráfica de contorno 3D.	39
Figura 22. Gráfica de interacción entre riego y humedad. 18 días	40
Figura 23. Gráfica de perturbación. 18 días.....	40
Figura 24. Gráfica de contorno 3D.	41
Figura 25. Gráfica de interacción entre riego y CZ.	42
Figura 26. Gráfica de perturbación.....	42
Figura 27. Gráfica de contorno 3D.	43
Figura 28. Gráfica de interacción entre riego y CZ.	44
Figura 29. Gráfica de perturbación.....	44
Figura 30. Gráfica de contorno 3D.	45
Figura 31. Gráfica de interacción entre riego y CZ.	46

Figura 32. Gráfica de perturbación.....	46
Figura 33. Gráfica de contorno 3D	47
Figura 34. Gráfica de interacción entre riego y CZ	48
Figura 35. Gráfica de perturbación	48
Figura 36. Gráfica de contorno 3D.	49
Figura 37. Gráfica de interacción entre riego y humedad.....	50
Figura 38. Gráfica de perturbación.....	50
Figura 39. Gráfica de contorno 3D.	51
Figura 40. Gráfica de interacción entre riego y humedad.....	52
Figura 41. Gráfica de perturbación.....	52
Figura 42. Gráfica de contorno 3D.	53
Figura 43. Gráfica de interacción.....	54
Figura 44. Gráfica de perturbación.....	54
Figura 45. Gráfica de contorno 3D.	55
Figura 46. Gráfica de interacción.....	56
Figura 47. Gráfica de perturbación.....	56
Figura 48. Gráfica de contorno 3D	57
Figura 49. Gráfica de interacción entre riego y CZ.	58
Figura 50. Gráfica de perturbación.....	58
Figura 51. Gráfica de contorno 3D	59
Figura 52. Gráfica de interacción entre riego y humedad.....	60
Figura 53. Gráfica de perturbación	60
Figura 54. Gráfica de contorno 3D	61
Figura 55. Gráfica de interacción entre riego y humedad.....	62
Figura 56. Gráfica de perturbación.....	62
Figura 57. Gráfica de contorno 3D	63
Figura 58. Gráfica de interacción entre riego y humedad.....	64
Figura 59. Gráfica de perturbación	64
Figura 60. Perfil de distribución de la salinidad.	65
Figura 61. Suelo de la chinampa "Granja Aurora".	66
Figura 62. Suelo sin tratamiento de la chinampa "Granja Aurora".	67
Figura 63. Suelo después del tratamiento de la chinampa "Granja Aurora" a los 60 días.	68

ABREVIATURAS

CE.....Conductividad Eléctrica

CN.....Cáscara de naranja

CZ.....Cáscara y Zacate

H.....Humedad

MO.....Materia orgánica

TSS.....Sales solubles totales

RESUMEN

La agricultura se ha perjudicado, debido a causas antropogénicas como son; la expansión de la urbanización, la introducción de nuevas técnicas de cultivo y la utilización de fertilizantes, dando lugar a la acumulación de sales que causa un estrés fisiológico en las plantas, por lo tanto, una disminución en la capacidad agrícola de las chinampas.

Debido al problema ambiental, el objetivo del presente trabajo fue reducir la salinidad mediante la aplicación de residuos de naranja, así como la evaluación del tipo de agua con la cual riegan los cultivos, en un suelo salino de la zona chinampera.

Se llevó a cabo la evaluación del suelo chinampero usado para la producción de hortalizas, tales como; lechugas, rábanos, betabel, zanahorias, etc. y en base a los resultados obtenidos se procedió a aplicar Cáscara de Naranja (CN) para reducir la salinidad del suelo; la selección de las condiciones de cultivo apropiadas fue mediante un diseño experimental factorial fraccionado 2^{4-1} . Los factores evaluados fueron; tipo de agua usada para riego, relación de CN-zacate, cantidad de inóculo y humedad del cultivo, mediante el riego con agua del biofiltro, del canal con sal, de lluvia y agua destilada como "control".

SUMMARY

Agriculture has been harmed, due to anthropogenic causes, like the urbanization expansion, the introduction of new culture techniques and the use of fertilizers, causing the accumulation of salts in the soil, that causes a physiological stress in the plants, and therefore a decrease in the agricultural capacity of the chinampas.

Based on this environmental problem, the main objective of the present study was the reduction of the salinity in the agricultural soil from the chinampera zone, through the application of orange waste, as well as the type of water used for irrigation of the crops.

The evaluation of the parameters like the application of Orange Waste (OW) and the type of water used for irrigation to reduce the salinity for the rehabilitation of the agricultural soil of the chinampas for the crops production, such as lettuce, radish, beetroot, carrots, etc.) was performed through a fractional 2^{4-1} factorial experimental design. The factors were; the type of water used for irrigation, the CN-grass rate, amount of inoculum, OW and the humidity of the culture, the type of water used for irrigation was; from the filter, the channel (with salt) and the rain water, as well as distilled water used as a control.

1. INTRODUCCIÓN

La salinidad del suelo es la segunda causa principal de degradación de la tierra después de la erosión del suelo, la cual ha sido una causa de declive en las sociedades agrícolas durante 10.000 años. A nivel mundial, alrededor de 2000 hectáreas de tierra cultivable se pierden todos los días debido a la salinización (Shahid & Zaman, 2018).

Los suelos sódicos tienen niveles altos de pH, generalmente por encima de 8.5. El pH alto y la sodicidad provocan la dispersión de materia orgánica en el suelo, lo que afecta las propiedades físicas como el movimiento del agua. Además, estos tipos de suelos tienen algunas de las condiciones físicas más pobres y tienen una permeabilidad lenta al aire y al agua, lo que resulta en un menor intercambio de gases necesario para que las plantas crezcan (Matosic *et al.*, 2018).

La agricultura se ha visto perjudicada debido a la expansión de la urbanización, desecación de manantiales naturales por causas antropogénicas, la acumulación de sales, metales tóxicos, la introducción de nuevas técnicas de cultivo y utilización de fertilizantes artificiales (Narchi, 2013). Se ha estimado que en todo el mundo el 20% del total de tierras cultivadas y el 33% de las tierras agrícolas irrigadas están afectadas por una alta salinidad. Además, las áreas salinizadas están aumentando a una tasa del 10% anual por varias razones, que incluyen baja precipitación, alta evaporación superficial, meteorización de rocas nativas, riego con agua salina y malas prácticas culturales. Se ha estimado que más del 50% de la tierra cultivable estaría salinizada para el año 2050 (Jamil *et al.*, 2011).

2. ANTECEDENTES

En la ciudad de México se encuentra dentro del gran sistema de canales de Xochimilco, una zona de protección llamada “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (EXSGA), ubicada en las porciones centro y norte de la Delegación Política de Xochimilco (Presidencia de la República, 1992), que es declarado un área natural protegida por decreto de la UNESCO.

Las chinampas son parcelas pequeñas (500 a 1000 m²) de suelo de forma rectangular rodeadas por canales de agua; éstas son una forma de agricultura prehispánica y se caracterizan por un alto rendimiento en la producción de variedad de hortalizas (Pisanty, *et al.*, 2016). El vocablo chinampa se deriva del náhuatl *chinamitl* que significa almacén de cañas, este era la base para la construcción de la chinampa (Stephan-Otto, 2005).

Sin embargo, la agricultura chinampera se ha visto perjudicada debido a expansión de la urbanización, desecación de manantiales naturales por causas antropogénicas, la acumulación de sales, metales tóxicos, la introducción de nuevas técnicas de cultivo y utilización de fertilizantes artificiales (Narchi, 2013).

La salinidad resultante de estos procesos físicos y químicos ocasionan estrés fisiológico para las plantas (Rozema & Schat, 2013), lo que ocasiona que disminuya la capacidad agrícola de las chinampas.

2.1 Salinidad de suelos

El proceso de acumulación de sales solubles en el suelo se conoce como salinización. Una concentración excesiva de iones de sodio (Na) en el suelo produce un desequilibrio en la proporción de cationes monovalentes a cationes divalentes (Artiola *et al.*, 2019). Un suelo salino contiene un exceso de sales solubles, contienen cationes como sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺) junto con aniones cloruro (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), nitrato. (NO₃⁻), bicarbonato (HCO₃⁻) y carbonato (CO₃²⁻) (Waskom *et al.*, 2010).

Los suelos sódicos tienen niveles altos de pH, generalmente por encima de 8.5. El pH alto y la sodicidad provocan la dispersión de materia orgánica en el suelo, lo que afecta las propiedades físicas como el movimiento del agua. Además, estos tipos de suelos tienen algunas de las condiciones físicas más pobres y tienen una permeabilidad lenta al aire y al agua, lo que resulta en un menor intercambio de gases necesario para que las plantas crezcan (Matosic *et al.*, 2018).

Las sales en el suelo se producen como iones (formas de átomos o compuestos con carga eléctrica). Los iones se liberan de los minerales meteorizados en el suelo. También pueden aplicarse a través del agua de riego o como fertilizantes, o algunas veces migran hacia arriba en el suelo desde aguas subterráneas poco profundas. Cuando la precipitación es insuficiente para lixiviar iones del perfil del suelo, las sales se acumulan en el suelo dando como resultado la salinidad del suelo (Patel *et al.*, 2011).

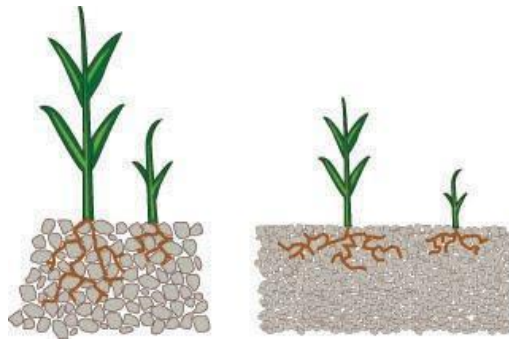


Figura 1. Suelo no sódico y suelo sódico.

En la izquierda de la figura 1, se muestra un suelo no sódico, el suelo con buena estructura. En la derecha se muestra un suelo con estructura densa que es un suelo sódico.

La salinidad del suelo impone toxicidad iónica, estrés osmótico, deficiencia de nutrientes (N, Ca, K, P, Fe, Zn) y estrés oxidativo en las plantas y, por lo tanto, limita la absorción de agua del suelo. La salinidad del suelo reduce significativamente la absorción de fósforo (P) de las plantas porque los iones fosfato precipitan con iones calcio (Ca) (Bano & Mussarat, 2009). Algunos elementos, como el sodio, el cloro y el boro, tienen efectos tóxicos específicos en las plantas. La acumulación excesiva de sodio en las paredes celulares puede provocar rápidamente estrés osmótico y muerte celular (Munns, 2002).

En los suelos salinos existen dos escenarios: uno donde el calcio es dominante de forma que el complejo adsorbente está saturado principalmente de Ca^{2+} y en minoría de Na^+ ; en este caso el suelo es estable y conserva su estructura. El segundo escenario es donde el Ca está ausente y predomina el ión Na^+ , el cual en presencia de agua se hidroliza liberando el ión Na^+ en la solución (Na_2CO_3), en este caso el pH se eleva, las arcillas se dispersan y la estructura del suelo se degrada (Maldonado, 2012; Otero *et al.*, 2007).

Es así como al predominio de Ca y Mg se le denomina salinización, y a los suelos con dominancia de Na, producen alcalinización o sodificación (Otero *et al.*, 2007; Taiz & Zeiger, 2006; Valencia, 2013).

La concentración de la salinidad del suelo se expresa comúnmente por la conductividad eléctrica y utilizando este parámetro, los suelos se pueden clasificar en tres grupos (Chhabra, 2017; Isbell, 2016; Qadir *et al.*, 2000).

- Suelos salinos: Conductividad eléctrica (CE) mayor a 4 dS/m, porcentaje de adsorción de sodio mayor que 13 y porcentaje de sodio intercambiable por debajo de 15.
- Suelos sódicos: CE por debajo de 4 dS/m, adsorción por debajo de 13 y sodio intercambiable por debajo de 15.
- Suelos salinos – sódicos: CE mayor a 4 dS/m, adsorción mayor a 13 y sodio intercambiable mayor a 15.

2.2 Unidades de salinidad del suelo

La salinidad se expresa generalmente como solutos disueltos totales (TDS) en miligramos por litro (mg/l) o partes por millón (ppm). También se puede expresar como sales solubles totales (TSS) en miliequivalentes por litro (meq/l).

La salinidad (CE) se midió originalmente como mili mhos por cm (mmho/cm), una unidad antigua que ahora está obsoleta. Soil Science ha adoptado el Systeme International d'Unites (conocido como unidades SI) en el que mho ha sido reemplazado por Siemens (S). Las unidades SI utilizadas actualmente para EC son:

- mili Siemens por centímetro (mS/cm) o
- deci Siemens por metro (dS/m)

Las unidades se pueden presentar como:

$$1 \text{ mmho cm}^{-1} = 1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mS/cm} = 1000 \text{ micro Siemens por cm (1000 } \mu\text{S/cm)}$$

(Shahid & Zaman, 2018).

2.3 Definición de suelos sódicos

Se utilizan dos parámetros importantes para definir suelos sódicos.

La primera es una propiedad del suelo: el porcentaje de sodio intercambiable (ISP), que describe el nivel de Na adsorbido en el suelo:

$$\text{ISP} = \left(\frac{\text{Na intercambiable}}{\text{capacidad de intercambio catiónico}} \right) (100).$$

Lugar de la capacidad de intercambio catiónico, también es posible utilizar la suma de cationes intercambiables (Ca + Mg + Na + K). El segundo parámetro que indica el nivel de sodicidad del agua de riego o de la solución del suelo se denomina relación de adsorción de sodio (SAR):

$$\text{SAR} = \frac{(\text{Na})}{\left(\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2} \right)^{0.5}}$$

donde los paréntesis reflejan la concentración de cationes en mmol/l. Por lo tanto, SAR tiene unidades de $(\text{mmol/l})^{0.5}$. Debe enfatizarse que el riesgo de sodicidad de las soluciones está relacionado con la proporción de Na a los cationes divalentes presentes en el agua y no a la concentración de Na únicamente (Levy, 2005).

Los suelos sódicos tienen PSI mayor a 15, CE menor a 4 dS/m, pH entre 8.5 y 10. En los suelos de este tipo, los principales daños son físicos debido a que hay una pérdida de la estructura del suelo. Los daños químicos provocan toxicidad en el metabolismo. La concentración de Na^+ frente al Ca^{+2} y Mg^{+2} en la solución del suelo es superior al 70% (Aceves, 2011; Ramos, 2006; Valencia, 2013).

El NaCl es la sal más frecuente en suelos salinos y afecta la solubilidad de otras sales, la acumulación de MgCl_2 se produce en suelos con una salinidad extremadamente alta. Las sales de Na_2SO_4 y el MgSO_4 se pueden dar lugar a eflorescencias blancas al ser transportadas a la superficie del suelo en tiempos de sequía, son muy solubles y tóxicas. El orden de toxicidad decreciente de los sulfatos es: $\text{K}_2\text{SO}_4 < \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{MgSO}_4$ (Ramos, 2006).

2.4 Definición de suelos salinos sódicos

Los suelos salinos sódicos se crean como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio. Navarro & Navarro (2003) mencionan que, si el exceso de sales solubles es lavado y las sales se lixivian, el pH se incrementa a valores mayores de 8.5, lo cual provoca la hidrolización del complejo sódico, que es un fenómeno que aumenta la concentración de iones hidroxilos (-OH), lo cual incide en el aumento de la toxicidad del Na, es así como la materia orgánica se dispersa fuertemente y se distribuye

en el suelo. Este efecto de hidrólisis del complejo sódico también sucede si hay presencia de carbonato o bicarbonato sódico. El pH en este caso no supera el 8, tienen una conductividad eléctrica CE mayor de 4.0 dS/m.

Conductividad eléctrica (CE)

Mide la capacidad de la solución del suelo para conducir electricidad y se expresa en decisiemens por metro (dS/m, que equivale a mmhos/cm).

El procedimiento estándar para las pruebas de salinidad es medir la CE de una solución extraída de un suelo humedecido en una "pasta de saturación". Según el personal del laboratorio de salinidad de EE. UU. (1954), un suelo salino tiene una CE del extracto de pasta saturada de más de 4 dS/m, un valor que corresponde a aproximadamente 40 mmol de sales por litro. Los cultivos varían en su tolerancia a la salinidad y algunos pueden verse afectados negativamente con CE inferiores a 4 dS/m. Las tolerancias a la sal son conocidas para cultivos comunes. Por ejemplo, el melocotón es sensible, mientras que el algodón es más tolerante a la sal (Maas, 1990).

2.5 Sales solubles totales (TSS)

Las TSS se refiere a la cantidad total de sales solubles en un extracto de pasta saturada del suelo, expresada en partes por millón o miligramos por litro (ppm o mg/l). Existe una relación lineal entre TSS y EC dentro de un cierto rango que puede ser útil para estimar de cerca las sales solubles en una solución o extracto de suelo. Si se conoce la EC, el TSS se puede estimar usando la siguiente fórmula:

$TSS \text{ (mg/l ó ppm)} = EC \text{ (mmhos/cm ó dS/m)} \times 640$, (Horneck *et al.*, 2007).

2.6 Indicadores visuales de la salinidad del suelo

Una vez que se desarrolla la salinidad del suelo en los campos agrícolas irrigados, es fácil ver los efectos sobre las propiedades del suelo y el crecimiento de las plantas (Figura 2). Indicadores visuales de salinización del suelo (Shahid & Rahman, 2011) incluyen:

- Una costra de sal blanca
- La superficie del suelo exhibe esponjosa
- Manchas de sal en la superficie del suelo seco.
- Germinación de semillas reducida o nula
- Establecimiento de cultivos irregulares
- Vigor de la planta reducido

- Daño al follaje: quema de hojas
- Se producen cambios marcados en el color y la forma de las hojas.
- La aparición de halófitas de crecimiento natural: plantas indicadoras, aumenta
- Los árboles están muertos o muriendo
- El área afectada empeora después de una lluvia
- Anegamiento



Figura 2. Diagnóstico de campo de la salinidad del suelo.

Indicadores visuales para una guía rápida. (a) Manchas de sal y crecimiento deficiente, (b) Parcela de hierba quemada por hojas, (c) Establecimiento de cultivos irregulares, (d) Árboles muertos debido al estrés salino. (Shahid & Rahman, 2011).

2.7 Influencia del pH en los suelos

El pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen. En general, el pH óptimo de estos suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad (Prasad & Power, 1997) ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, y, por tanto, donde mejor se aportarán la mayoría de los cultivos (Figuras 2 y 3). En cambio, también hay nutrientes (generalmente microelementos) y cultivos que se adaptan mejor a pH más bien ácidos o básicos. El pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas, es decir, este factor puede ser la causa de que se presente deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados (Benton, 2003).

CULTIVO	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
TRIGO			■	■	■	■	■	■	
CEBADA					■	■	■	■	■
CENTENO		■	■	■	■	■	■	■	
AVENA		■	■	■	■	■	■	■	
MAIZ			■	■	■	■	■	■	■
GUISANTE				■	■	■	■	■	
VEZA SATIVA			■	■	■	■	■	■	
ALFALFA				■	■	■	■	■	
VEZA VILLOSA		■	■	■	■	■	■	■	
REMOLACHA				■	■	■	■	■	
GIRASOL				■	■	■	■	■	

Figura 3. pH. Rango del pH más adecuado para una gama de cultivos.

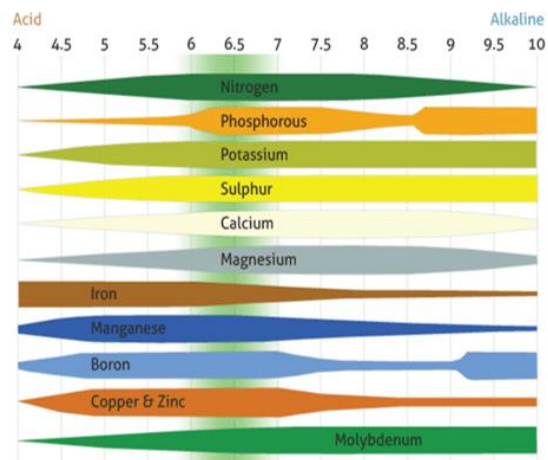


Figura 4. Clasificación del pH para la disponibilidad de elementos por la planta

Según Sameen *et al.*, (2016), el pH en el suelo es una propiedad química que determina el comportamiento y evolución de nutrientes y contaminantes en los diversos perfiles del suelo, en la vegetación y microbiota (Raina *et al.*, 2006). El pH del suelo mide la concentración de iones H^+ en la solución del suelo, está determinado por la composición de la solución y de sus componentes más abundantes; como cationes básicos: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ y cationes ácidos: H^+ , Al^{+3} , Fe^{+3} , NH_4^+ .

La medición del pH del suelo depende de los siguientes factores:

Relación suelo solución: En el rango de humedad equivalente (capacidad de campo) en la relación de 1:5, el efecto de dilución hace aumentar el pH de la suspensión de suelo y se pueden obtener diferencias superiores a una unidad de pH. En los suelos ácidos generalmente no hay variación.

Efecto de las sales neutras: El pH de una suspensión de suelo disminuye al aumentar la concentración de sales neutras ($NaCl$, $CaSO_4$, etc.). Por lo tanto, el aumento de pH al

augmentar la dilución es un efecto corolario de la disminución del pH observado al adicionar sales neutras. Este efecto hace que la medición del pH en agua esté sujeta a variaciones estacionales. En muchos casos el pH del suelo es más bajo en verano debido a la adición de fertilizantes.

Efecto del anhídrido carbónico (CO₂) del aire: El CO₂ del aire baja el pH del suelo. La concentración de CO₂ en la atmósfera prácticamente no afecta el pH en suelos ácidos.

Por lo regular en suelos con pH alcalinos hay presencia elevada de calcio hace que el 80% del fósforo que contiene un suelo reaccione con él, formando fosfatos cálcicos [generalmente Ca₃(PO₄)₂] insolubles, y, por lo tanto, no aprovechables por las plantas. Gran parte de los micronutrientes son vagamente absorbidos en este tipo de pH, incidiendo en el erróneo funcionamiento de la ley del mínimo, en la que la ausencia de uno de ellos merma el correcto funcionamiento del resto de elementos aportados, incidiendo negativamente en las funciones y los procesos de crecimiento de los cultivos (Edward, 2000).

2.8 Daño osmótico

La salinidad puede causar dos clases de estrés osmótico en los tejidos de las plantas. El estrés osmótico se presenta cuando el aumento de sales en la solución del suelo ocasiona disminución de los potenciales hídrico y osmótico del suelo, lo cual se refleja en el estado hídrico de la planta o contenido relativo de agua (CRA); es decir, la planta tiende a perder agua, por lo que la planta debe mantener un potencial hídrico más negativo que el sustrato para asegurar la absorción de agua (Bartels & Ramanjulu, 2005).

El transporte de agua por ósmosis se lleva a cabo pasivamente desde la solución con menor concentración de soluto hacia la de mayor concentración. El potencial del soluto de una disolución es proporcional al número de moléculas de solutos disueltos en ella, a esto se le conoce como potencial osmótico y afecta la dirección de la ósmosis (Campbell & Reece, 2007). El exceso de solutos disueltos en la zona radicular reduce el potencial osmótico de las células radiculares y lo hacen más negativo, provocando un efecto homólogo al que produce el déficit hídrico del suelo en la planta. La presión osmótica es definida, como la cantidad de energía necesaria para que las raíces sean capaces de adsorber el agua del suelo, este requerimiento energético es mayor en las plantas expuestas a suelos salinos.

Como resultado del estrés salino, las plantas pueden responder con un amplio rango de respuestas fisiológicas a nivel molecular, celular y de organismo. Estas incluyen, por ejemplo, cambios en el desarrollo y la morfología de las plantas (inhibición del crecimiento

apical, incremento en el crecimiento de las raíces y cambios en el ciclo de vida), ajuste en el transporte iónico (concentración, expulsión y secuestro de iones) y cambios metabólicos (metabolismo del carbono y la síntesis de solutos compatibles; Hasegawa *et al.*, 2000). Así también, para mantener el estado hídrico, las acuaporinas, proteínas canales de membrana (PIP) juegan un papel dinámico clave en el control del movimiento del agua en las células de la raíz y las proteínas TIP a nivel del tonoplasto, son las responsables del control del agua transcelular, para restablecer y mantener la homeostasis celular de los cambios en el potencial osmótico celular ocasionado por las sales (Azevedo *et al.*, 2004; Bartels & Ramanjulu, 2005).

2.9 Daño iónico

Debido a la presencia de ciertos iones, la toxicidad de las plantas es variable, porque algunas sales que son inherentemente no tóxicas en las plantas, como el sodio, el cloruro o el bicarbonato, pueden causar efectos negativos en altas concentraciones. Por lo tanto, entre los iones, como el boro o el litio, que es dañino incluso en concentraciones muy bajas (Salcedo, 2002). La relación anormal de Na^+ y K^+ y la alta concentración de sal pueden inactivar algunas enzimas e inhibir la síntesis de proteínas, porque una alta concentración de Na^+ reemplazará al Ca^{2+} en la membrana plasmática, lo que provocará cambios en la permeabilidad de la membrana celular. Células, esto se puede observar por la pérdida de K^+ en las células. A medida que aumenta la concentración de Na^+ y Cl^- en el cloroplasto, se inhibe la fotosíntesis, lo que afecta la altura de la planta, el largo de las raíces, la frescura y la acumulación de materia seca, la supervivencia y el contenido de proteínas y azúcar (Mesa, 2003; Taiz & Zeiger, 2006).

3. JUSTIFICACIÓN

En la Ciudad de México, dentro de la Alcaldía Xochimilco, existen 20 922 chinampas, de las cuales solamente 3 586 se trabajan, es decir, están activas (González *et al.*, 2016). Un problema común es la utilización de agua de riego con alta concentración de sales por los procesos de evaporación, así como la aplicación excesiva de fertilizantes, las cuales producen un exceso de sales en el suelo. Todo esto ocasiona un daño al medio ambiente, además de que se van volviendo infértiles los suelos, por estas causas y la agricultura que se lleva a cabo en estas zonas va disminuyendo considerablemente.

Los cítricos son el cultivo de frutas más grande del mundo con una producción anual de 100 millones de toneladas métricas con una producción de naranja que alcanza los 68 millones de toneladas, lo que representa el 8.5% de la producción total de frutas. La cáscara de naranja es uno de los principales desechos sólidos generados por la industria de procesamiento de frutas, con una fracción de desechos primarios que asciende al 50% de la biomasa de la fruta. (FAO, 2014). En la cáscara de naranja el pH ácido, el alto contenido de fibra y la presencia de carbohidratos solubles e insolubles (en forma de pectina, celulosa y hemicelulosas) de este residuo lo convierten en un sustrato-soporte potencial para su aplicación en la producción microbiana (Mamma & Christakopoulos, 2008), debido a esto se utilizará como biofertilizante para la reducción de la salinidad en los suelos agrícolas y poder así tener un mejor rendimiento del suelo. Posteriormente al tratamiento, se evaluarán las diferentes aguas (sin sales y con sales) para determinar la mejor en el uso de los cultivos de la chinampa.

4. HIPÓTESIS

La salinidad que perdura en los suelos agrícolas tratados con la tecnología de la cáscara de naranja se debe a falta de riegos en los suelos y al uso excesivo de fertilizantes, dichos factores promueven la salinidad en el suelo e impide que tenga una disminución de sales.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

- Reducir la salinidad por medio de la cáscara de naranja, así como evaluar el efecto de los riegos en los suelos agrícolas de la zona chinampera de la Ciudad de México.

Objetivos particulares

- Determinar la salinidad de los suelos tratados con cáscara de naranja.
- Establecer los parámetros de riego y el tipo de agua de riego aplicada a un suelo agrícola de la zona chinampera.

6. METODOLOGÍA

6.1 Localización del área experimental.

El suelo salino que se utilizó para realizar las pruebas de remediación fue perteneciente a una parcela con una superficie de 325 m², chinampa del ejido de San Gregorio Atlapulco, “Granja Aurora”, en la Alcaldía de Xochimilco, Ciudad de México, con coordenadas 49°29'18.8" N y 21°30'47.9" O.

El suelo fue analizado en el Centro de Investigaciones e Investigaciones Avanzadas del IPN.

6.2 Caracterización del suelo de estudio

La caracterización del suelo salino utilizado en la presente tesis fue determinada conforme a los parámetros de la NOM-021-RECNAT. Se llevó a cabo la medición de la conductividad

eléctrica y el pH, al inicio y al final de los tratamientos de remediación, por medio del equipo Hanna HI 2550, de acuerdo con el manual de dicho equipo.

6.3 Caracterización del Agua de estudio

Se llevó a cabo la caracterización de 4 tipos de agua: Agua destilada, agua del canal de la chinampa “granja aurora”, agua del biofiltro de la chinampa “granja aurora” y agua de lluvia recolectada de la misma chinampa. Se midió conductividad eléctrica y pH por medio del equipo Hanna HI 2550.

6.4 Inóculo de la cáscara de naranja

Se utiliza la cáscara de naranja para obtener el inóculo requerido, el diámetro de la cáscara de naranja fue de 0.5 cm. Una vez obtenidos los círculos de la cáscara se deja en temperatura ambiente y se tapa para tener una colonización de microorganismos a los 6 días, que se obtienen las especies de interés.

6.5 Optimización del sistema de biorremediación del suelo agrícola salino

Se evaluaron los factores que podrían interactuar entre ellos. Los tratamientos que se evaluaron para la selección de las condiciones de biorremediación del suelo agrícola consistieron en dos niveles (nivel bajo y nivel alto), para los factores: riegos, CZ (cáscara de naranja y zacate), Inóculo y humedad, en cada tipo de agua de riego, control (agua destilada), agua del canal, agua del biofiltro y agua de lluvia.

Tabla 1. Variables independientes. Tratamientos y niveles

Tratamientos	Nivel Bajo (-)	Nivel Alto (+)
Número de riegos	1	2
CZ (%)	0	1
Inóculo (%)	0	1
Humedad (%)	60	80

Los factores estadísticamente significativos para la disminución de la conductividad eléctrica en el suelo de estudio fueron contemplados para la instalación de bioensayos posteriores.

6.6 Diseño Experimental

Se realizó un análisis factorial 2^{4-1} , con tres réplicas para cada uno de los tratamientos.

Cada sistema se realizó para los diferentes tipos de aguas evaluadas (agua del canal, agua de biofiltro y agua de lluvia), se contó con un control la cual fue el agua destilada (agua sin sales). Se fueron haciendo las mediciones cada tercer día durante 18 días.

La matriz utilizada para el diseño factorial con variables y valores codificados se muestra en la Tabla .

Tabla 2. Matriz de distribución de tratamientos de remediación

	Riegos	Cáscara y zacate (%)	inóculo (%)	Humedad (%)
T1	1	0	0	60
T2	2	0	0	80
T3	1	1	0	80
T4	2	1	0	60
T5	1	0	0.5	80
T6	2	0	0.5	60
T7	1	1	0.5	60
T8	2	1	0.5	80

6.7 Tratamiento del suelo de la chinampa

En la chinampa “Granja Aurora”, el área trabajada fue de 325 m² y se tomaron 18 puntos de tierra con 30 cm de profundidad, el muestreo se realizó en zig zag. Se tomaron 8 puntos más de otra parcela como control.

Posteriormente se realizó un perfil de distribución de la salinidad de la chinampa trabajada por medio del cual se obtuvo un diagrama, hecho por el software Surfer®.

6.8 Variables de respuesta

Se procedió a aplicar el tratamiento con cáscara de naranja y el inóculo, manteniendo una humedad del 80%. Se tomaron muestras a los dos meses.

Se llevó a cabo la medición de pH y conductividad eléctrica para cada uno de los tratamientos del análisis factorial fraccionado. Una vez remediado el suelo, se seleccionó el mejor tratamiento para aplicarlo en la parcela, de la chinampa “Granja Aurora”, de los 325m.²

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Caracterización del suelo de estudio

Se presentan los parámetros obtenidos los cuales son el pH y la conductividad eléctrica (CE) del suelo de la chinampa (Tabla 3). La CE se presenta en dS/m, según la NOM-021-RECNAT.

Tabla 3. Parámetros de pH y CE del suelo de la chinampa “Granja Aurora”

pH	CE (dS/m)
8.5	12

Según la NOM-021-RECNAT los parámetros de la conductividad eléctrica para considerarse un suelo salino se describen en la tabla 4, de acuerdo con los resultados obtenidos, el suelo se clasificó como un suelo fuertemente salino, debido a que se obtuvo 12 dS/m. El pH que se obtuvo fue de 8.5, el cual entra en el rango de un suelo fuertemente alcalino (tabla 5). Ambos parámetros representan un suelo bastante alcalino, estos suelos muestran costras de sal como se puede observar en la Figura 5.

Tabla 4. NOM-021-REC NAT. CE. Interpretación de conductividad eléctrica.

CE dS/m	Efectos
<1.0	Efectos despreciables
1.1-2.0	Muy ligeramente salino
2.1-4.0	Moderadamente salino
4.1-8.0	Suelo salino
8.1-16.0	Fuertemente salino
>16.0	Muy fuertemente salino

Tabla 5. NOM-021-REC NAT. pH. Interpretación de resultados de pH.

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	<5.0
Moderadamente ácido	5.1-6.5
Neutro	6.6-7.3
Medianamente alcalino	7.4-8.4
Fuertemente alcalino	>8.5



Figura 5. Suelo salino de la chinampa "Granja Aurora" 12 dS/m.

7.2 Caracterización del Agua de estudio

Los parámetros que se consideraron para la medición del agua fueron la conductividad eléctrica y el pH. Se hicieron mediciones de 3 tipos de agua, contando con un control (agua sin sales), los resultados se presentan a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. CE y pH del tipo de agua en estudio.

Tipo de Agua	CE dS/m	pH
Destilada (Agua sin sales) (Control)	0	6.6
Canal (Agua con sales)	11.4	7.4
Biofiltro	11.59	7.86
Lluvia	3.5	6.85

De acuerdo con la NOM-021-RECNAT, los valores de pH del control, que es agua libre de sales y el agua de lluvia se encuentran en el rango de neutralidad; en cambio el agua del canal y la de biofiltro entran en el rango de moderadamente alcalino (tabla 5).

Los valores de CE, en el control es de cero, debido a que el agua destilada no contiene sales disueltas, por lo que no conduce electricidad. Por esta razón es que se utilizó como control para la evaluación de los tratamientos en el suelo y poder observar la reducción de la salinidad sin que modificara las condiciones del suelo.

Se puede notar que tanto el agua de canal como la de biofiltro tienen una CE parecida de 11 dS/m, debido a que ambas contienen una alta concentración de sales, pues son contaminadas.

7.3 Inóculo de la cáscara de naranja

El tiempo de colonización en la cáscara de naranja se obtiene a los 6 días, debido a que la cáscara de naranja contiene muchos compuestos biológicamente activos que pueden estimular el crecimiento de especies de *Penicillium*. Debido al pH ácido, el contenido de fibra y la presencia de carbohidratos solubles e insolubles como la pectina, celulosa y hemicelulosa. La cáscara de naranja es un soporte potencial para la producción microbiana (Gaid, 2017).

Las especies *Penicillium* acumulan la prolina y la glicina betaína son los principales osmolitos orgánicos y los cationes de potasio son los solutos inorgánicos más comunes utilizados como osmolitos, La síntesis de osmolitos requiere grandes cantidades de energía. Por lo tanto, la adición de materiales orgánicos como residuos de plantas o abonos como fuentes de nutrientes para los microbios puede ser una estrategia importante para mejorar los suelos salinos (Sagot *et al.*, 2010).

7.4 Optimización del sistema de biorremediación

De las variables ó factores: No. de riego, cáscara de naranja y zacate (CZ), Inóculo y humedad) con los dos niveles (bajo y alto), dieron como resultado 8 tratamientos (tabla 7).

Tabla 7. Tratamientos que se evaluaron para el sistema de biorremediación.

TRATAMIENTO	A=RIEGO Número	B=CZ (%)	C=INÓCULO (%)	D=HUMEDAD (%)
1	1	0	0	60
2	2	0	0	80
3	1	0	0	80
4	2	0	0	60
5	1	1	1	80
6	2	1	1	60
7	1	1	1	60
8	2	1	1	80

Para cada tratamiento se utilizó un distinto sistema de agua (Destilada, del canal, del biofiltro y de lluvia), para evaluar también que tanta salinidad aportaba el agua a los suelos. Los resultados pertinentes se muestran a continuación.

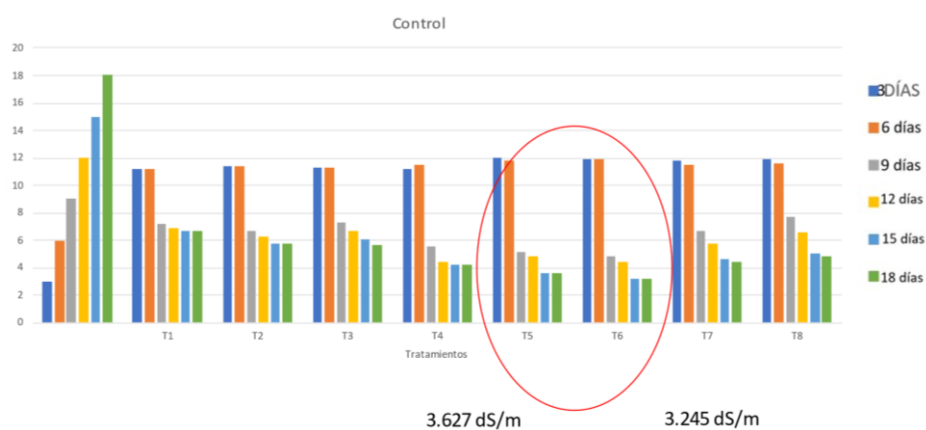


Figura 6. SISTEMA CONTROL. Tratamiento del suelo con agua destilada. CE 0 dS/m

Los tratamientos que mayor reducción se obtuvo fueron el 5 y 6, reduciendo hasta 8 unidades de CE, dando como resultado 3.62 dS/m y 3.24 dS/m respectivamente.

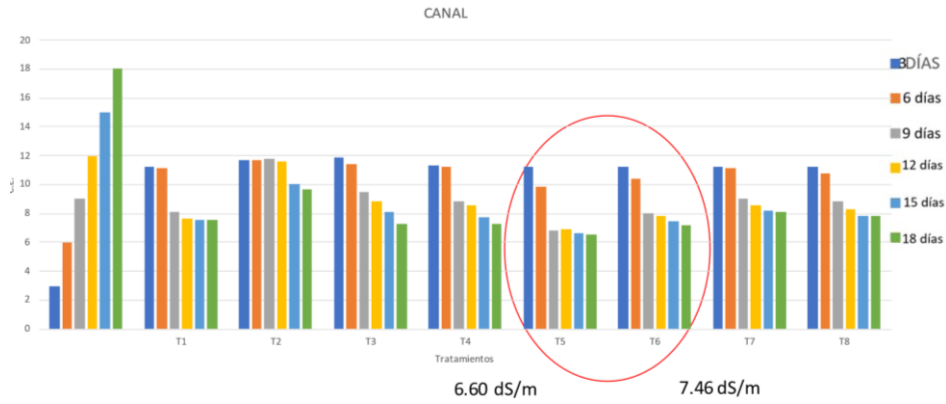


Figura 7. Tratamiento del suelo con agua del canal. CE 11.5 dS/m.

Los tratamientos 5 y 6 fueron en los que mayor reducción se obtuvo, 6.60 dS/m y 7.46 dS/m respectivamente.

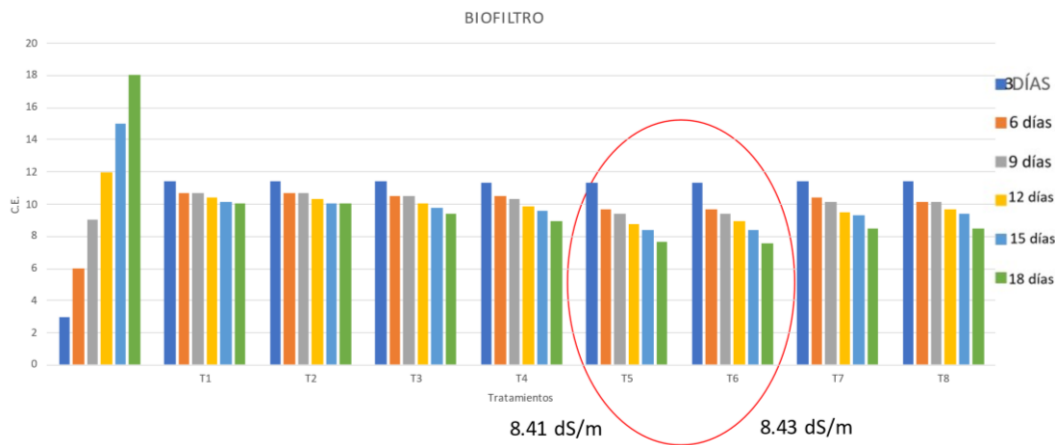


Figura 8. Tratamiento con agua de biofiltro. CE 11.59 dS/m.

Los tratamientos 5 y 6 fueron en los que mayor reducción se obtuvo, 8.4 dS/m y 8.43 dS/m respectivamente.

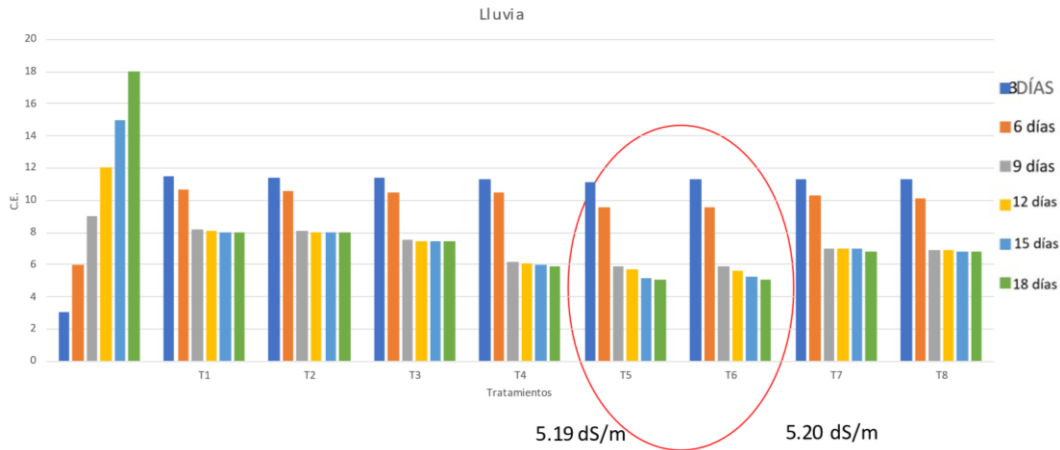


Figura 9. Tratamiento con agua de lluvia. CE 3.5 dS/m.

Los tratamientos 5 y 6 fueron en los que mayor reducción se obtuvo, 5.19 dS/m y 5.2 dS/m respectivamente.

En todos los sistemas se tomó la CE cada tres días, a partir del día 9 se observa en todas las gráficas (figura 6 a la figura 9) una notable reducción de la salinidad, debido a que la actividad microbiana, la cual se desarrolla mejor a partir de los 9 días. El requisito de lixiviación es la fracción de agua necesaria para eliminar el exceso de sal, es decir, la cantidad de agua adicional necesaria para mantener un nivel de salinidad objetivo (Oshunsanya & Akinrinola, 2013). Agregar materia orgánica, como lo es la CN y zacate, así como el inóculo, favoreció a mejorar la capacidad de retención de agua del suelo y por consiguiente una disminución de la salinidad. El agua no sólo es un medio de transporte esencial para los sustratos, también es un elemento importante en los procesos de hidrólisis. Por lo tanto, el contenido de agua del suelo controla la actividad microbiana y es un factor importante, que determina las tasas de mineralización (Paul *et al.*, 2003).

7.5 Diseño Experimental

La variable de respuesta relacionada directamente con la disminución de la salinidad en el suelo fue evaluada por la conductividad eléctrica, del análisis factorial fraccionado 2^{4-1} .

Se obtuvo el modelo para la disminución de la CE, que en términos de factores codificados es:


$$C.E. = 36.16 - 2.62Riego + 0.32CZ + 2.19Inoc - 1.05H - 5.12CZInoc + 3.24Inoc * H$$

El modelo de regresión indica que la salinidad se disminuye significativamente con un riego, con inóculo, y con la interacción positiva del Inóculo y la humedad ($p=0.0001$). El modelo de regresión fue dado por el programa SAS, LSD (diferencia mínima significativa). Determinados por el ANOVA, análisis de regresión y la comparación múltiple de medias por LSD.

7.5.1 Agua destilada (CONTROL)

9 días Control

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
4.888  7.776

X1 = A: Riegos
X2 = C: Inoculo

Actual Factors
B: CZ = 0
D: Humedad = 0

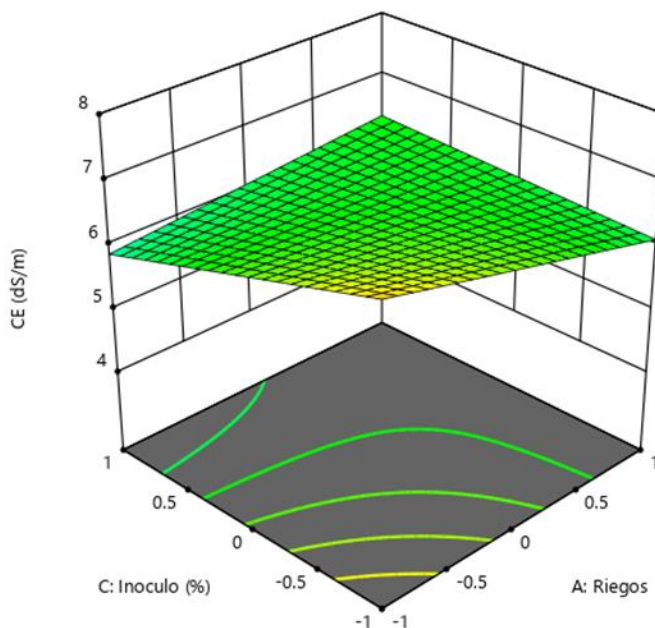



Figura 10. Control. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y C: Inóculo.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso el inóculo en su nivel alto (+1) y el riego en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento con inóculo y un riego de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 10, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
4.888  7.776

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

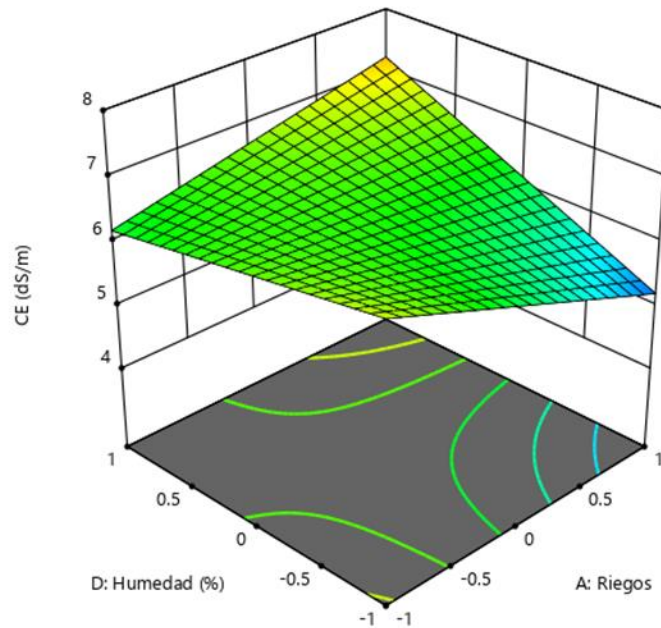


Figura 11. Control. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con 60% de humedad y dos riegos de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 11, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = C: Inoculo

Actual Factors

B: CZ = 0
D: Humedad = 0

■ C- -1
▲ C+ 1

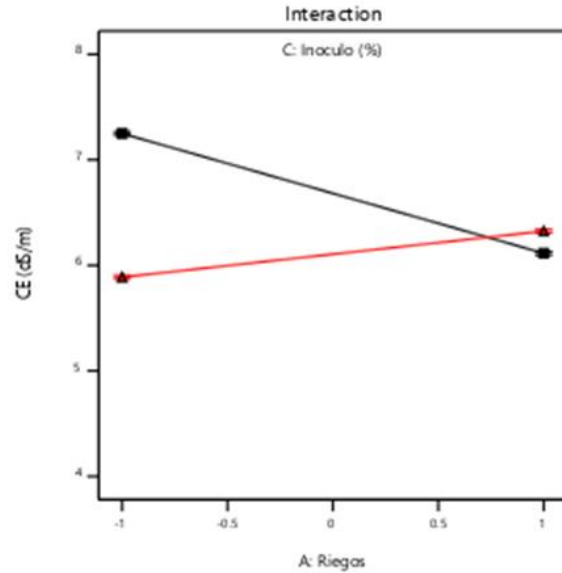


Figura 12. Gráfico de interacción.

La C.E. se presenta en el tratamiento a los 9 días del control. Inóculo con un riego.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1
▲ D+ 1

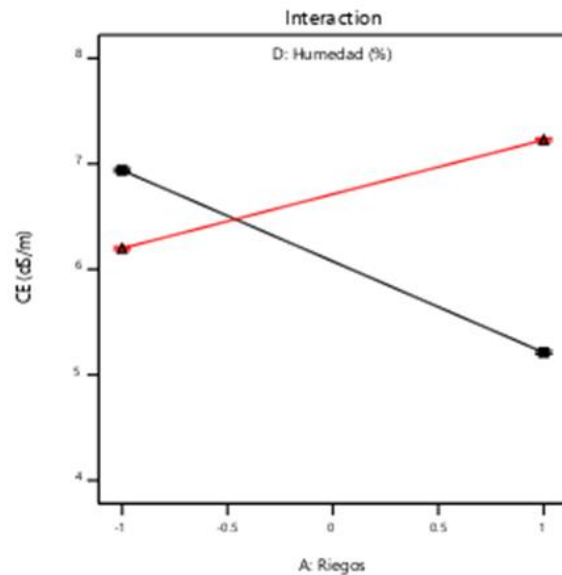


Figura 13. Gráfica de interacción entre riego y humedad.

La CE más baja se obtiene en este tratamiento de 9 días y control, se presenta con 2 riegos y el 60% de humedad (Fig. 13).

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

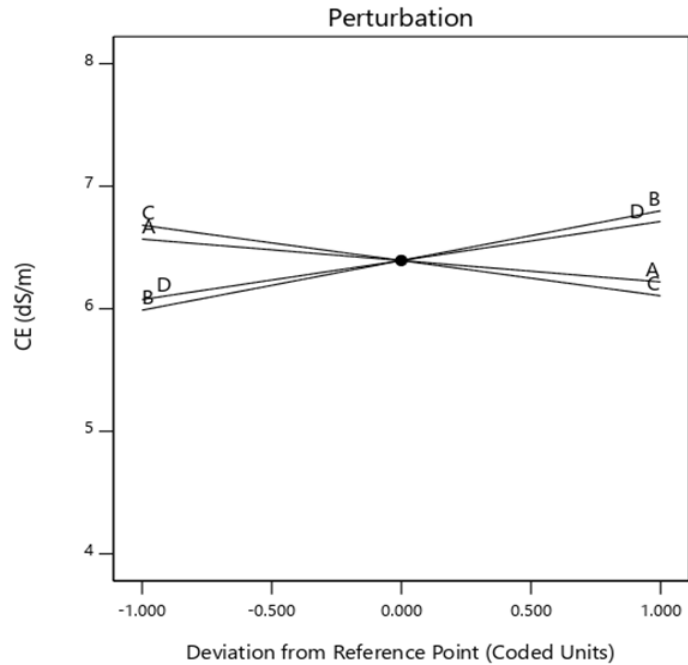


Figura 14. Gráfica de perturbación del control.

12 días Sistema Control

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

4.432  6.92

X1 = A: Riegos
X2 = C: Inoculo

Actual Factors

B: CZ = 0
D: Humedad = 0

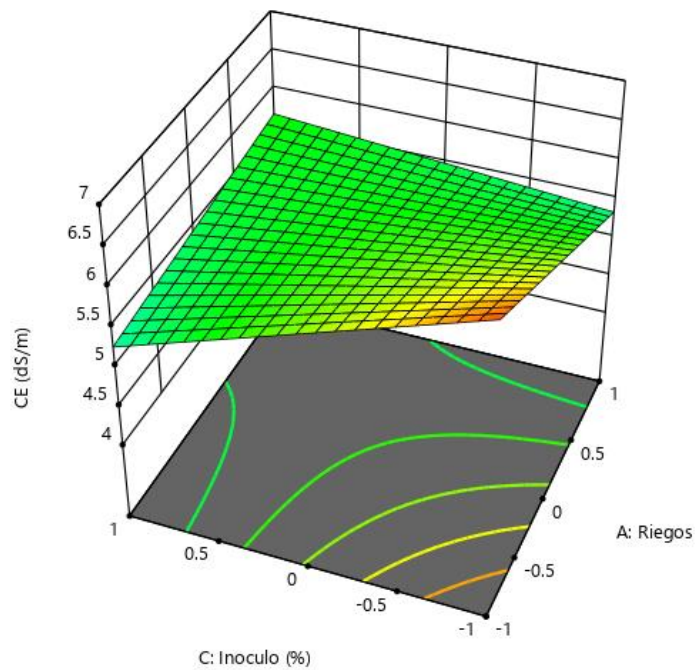


Figura 15. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y C: Inóculo. 12 días.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso el inóculo en su nivel alto (+1) y el riego en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento con inóculo y un riego de aplicación. El comportamiento puede ser observado en el extremo inferior de la Figura 15, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = C: Inoculo

Actual Factors

B: CZ = 0
D: Humedad = 0

■ C- -1

▲ C+ 1

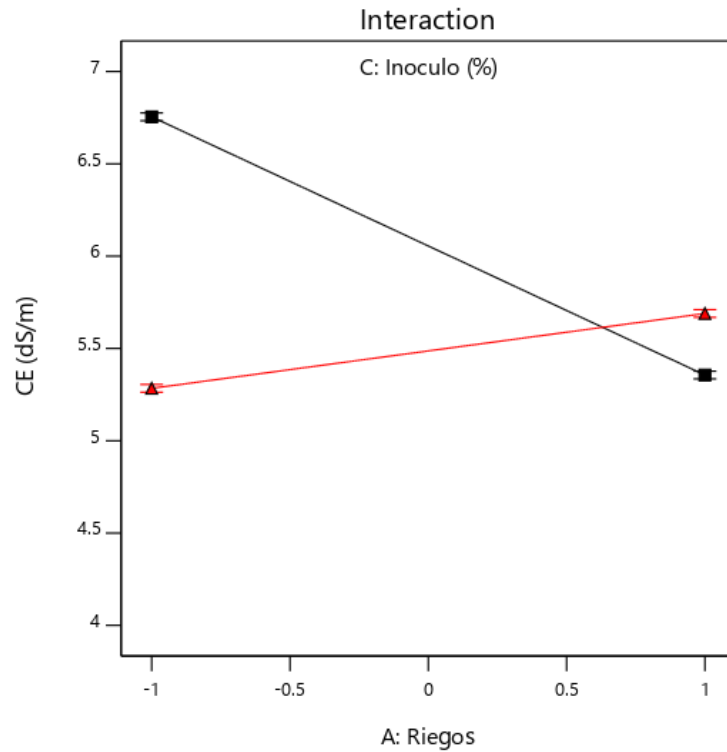


Figura 16. Gráfica de interacción entre riego e inóculo. 12 días

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

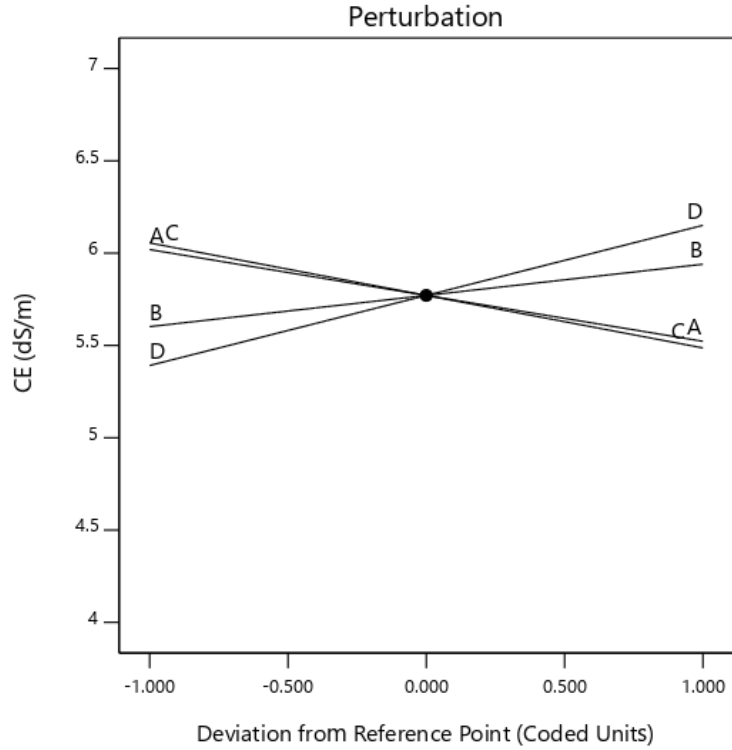



Figura 17. Gráfica de perturbación. 12 días

15 días Sistema Control

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
3.24  6.712

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

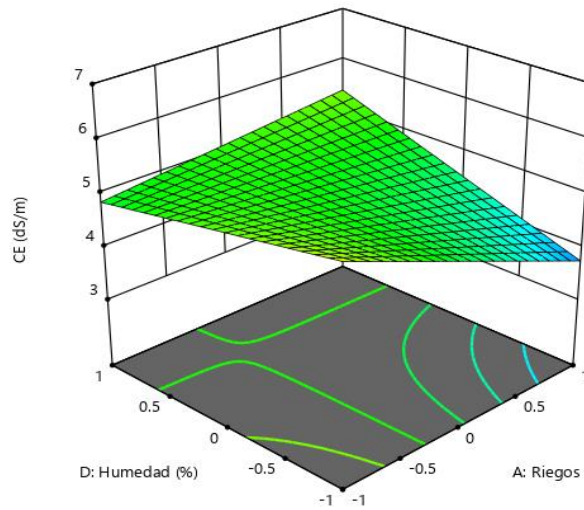


Figura 18. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad. 15 días

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso los riegos en su nivel alto (+1) y la humedad en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento con dos riegos y el 60% de humedad de aplicación. El comportamiento puede ser observado en el extremo inferior de la Figura 18, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1
▲ D+ 1

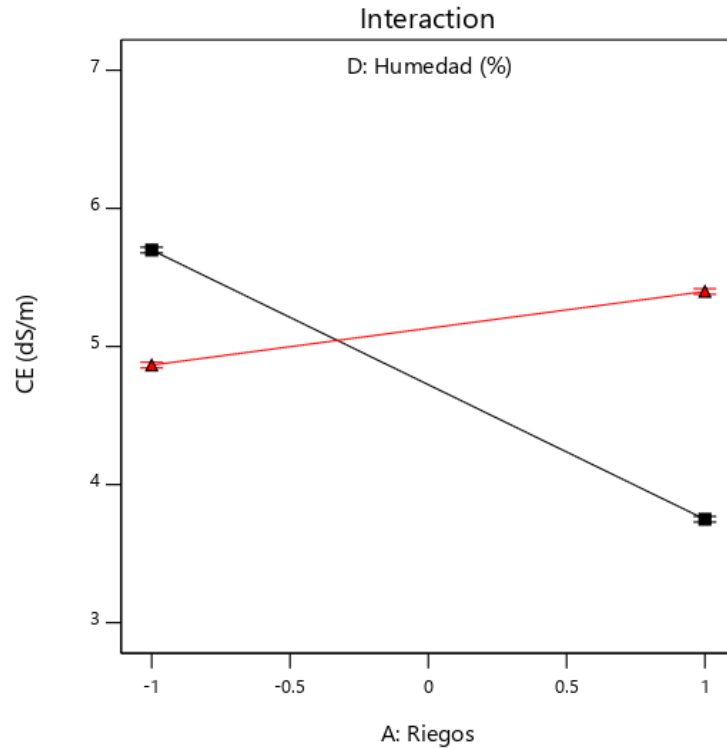


Figura 19. Gráfica de interacción entre riego y humedad. 15 días

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

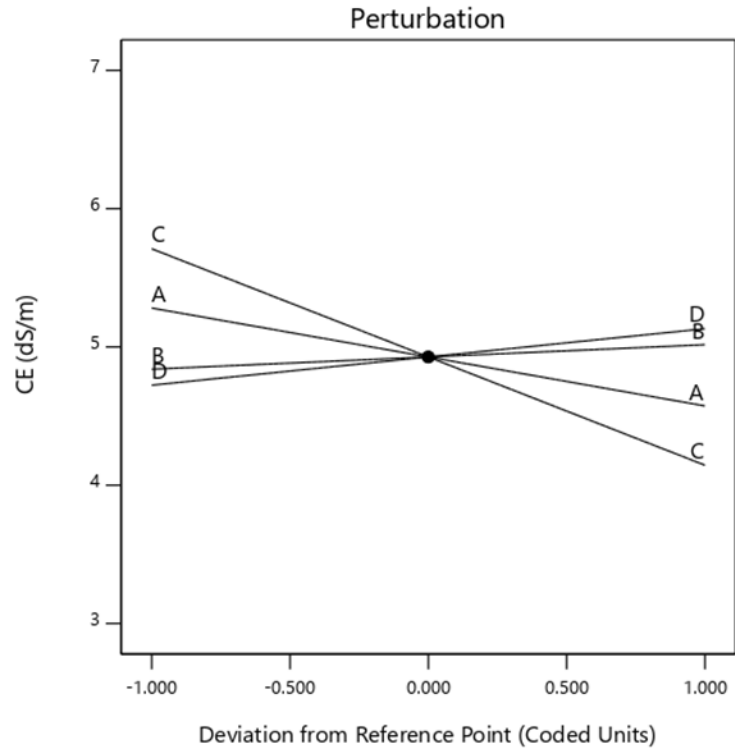



Figura 20. Gráfica de perturbación. 15 días

18 días Sistema Control

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
3.2  6.704

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

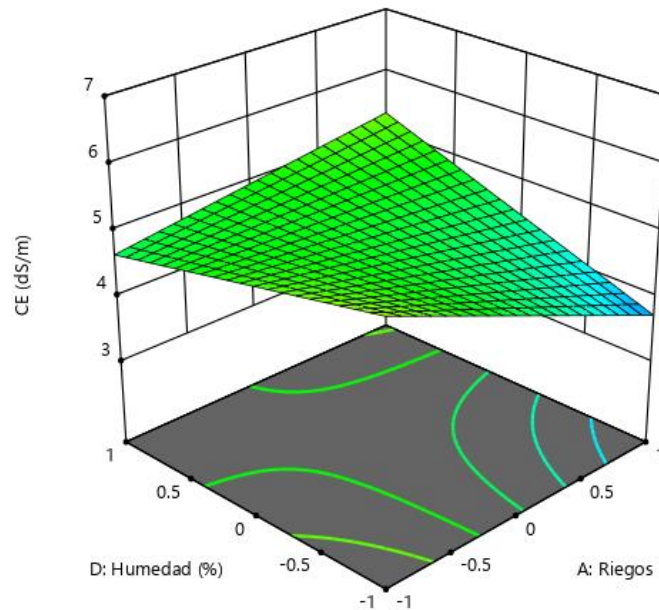


Figura 21. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso los riegos en su nivel alto (+1) y la humedad en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento con 2 riegos y una humedad del 60% de aplicación. El comportamiento puede ser observado en el extremo inferior de la Figura 21, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores. Se muestra que el tratamiento con agua destilada a los 18 días, ya se obtienen valores de CE muy bajos cercanos a 3.5.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1

▲ D+ 1

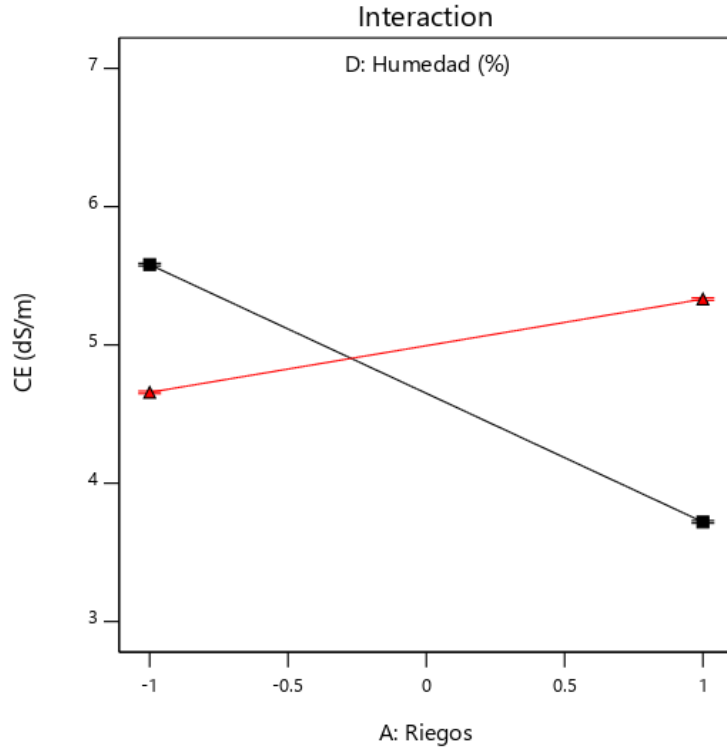


Figura 22. Gráfica de interacción entre riego y humedad. 18 días

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

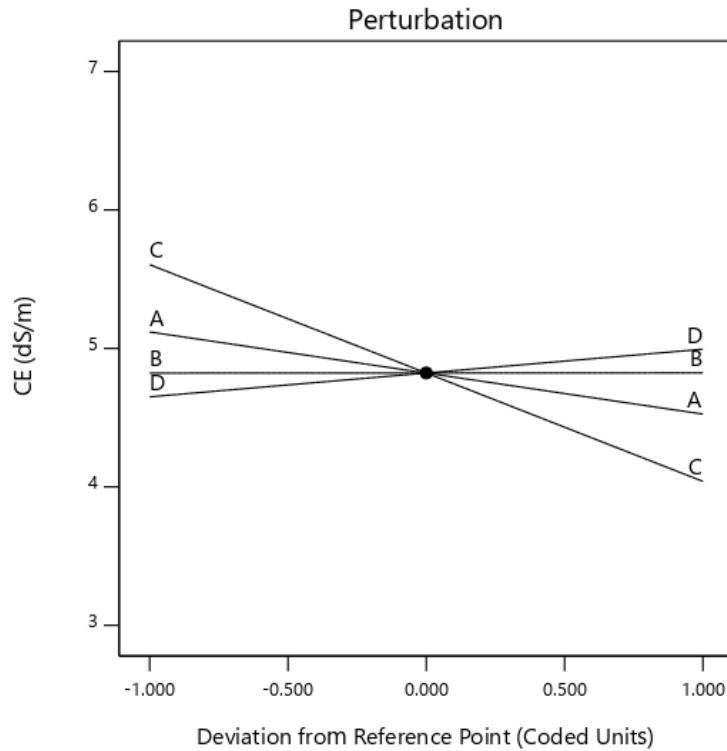


Figura 23. Gráfica de perturbación. 18 días

7.5.2 Agua de canal

9 días Canal

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

5.6  11.76

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors

C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

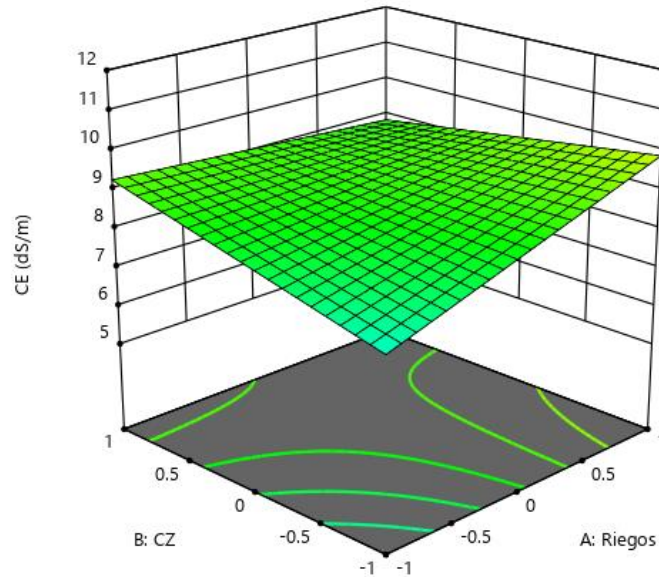


Figura 24. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y B: CZ.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso del riego en su nivel bajo (-1) y la CZ en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento sin CZ y un riego de aplicación. El comportamiento puede ser observado en el extremo inferior de la Figura 24, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

■ B- -1
▲ B+ 1

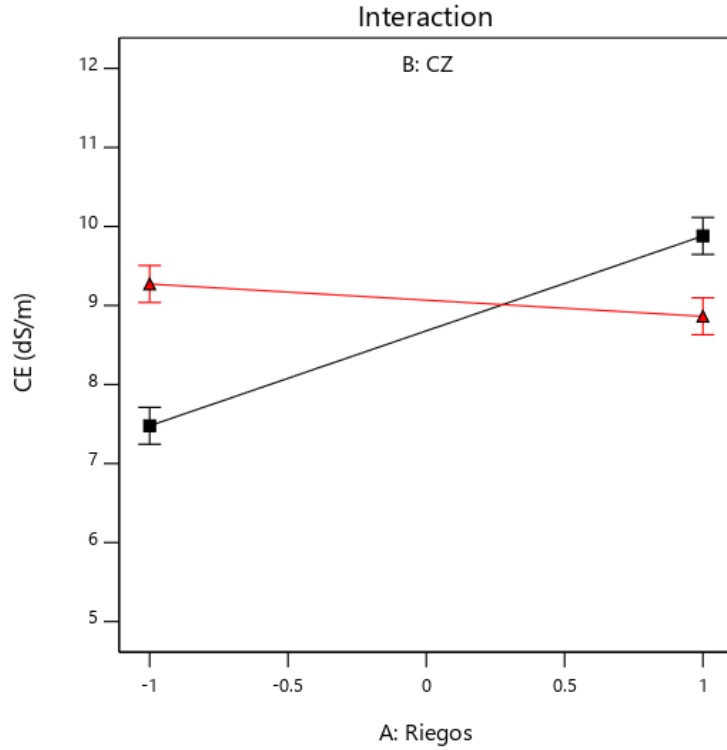


Figura 25. Gráfica de interacción entre riego y CZ.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors
A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

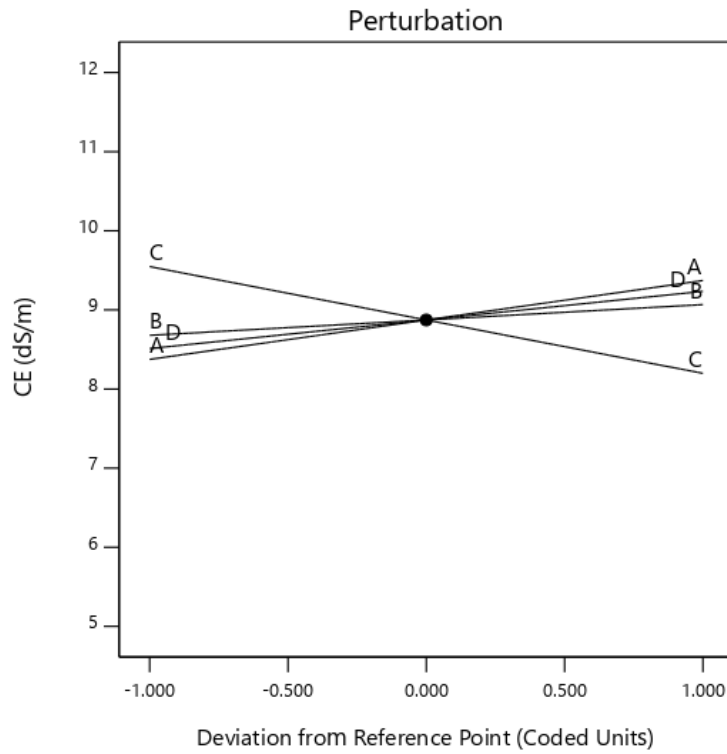



Figura 26. Gráfica de perturbación.

12 días Canal

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
6.864  11.68

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

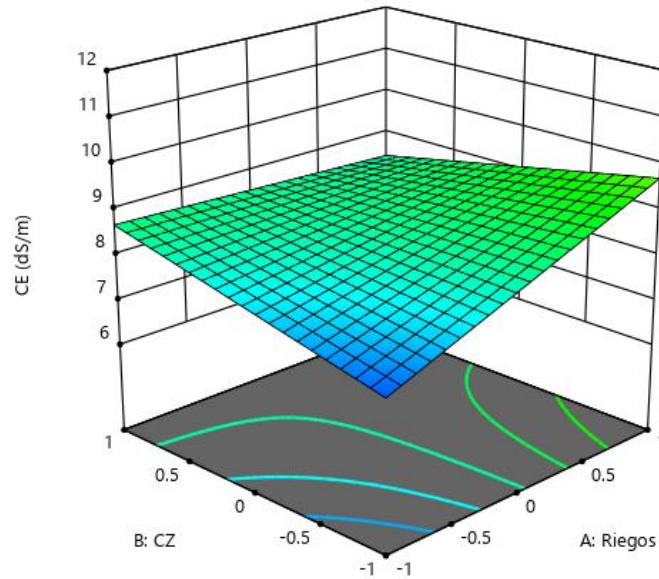


Figura 27. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y B: CZ.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso los riegos en su nivel bajo (-1) y la CZ en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento sin CZ y dos riegos de aplicación. El comportamiento puede ser observado en el extremo inferior de la Figura 27, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

■ B- -1
▲ B+ 1

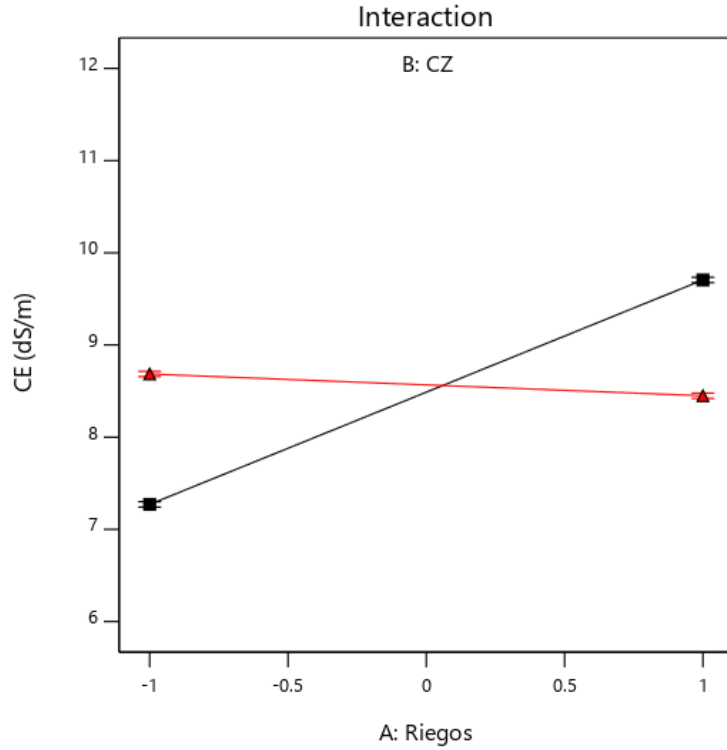


Figura 28. Gráfica de interacción entre riego y CZ.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors
A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

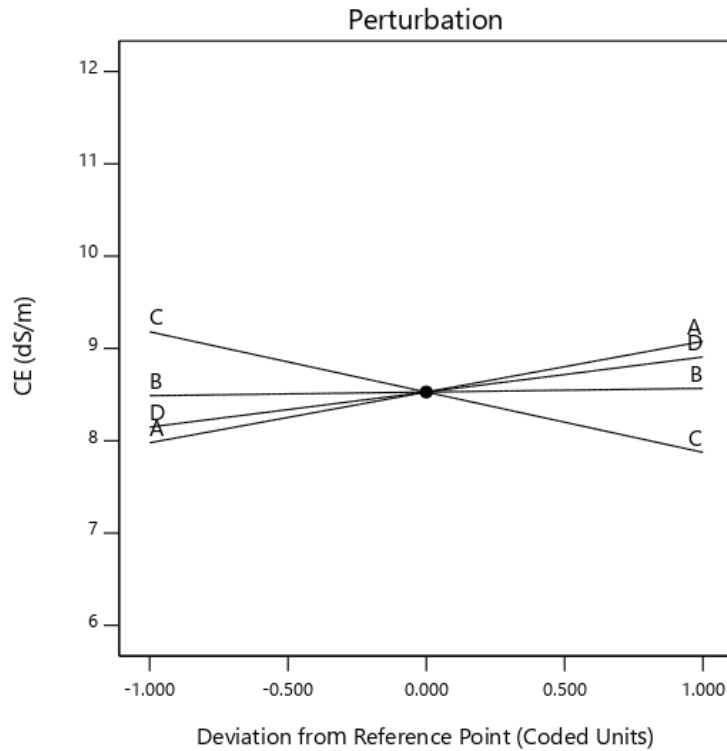



Figura 29. Gráfica de perturbación.

15 días Canal

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
6.6  10.032

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

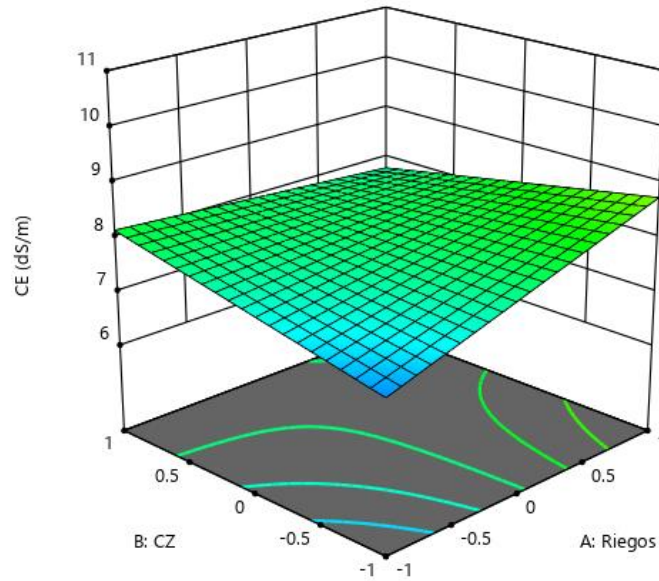


Figura 30. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y B: CZ.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso los riegos en su nivel bajo (-1) y la CZ en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento sin CN-zacate y dos riegos de aplicación. El comportamiento puede ser observado en el extremo inferior de la Figura 30, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

■ B- -1
▲ B+ 1

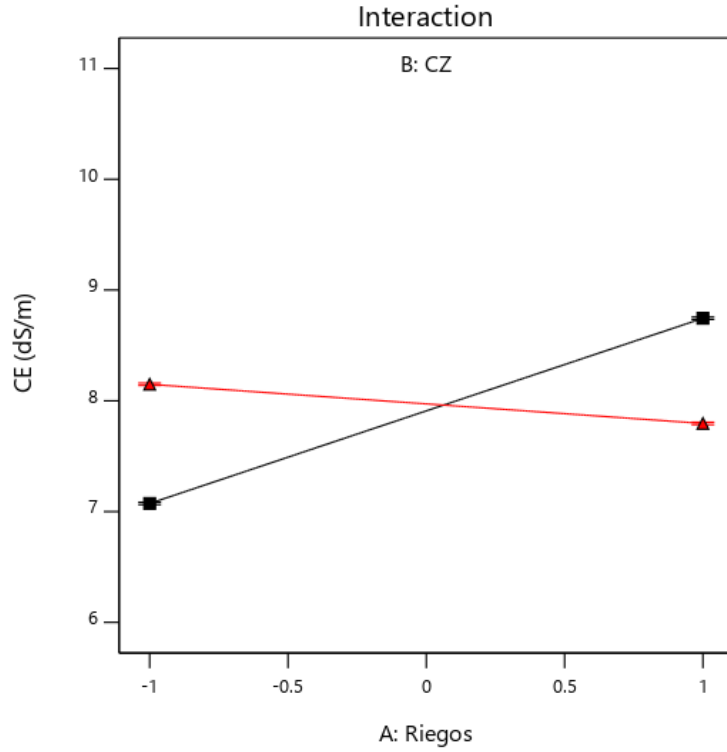


Figura 31. Gráfica de interacción entre riego y CZ.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors
A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

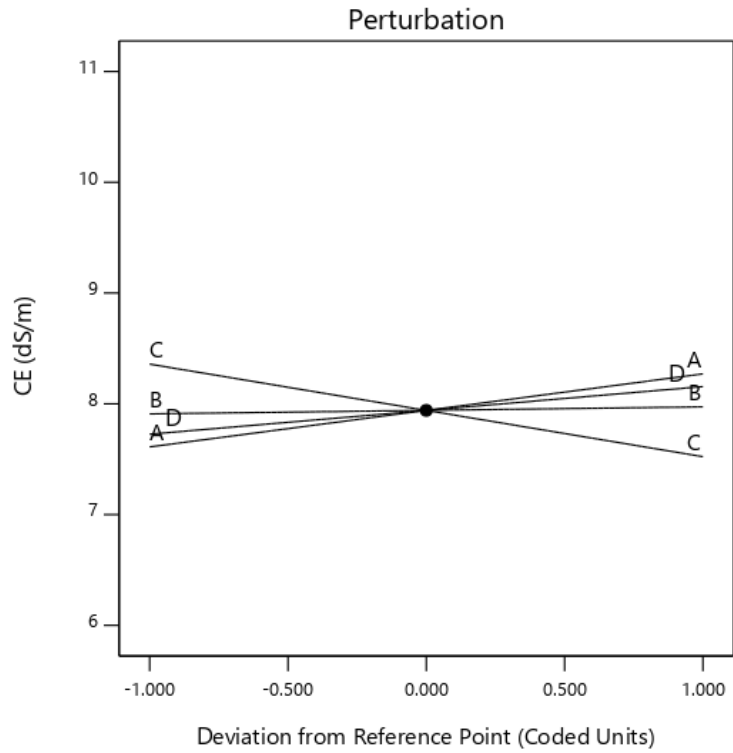


Figura 32. Gráfica de perturbación.

18 días Canal

Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

6.56  9.632

X1 = A: Riegos

X2 = B: CZ

Actual Factors

C: Inoculo = 0

D: Humedad = 0

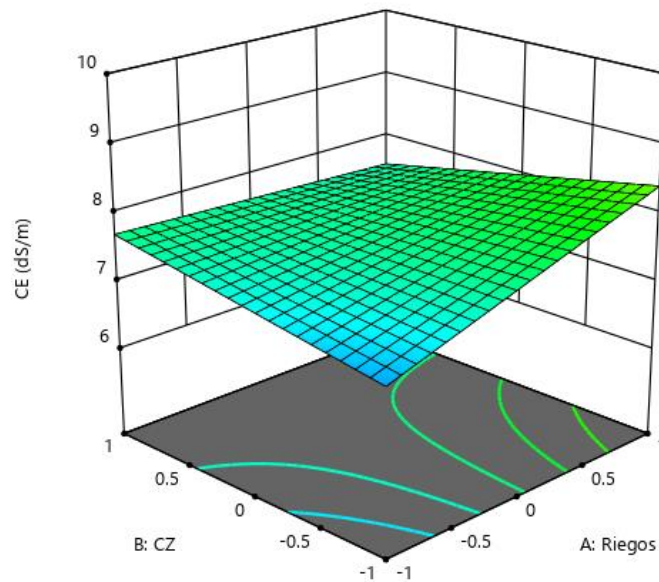


Figura 33. Gráfica de contorno 3D

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y B: CZ.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la CZ en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento sin CZ y un riego de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 33, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores y en la Figura 34. A todos los tiempos el agua de canal muestra un comportamiento similar.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

■ B- -1
▲ B+ 1

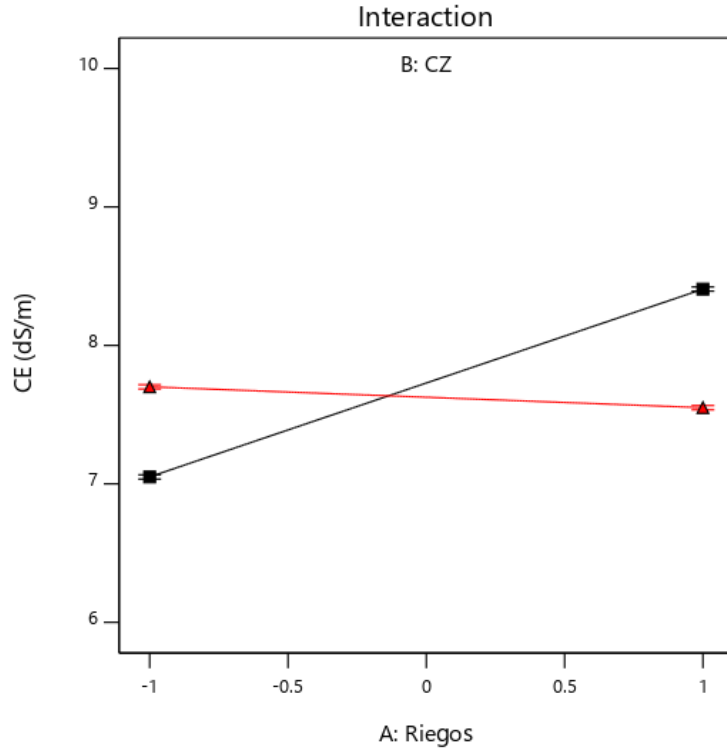


Figura 34. Gráfica de interacción entre riego y CZ

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors
A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

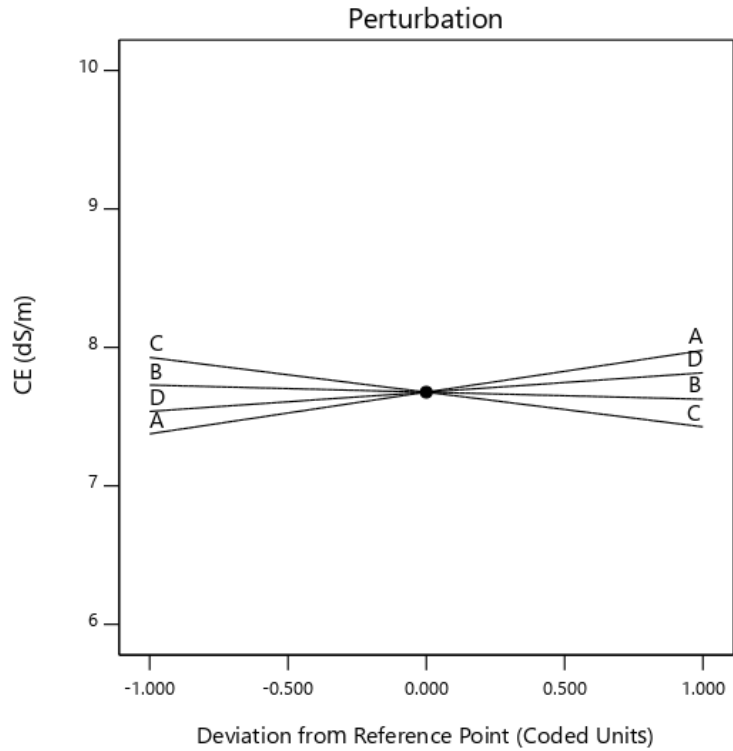



Figura 35. Gráfica de perturbación

7.5.3 Agua de Biofiltro

9 días Biofiltro

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
9.36  10.68

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

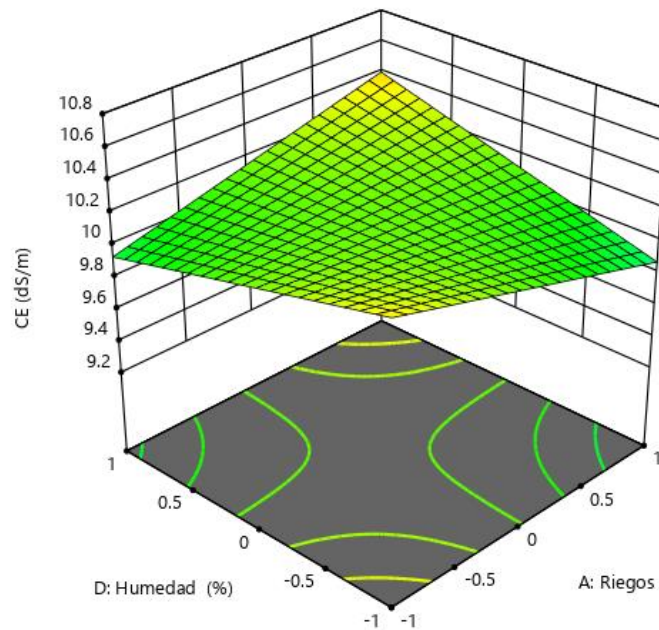


Figura 36. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con 60% de humedad y dos riegos de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 36, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores (Fig. 37).

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1
▲ D+ 1

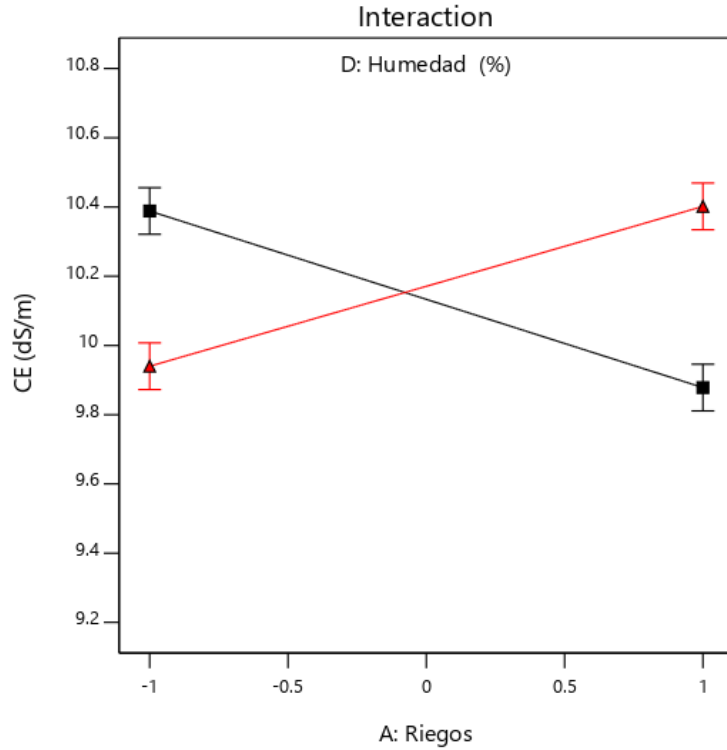


Figura 37. Gráfica de interacción entre riego y humedad.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

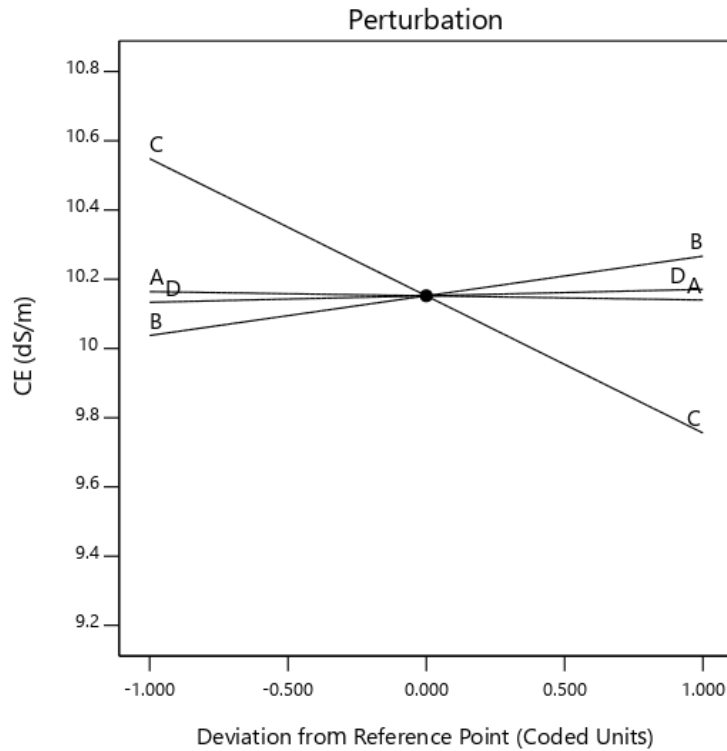



Figura 38. Gráfica de perturbación.

En este caso, B, C, y la interacción AD o sea un riego y una humedad del 60%, son términos de modelo significativos ($p < 0.05$).

12 días Biofiltro

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
8.72  10.475

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

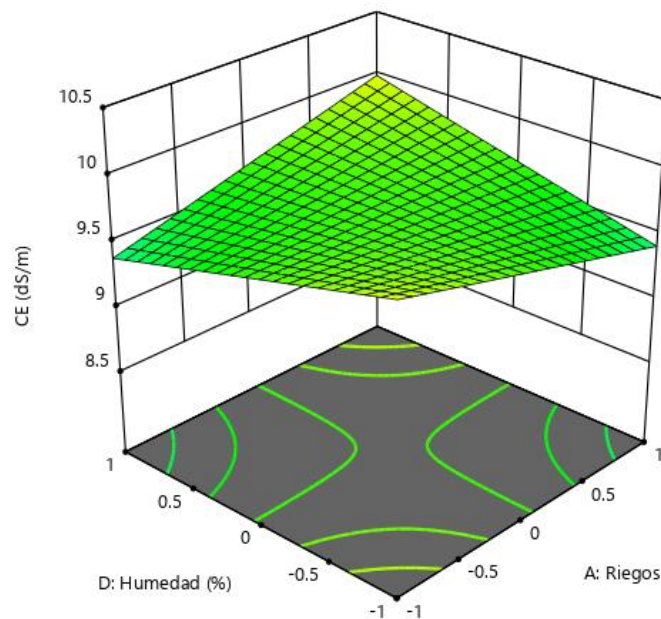


Figura 39. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con 60% de humedad y dos riegos de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 39, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores y Figura 40.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1

▲ D+ 1

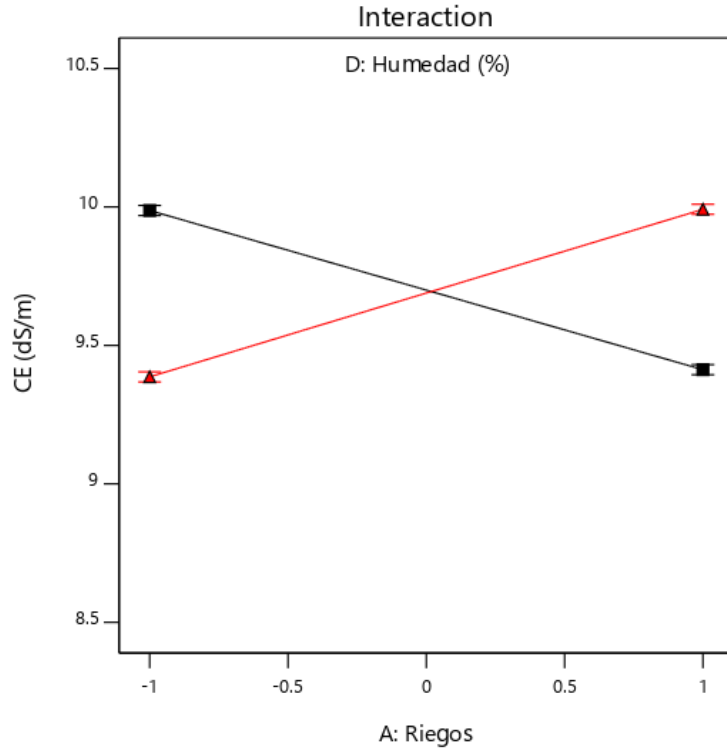


Figura 40. Gráfica de interacción entre riego y humedad.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

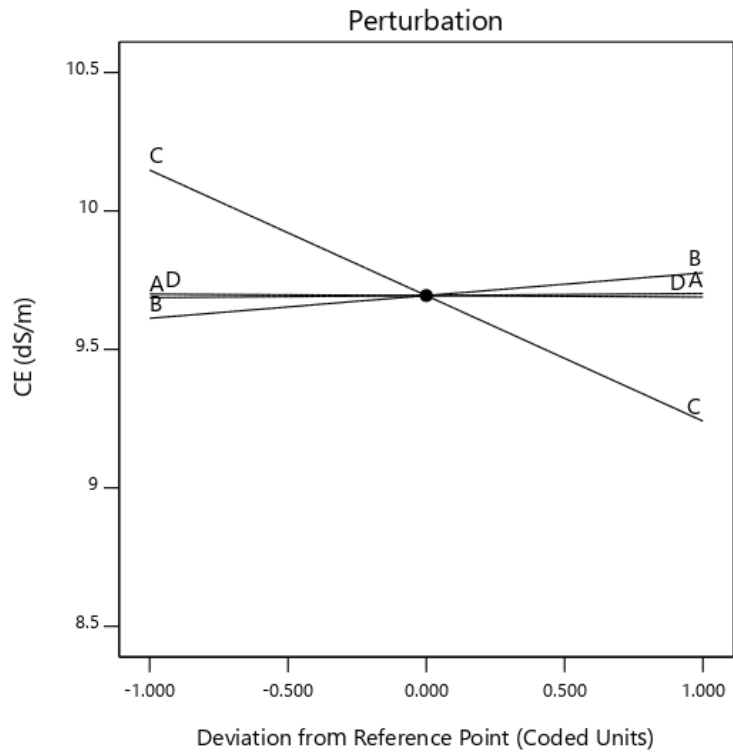



Figura 41. Gráfica de perturbación.

En este caso las variables, B, C, y la interacción de las variables AC, AD son términos de modelo significativos ($p < 0.05$).

15 días Biofiltro

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
8.405  10.13

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

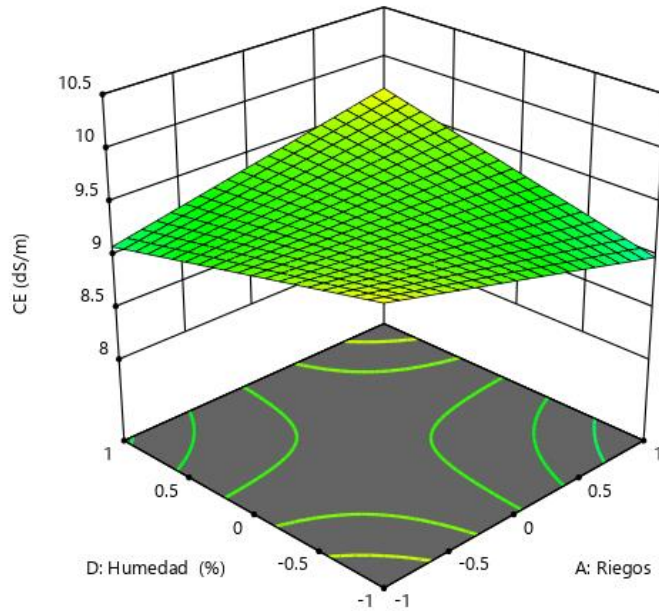


Figura 42. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con 60% de humedad y dos riegos de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 42, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1

▲ D+ 1

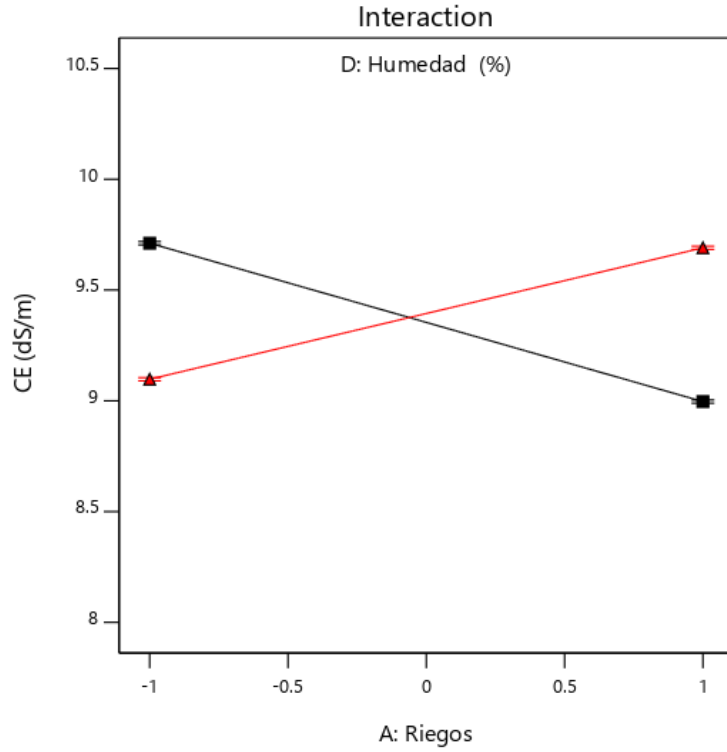


Figura 43. Gráfica de interacción.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

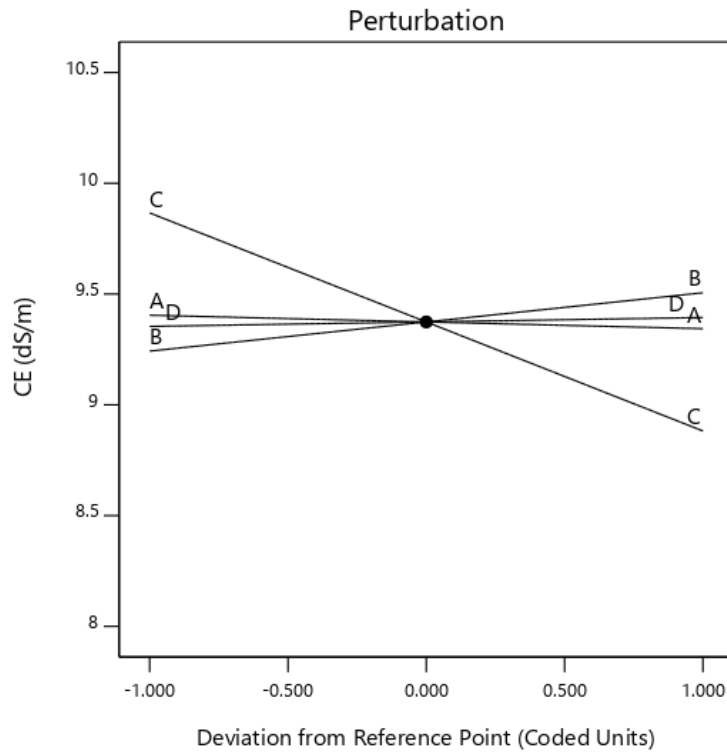


Figura 44. Gráfica de perturbación.

El tratamiento a los 15 días usando el agua del biofiltro mostró que las variables A, B, C, D, y la interacción de las variables AB, AC, AD son términos de modelo significativos (<0.05).

18 días Biofiltro

Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

7.545  10.055

X1 = A: Riegos

X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0

C: Inoculo = 0

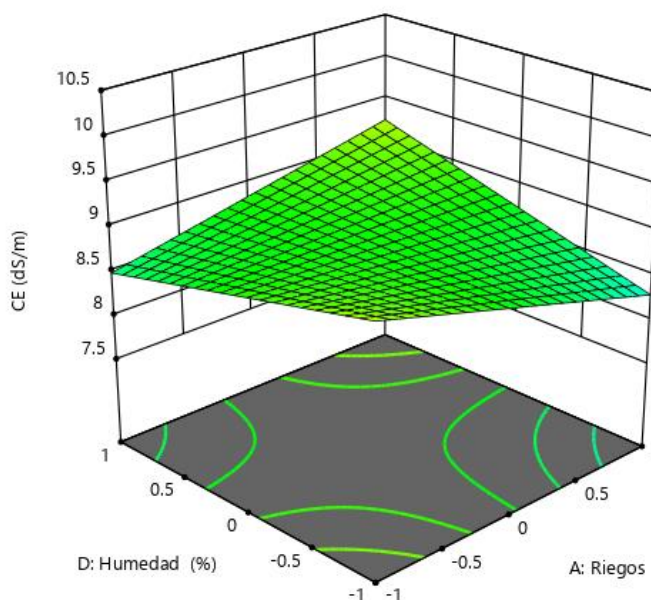


Figura 45. Gráfica de contorno 3D.

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel bajo (-1) es decir, el tratamiento 60% de humedad y un riego de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 45, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1

▲ D+ 1

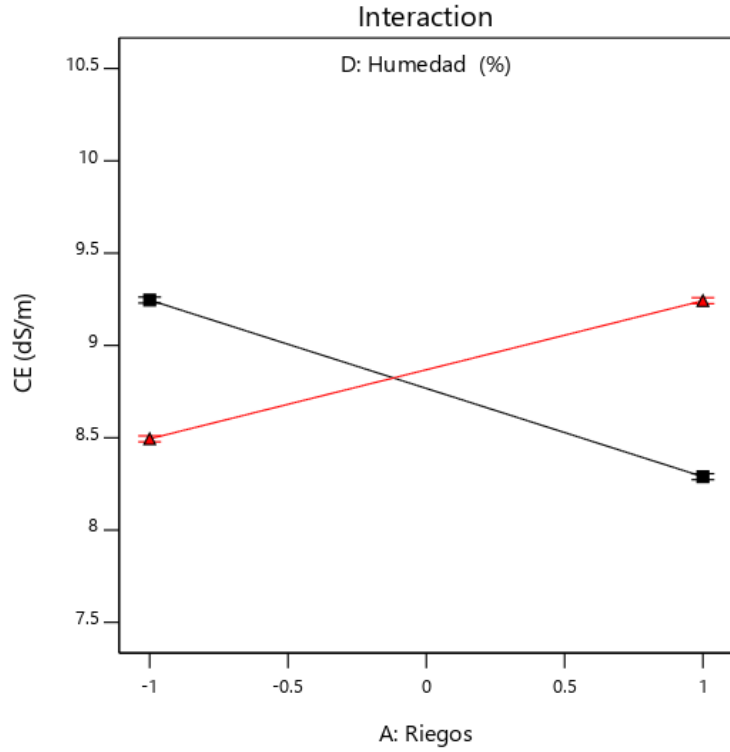


Figura 46. Gráfica de interacción.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

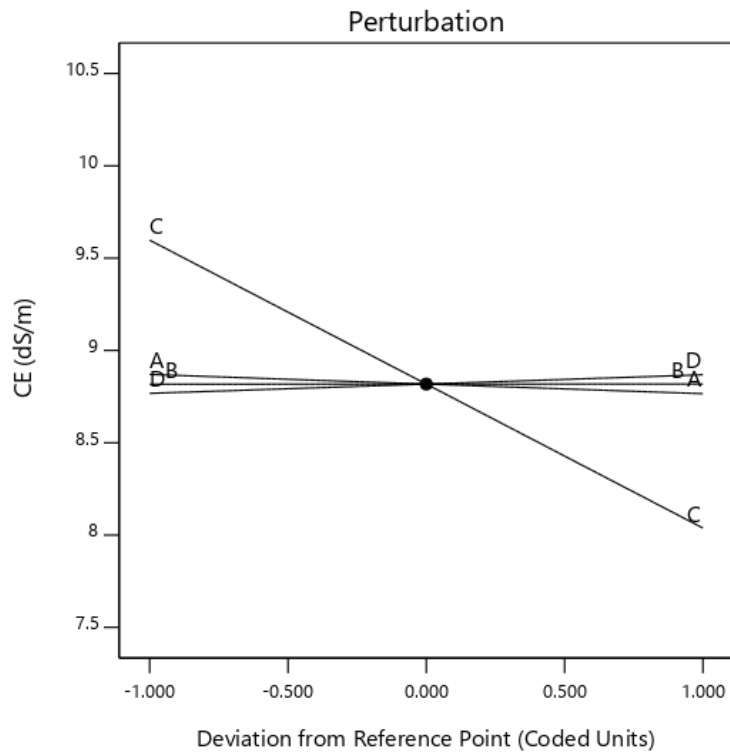



Figura 47. Gráfica de perturbación.

Con el agua del biofiltro a los 18 días las variables, A, C, D, y las interacciones AB, AC, AD son términos de modelo significativos ($p < 0.05$).

7.5.4 Agua de Lluvia

9 días Lluvia

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
5.81  8.26

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

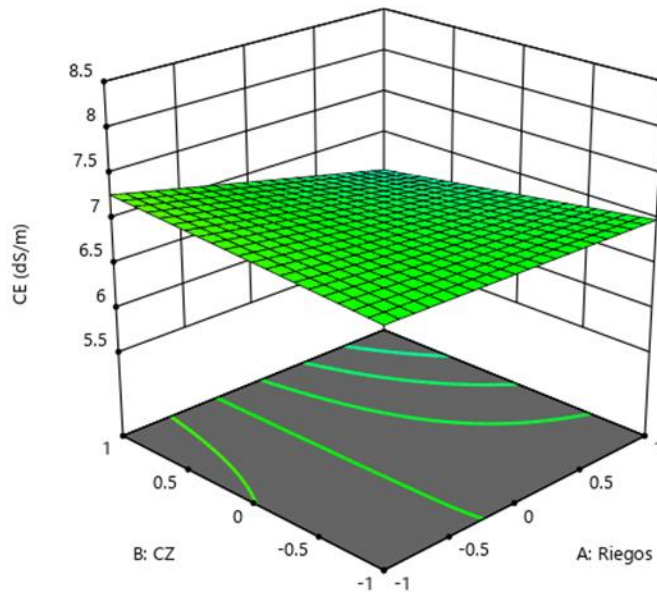


Figura 48. Gráfica de contorno 3D

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y B: CZ.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la CZ en su nivel alto (1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con Cáscara de naranja y zacate (CZ) y dos riegos de aplicación (Fig. 48 y 49). El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 48, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores y en la Figura 49 donde la línea roja de dos riegos muestra los valores más bajos en la CE, incluso comparados con el agua del canal y el agua del biofiltro, en 9 días, alcanzando valores abajo de 7.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = B: CZ

Actual Factors
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

■ B- -1
▲ B+ 1

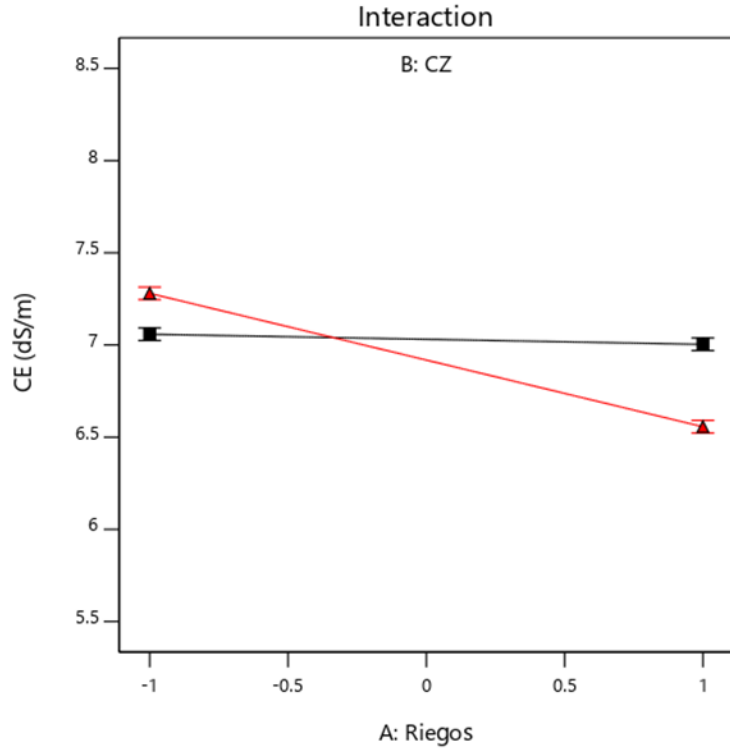


Figura 49. Gráfica de interacción entre riego y CZ.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors
A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

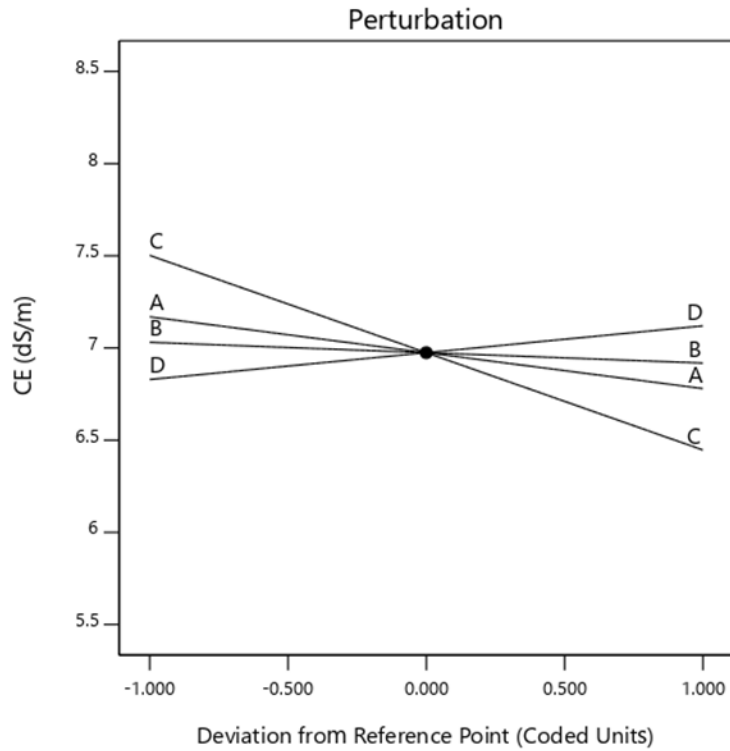



Figura 50. Gráfica de perturbación.

En este tratamiento con agua de lluvia a los 9 días, A, B, C, D, y la interacción de las variables AB, AC, AD son términos de modelo significativos ($p < 0.05$) en la reducción de la salinidad.

12 días Lluvia

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
5.6  8.15

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

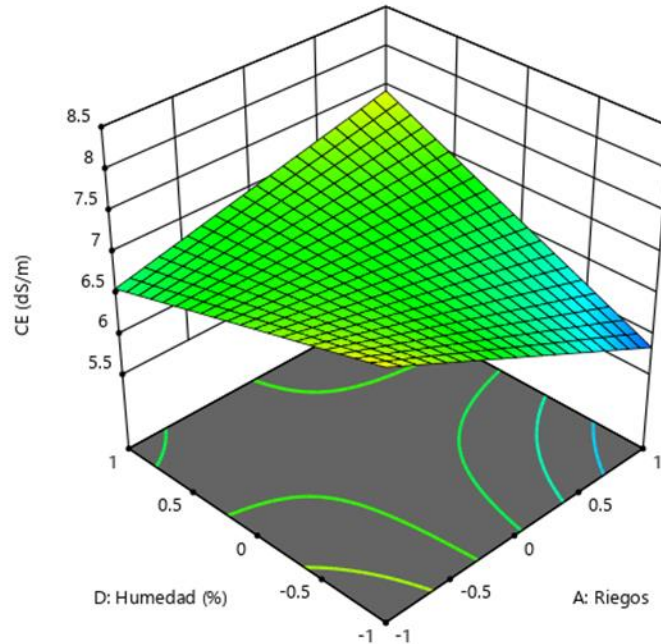


Figura 51. Gráfica de contorno 3D

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con 60% de humedad y dos riegos de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 51, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1

▲ D+ 1

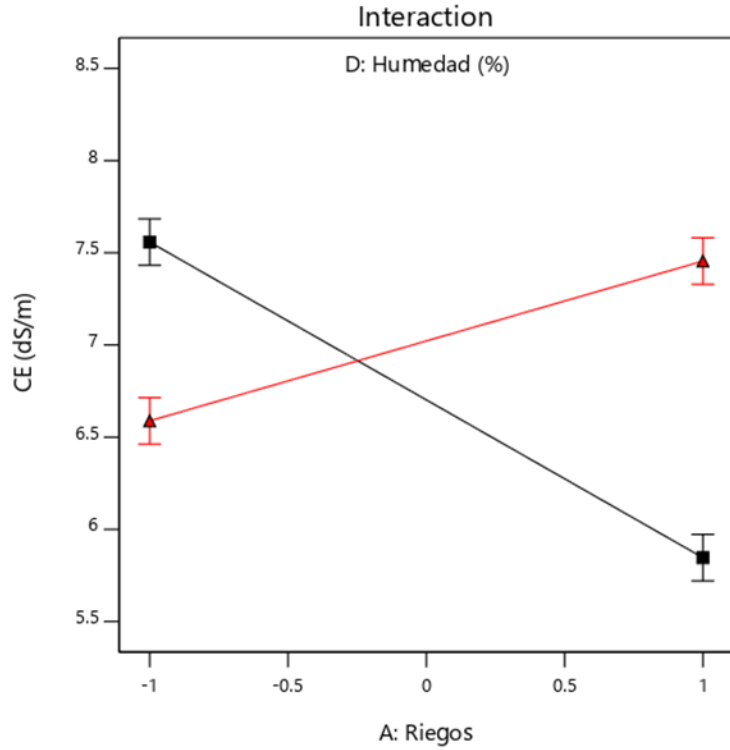


Figura 52. Gráfica de interacción entre riego y humedad.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

Factors not in Model
B

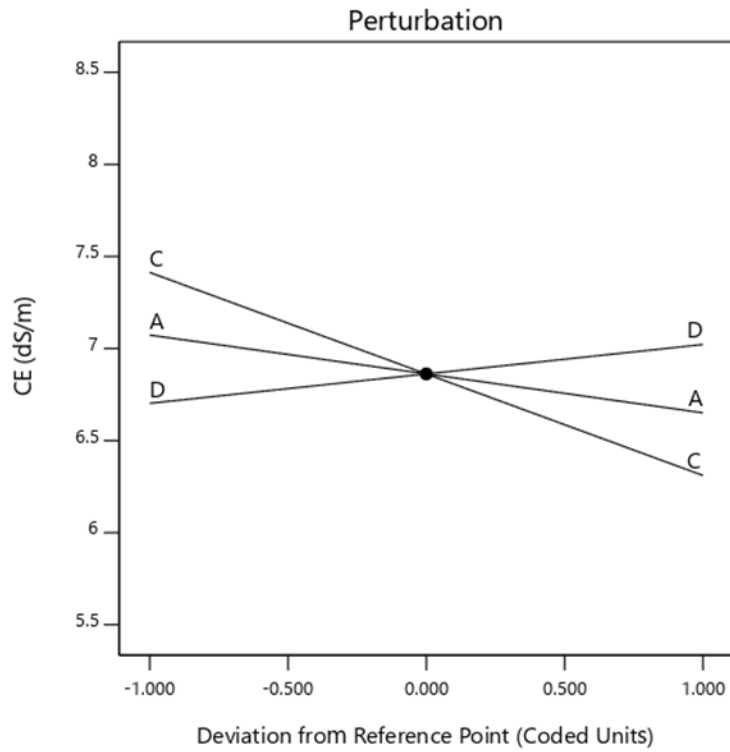



Figura 53. Gráfica de perturbación

Con el agua de lluvia hasta los 9 días es cuando se aprecian cambios en la salinidad del suelo, similar a cuando se emplea agua del canal, del biofiltro y agua destilada. Siendo las variables A, C, D, y la interacción de variables AC, AD son términos de modelo significativos (<0.05).

15 días Lluvia

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
5.17  8.06

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

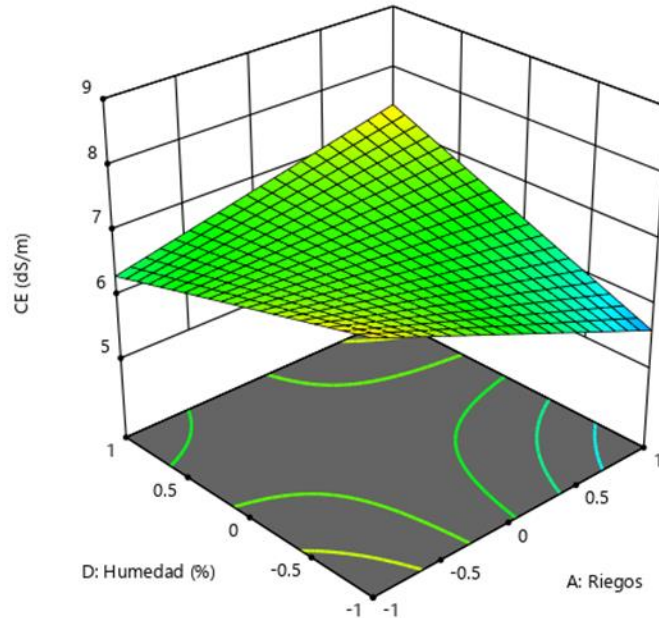


Figura 54. Gráfica de contorno 3D

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con 60% de humedad y dos riegos de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 54, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores. Con valores por abajo de 6 de CE.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1

▲ D+ 1

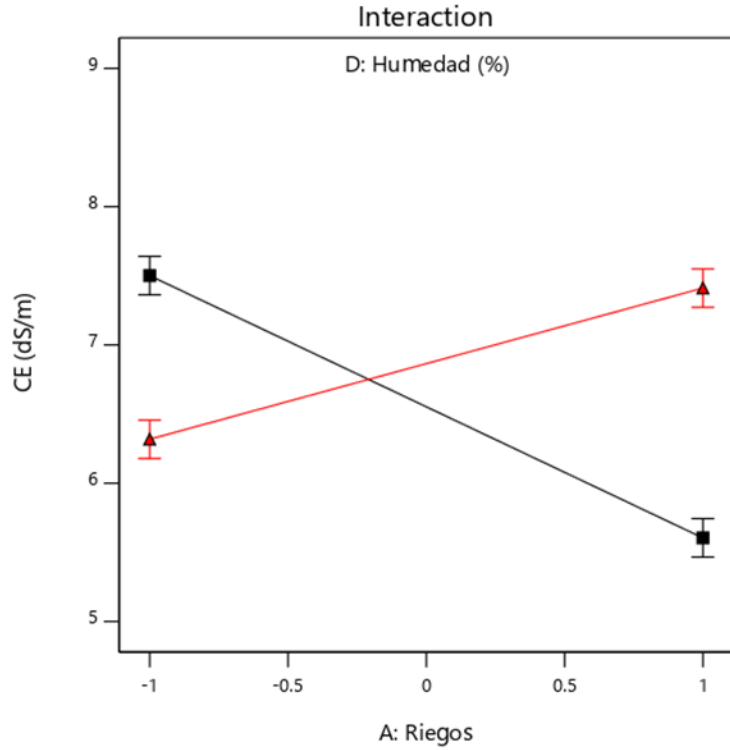


Figura 55. Gráfica de interacción entre riego y humedad.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

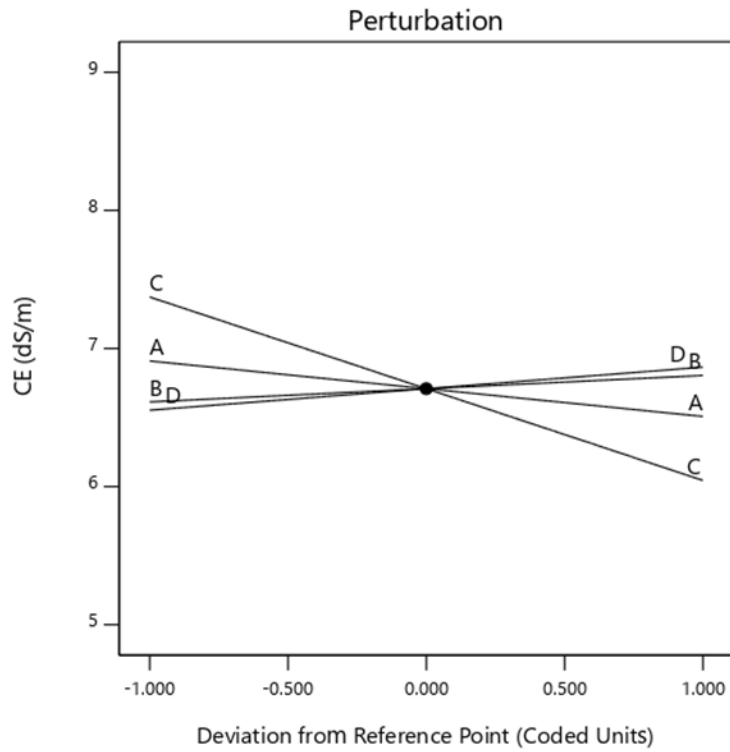



Figura 56. Gráfica de perturbación.

En este caso, A, C, D, AC, AD son términos de modelo significativos ($p < 0.05$).

18 días Lluvia

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)
5.02  8.8

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

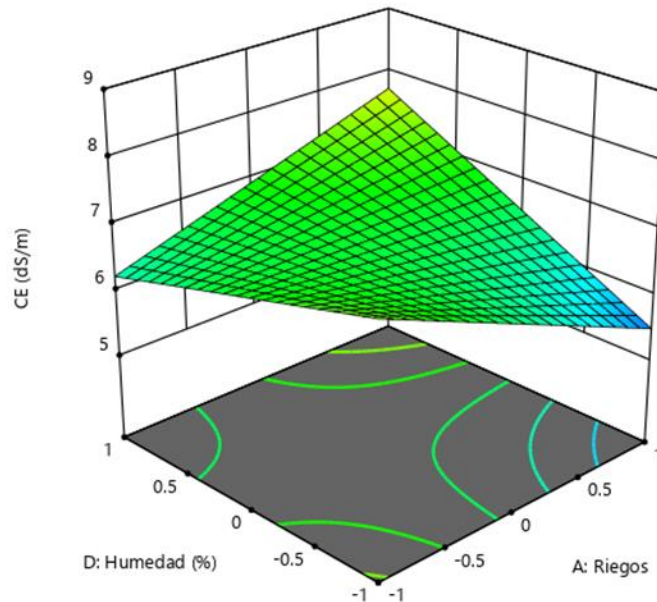


Figura 57. Gráfica de contorno 3D

Generados por Design Expert, de los términos del modelo que interactúan significativamente A: Riegos y D: Humedad.

La interacción de los dos factores que estadísticamente influyen en la disminución de la CE, en este caso la humedad en su nivel bajo (-1) y el riego en su nivel alto (+1) es decir, el tratamiento con 60% de humedad y dos riegos de aplicación. El comportamiento se observa en el extremo inferior de la Figura 57, donde las partes más sombreadas muestran una disminución de la CE a partir de la interacción de los factores.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

X1 = A: Riegos
X2 = D: Humedad

Actual Factors

B: CZ = 0
C: Inoculo = 0

■ D- -1

▲ D+ 1

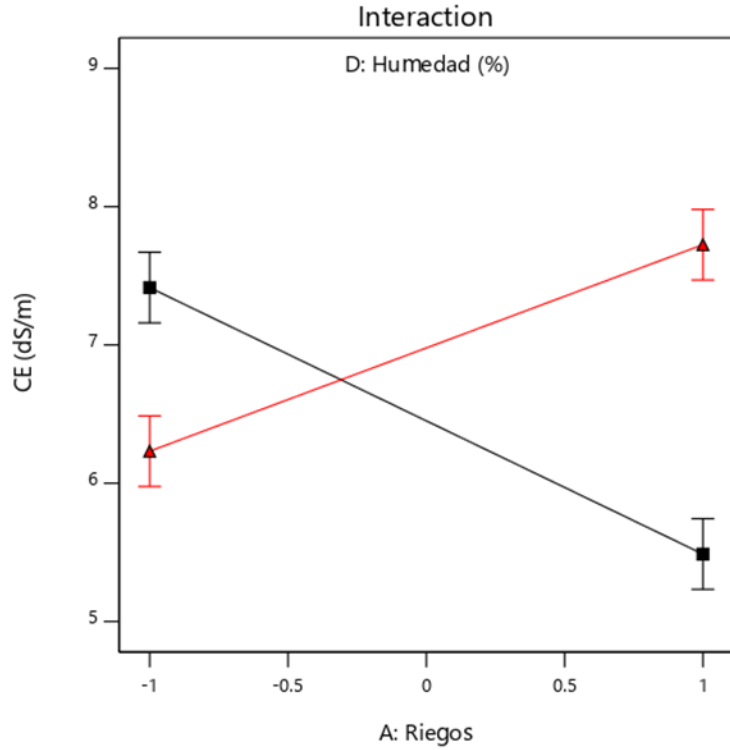


Figura 58. Gráfica de interacción entre riego y humedad.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

CE (dS/m)

Actual Factors

A: Riegos = 0
B: CZ = 0
C: Inoculo = 0
D: Humedad = 0

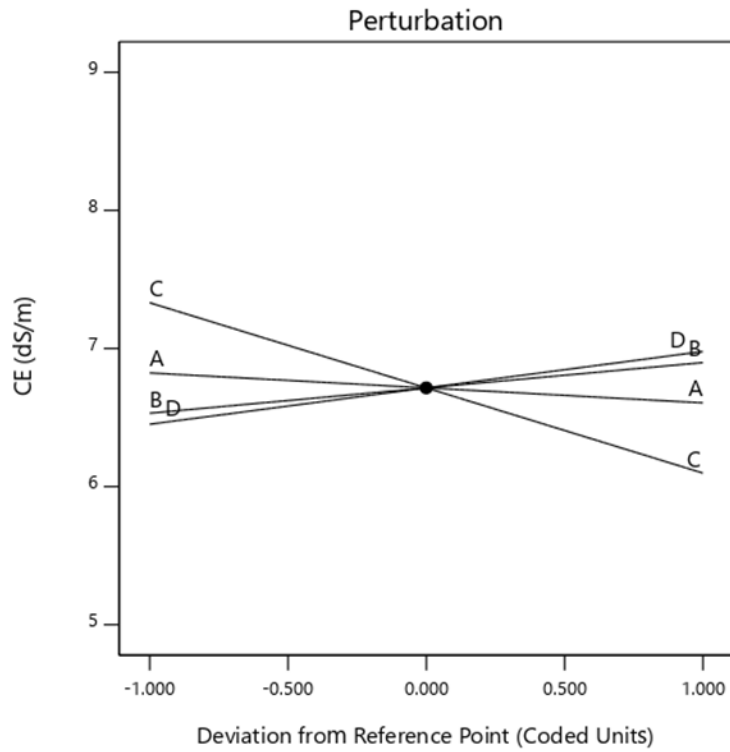


Figura 59. Gráfica de perturbación

A los 15 días de riego con el agua de lluvia las variables B, C, D, y las interacciones AC, AD o sea el número de riego y el inóculo, siendo términos de modelo significativos ($p < 0.05$).

7.6 Tratamiento del suelo de la chinampa

Se obtuvo un perfil de distribución de la salinidad de la chinampa trabajada, los puntos muestreados se promediaron y en la tabla 9 se observa el resultado obtenido, el cual fue de 9.4 dS/m y el pH de 8.2.

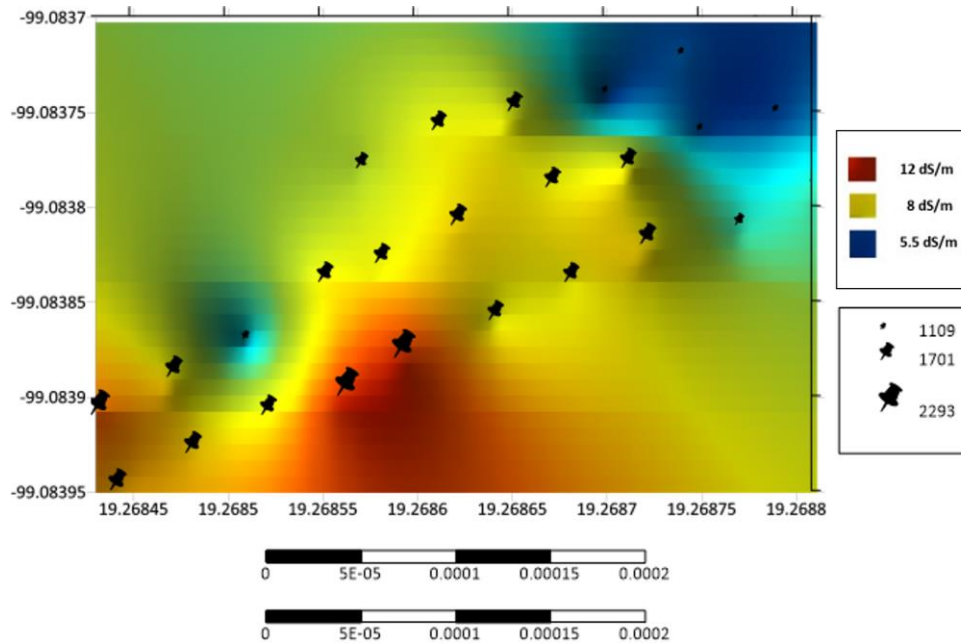


Figura 60. Perfil de distribución de la salinidad.

En el área de 325 m² de la “Chinampa-granja Aurora”, Barrio de Texhuilo, Xochimilco. Diagrama obtenido por el software Surfer®.

Como se observa en la figura 60, el tamaño de los símbolos es más grande a mayor concentración de sales. Los colores también son indicativos de la salinidad presente en el suelo, siendo el rojo como un área donde mayor concentración de sales se detectó.

7.7 Variables de respuesta

Dentro de la chinampa “Granja Aurora”, el área en la cual se trabajó es de 325m².

Se utilizó dentro de la parcela trabajada un tramo con un de 75 m², en la que no se le aplicó ningún tratamiento empleado como Control. A los 250 m² se le aplicó el tratamiento.



Figura 61. Suelo de la chinampa "Granja Aurora".

En la primera imagen se presentan las muestras que se tomaron en forma de zigzag y fueron un total de 18 muestras en 250 m². En la segunda imagen (control) se puede observar que se tomaron 8 muestras en forma de zigzag y esta área era de 75 m².

En las siguientes tablas se promediaron los 18 puntos tomados de C.E. y de pH (tabla 9), para así obtener un resultado final. De igual manera se promedió los 8 puntos tomados de C.E. y de pH (tabla 8). En ambas tablas se puede notar los resultados al tiempo cero y a los 60 días. El tiempo cero es como estaba el suelo antes de colocar el tratamiento con CN. A los 60 días se hicieron las mediciones de cómo contribuyó la CN en el suelo. En el suelo "control" no se colocó ningún tratamiento. Numerosos estudios han demostrado que la concentración de K⁺ en las plantas disminuye a medida que aumenta la salinidad o la relación Na⁺ / Ca²⁺ en el suelo (Kronzucker et al., 2006; Bernstein, 2013; Saida & Mébarek, 2014), por estas razones los cultivos no se daban en el suelo tratada antes del tratamiento y no se dieron cultivos en el suelo control.

La CN inoculada es beneficiosa para procesos fisiológicos, como la capacidad de las plantas para absorber agua, aumentar la conductividad hidráulica de las raíces y facilitar el equilibrio osmótico y la adaptación de carbohidratos (Porrás *et al.*, 2009). De esta forma, los hongos mitigan los efectos adversos de la acumulación excesiva de sal en las raíces (Giri & Mukerji, 2003).

Tabla 8. Control. Promedio de los parámetros de C.E. y del pH a los 0 días y a los 60 días.

CONTROL		
tiempo (días)	0	60
C.E. (dS/m)	8.1	8.7
pH	8.2	7.8

Tabla 9. Promedio de los parámetros de C.E. y del pH a los 0 días y a los 60 días.

TRATAMIENTO CON CN		
tiempo (días)	0	60
C.E. (dS/m)	9.4	5.5
pH	8.2	7.4

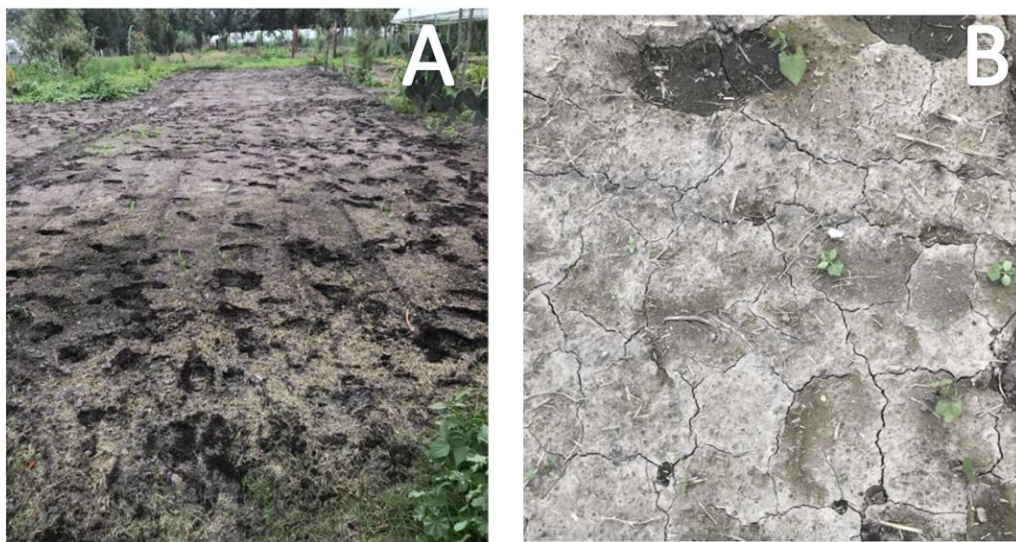


Figura 62. Suelo sin tratamiento de la chinampa "Granja Aurora".

(A): El suelo se encontraba muy salino para poder cultivar. (B): Se observa el suelo más salino de la chinampa

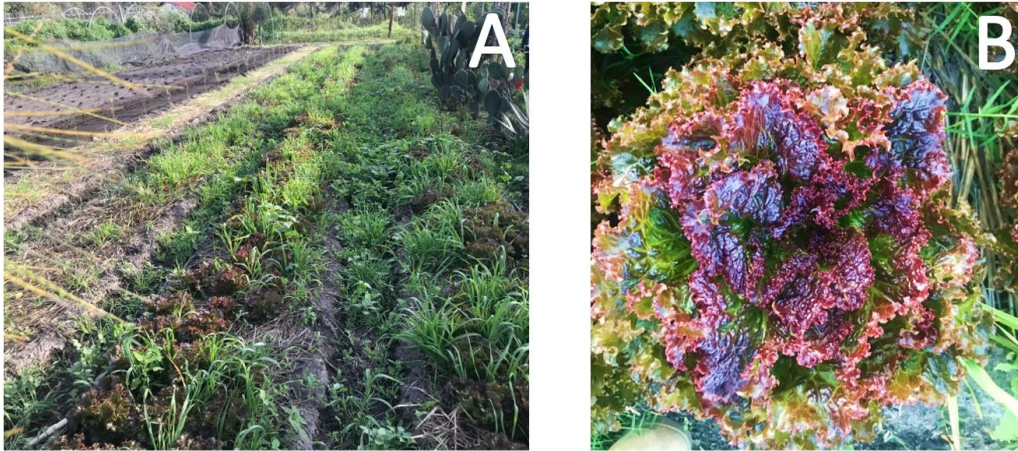


Figura 63. Suelo después del tratamiento de la chinampa "Granja Aurora" a los 60 días.

A: Se observa el área en el cual se le aplicó el tratamiento y el suelo se restauró, pasó de ser un suelo fuertemente salino a un suelo salino, en el cual cultivó la lechuga. B: Se observa el tamaño de lechugas cultivadas.

Como se aprecia en la tabla 9, la conductividad eléctrica bajó notablemente de 9.4 dS/m a 5.5 dS/m, así como el pH del suelo de 8.2 que tenía inicialmente a 7.4. En la figura 63 también se puede observar el cambio del suelo con respecto a la figura 62 que fue antes del tratamiento. El suelo antes del tratamiento según la NOM- 021- RECNAT-2000, entraba dentro de la clasificación de un suelo fuertemente salino, después del tratamiento se pudo lograr bajar a la clasificación de un suelo salino, en este suelo es posible cultivar debido a la baja concentración de sales en la solución del suelo hace que el cultivo tenga que hacer un consumo mínimo de energía para poder absorber el agua del suelo. Al ya no haber tanta acumulación de sales, no se producirá un estrés osmótico, así que el cultivo no reduce su desarrollo vegetativo, es por esta razón el tamaño de la lechuga (Figura 63 B) es bastante protuberante por su actividad fotosintética, aumenta la respiración de la planta con la que facilita la absorción del agua (van Hoorn & van Alphen, 2006). Como órgano principal que absorbe agua e iones, las raíces son de gran importancia para las respuestas a corto y largo plazo al estrés salino. En este órgano se sintetiza ácido abscísico (ABA); uno de los primeros signos de estrés puede producir cambios fisiológicos locales (conductividad hidráulica) y distantes (cierre del estoma) (Marschner, 2011). Las características anatómicas y morfológicas de la raíz tienen una gran influencia en la capacidad de adaptación a la salinidad (Hartung *et al.*, 2002). Los cultivos tuvieron un normal desarrollo, su germinación y la brotación fue satisfactoria.

8. CONCLUSIONES

Se logró reducir la salinidad por medio de la cáscara de naranja, obteniendo que el agua de riego que es utilizada de los canales de la zona chinampera aporta mucha salinidad a los cultivos, debido a su elevada salinidad.

Se demostró que los suelos tratados con la cáscara de naranja, al estar reduciendo CE, a la vez se va aumentando pocas unidades de CE al regar con el agua de canal.

Las mejores condiciones para que el tratamiento con cáscara de naranja sea efectivo en reducir la salinidad, es que se riegue con agua de lluvia, ya sea directamente o que se recolecte, se almacene y se oxigene. Además de regar con ese tipo de agua, los cultivos mejorarán su productividad, ya que se estará manteniendo la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el sistema de tratamiento y así se favorecerá la reducción de la salinidad hasta 5 dS/m de CE.

Los riegos deben ser constantes en los cultivos de las chinampas y el suelo debe permanecer en una humedad de al menos el 60%.

9. REFERENCIAS

- Aceves, N. E. 2011. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas A.C. México, D. F.
- Artiola, J. F., Walworth, J. L., Musil, S. A., Crimmins, M. A. 2019. Environmental and pollution science (third edition). Chapter 14- Soil and land pollution. 219.235 pp <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00014-8>
- Azevedo JE, Costa-Rodrigues J, Guimarães CP, Oliveira ME, Sã-Miranda C. (2004) Protein translocation across the peroxisomal membrane. *Cell Biochem Biophys* 41(3):451-68
- Bano, A., Mussarat, F. 2009. Salt tolerance in *Zea mays* (L). following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. *Biology and Fertility of Soils* 45(4):405-413. DOI: 10.1007/s00374-008-0344-9
- Bartels, D. & S. Ramanjulu. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Plant Science* 24(1): 23-58.
- Beltrano, J.; Ruscitti, M.; Arango, M. C. y Ronco, M. "Effects of arbuscular mycorrhiza inoculation on plant growth, biological and physiological parameters and mineral nutrition in pepper grown under different salinity and p levels". *Journal of soil science and plant nutrition*, vol. 13, no. 1, marzo de 2013, pp. 123-141, ISSN 0718-9516, DOI 10.4067/S0718-95162013005000012.
- Benton, J. J. Jr. 2003. *Agronomic handbook. Management of crops, soils, and their fertility.* CRC PRESS. Boca Raton. London. New York. Washington, D.C. USA. 450 p.
- Bernstein, N. "Effects of salinity on root growth". En: eds. Eshel A. y Beeckman T., *Plant Roots: The Hidden Half*, edit. CRC Press, Boca Raton, FL, 17 de abril de 2013, pp. 375-391, ISBN 978-1-4398-4648-3.
- Campbell N. y Reece J. (2007). *Biología.* México: Pearson Educación Editorial Panamericana. 7 ed.

- Chhabra, R. 2017. Soil Salinity and Water Quality. Editorial Taylor and Francis. Estados Unidos de América. 16 – 24.
- Diario Oficial. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-021-RECNAT-2000. Consultado el 11/01/2015. 85 p.
- Edward, J. P. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 405 p.
- FAO: Food and Agriculture Organization. <http://www.faostat.org/> (2014)
- Gaiad, S. 2017. Exploitation of Orange Peel for Fungal Solubilization of Rock Phosphate by Solid State Fermentation. Waste Biomass Valor. 8:1351-1360. DOI 10.1007/s12649-016-9682-2
- Giri, B. y Mukerji, K. G. "Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake". *Mycorrhiza*, vol. 14, no. 5, 23 de octubre de 2003, pp. 307-312, ISSN 0940-6360, 1432-1890, DOI 10.1007/s00572-003-0274-1.
- Gonzales, P.A., Chiapa, S. F. R., Castro, G. G. J., Ángeles, E. B., Toledo, E. M. 2016. Las Chinampas: Patrimonio Mundial de la Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana, Autoridad de la Zona Patrimonio Mundial Natural y Cultural de la Humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta. Gobierno de la Ciudad de México. México. 20-110 pp
- Hartung, W.; Sauter, A. y Hose, E. "Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to?". *Journal of Experimental Botany*, vol. 53, no. 366, 1 de enero de 2002, pp. 27-32, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jexbot/53.366.27.
- Hasegawa PM, Bressan RA, Nelsen DE, Samaras Y, Rhodes D. 2000. Tissue culture in the improvement of salt tolerance in plants. In Soil Mineral Stresses. Approaches to Crop Improvement. Monogr. Theoret. Appl. Genet., vol. 21, ed. ARYeo, TJ Flowers, pp. 83–125. Berlin: Springer-Verlag
- Horneck, D.S., Ellsworth, J.W., Hopkins, B.G., Sullivan, D.M., Stevens, R.G., 2007. Managing Salt-Affected Soils for Crop Production. PNW 601-E. Oregon State University, University of Idaho, Washington State University.
- Isbell, R. F. 2016. The Australian Soil Classification. Segunda edición. Australia. 43 – 45.
- Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M., Foolad, M.R. Gene expression profiling of plants under salt stress. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 30 (5) (2011), pp. 435-458
- Kronzucker, H. J.; Szczerba, M. W.; Moazami, G. M. y Britto, D. T. "The cytosolic Na⁺: K⁺ ratio does not explain salinity-induced growth impairment in barley: a dual-tracer study using ⁴²K⁺ and ²⁴Na⁺". *Plant, Cell & Environment*, vol. 29, no. 12, 1 de diciembre de 2006, pp. 2228-2237, ISSN 1365-3040, DOI 10.1111/j.1365-3040.2006.01597.x.
- Levy, G.J. (2005). Encyclopedia of Soils in the Environment || SODIC SOILS., (), 504–513. doi:10.1016/B0-12-348530-4/00218-6
- Maas, E. V., 1990. Crop salt tolerance. In: Tanji, K.K. (Ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE Manuals and reports on engineering practices no. 71. Amer. Soc. Civil Eng. New York. Pp. 262-304.
- Maldonado, J. M. 2012. Tolerancia a la Salinidad de Especies dominantes en suelos salinos de Maguey blanco, Hidalgo. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Mamma, D., Christakopoulos, P.: Citrus peel: an excellent raw material for the bioconversion into value added product. *Tree For. Sci. Biotechnol.* 2 (Special issue 1), 83–97 (2008)
- Marschner, H. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. edit. Academic Press, 8 de agosto de 2011, 668 p., ISBN 978-0-12-384906-9.
- Matosic, S., Birkás, M., Vukadinovic, V., Kistic, I., Bogunovic, I. 2018. Tillage, Manure and Gypsum use in reclamation of saline-sodic soils, *Agriculturae Conspectus Scientificus* 83(2):131-138
- Mesa, D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3),217-226.[fecha de Consulta 17 de Mayo de 2020]. ISSN: 0034-7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1930/193018048001>
- Narchi, Nemer E. 2013. Deterioro ambiental en Xochimilco: Lecciones para el cambio climático global. *Veredas* 27 (Cambio climático y desarrollo sustentable), 177-197. *Veredas*, revista del pensamiento sociológico.
- Navarro, B. S. y Navarro, G. G. 2003. *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Otero, L., Francisco, A., Gálvez, V., Morales, R., Sánchez, I., Labaut, M., Vento, M., Cintra, M. y Rivero, L. 2007. *Caracterización y Evaluación de Salinidad*. Instituto de Suelos, Ministerio de Agricultura. Boyeros, Cuba.
- Oshunsanya, S.O.; Akinrinola T.B. Changes in soil physical properties under yam production on a degraded soil amended with organomineral fertilizers. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (39) (2013), pp. 4895-4901
- Patel Bhavesh P., Prajapati J. M., Gadhvi Bhargav J. 2011. A review on the development of the analytical soil-tool interaction model for the earthmoving operations. *College of engineering & technology*. Gujarat, India, pp. 90-96.
- Paul, K.I.; Polglase, P.J.; O'Connell, A.M.; Carlyle, J.C.; Smethurst, P.J.; Khanna P.K. Defining the relation between soil water content and net nitrogen mineralization. *European Journal of Soilless Science*, 54 (2003), pp. 39-47
- Pisanty, I., L. Almeida-Leñero, T.M. González-Martínez y M. Mazari-Hiriart. 2016. Servicios de provisión. En: *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. III México, pp.50-69. ISBN CONABIO: 978-607-8328-75-8. ISBN SEDEMA: 978-607-9206-04-8.
- Porras, S. A.; Soriano, M. M. L.; Porras, P. A. y Azcón, R. "Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions". *Journal of Plant Physiology*, vol. 166, no. 13, 1 de septiembre de 2009, pp. 1350-1359, ISSN 0176-1617, DOI 10.1016/j.jplph.2009.02.010.
- Prasad, R. and Power, J. F. 1997. *Soil fertility management for sustainable agriculture*. Lewis Publishers. Boca Raton. New York. 356p.
- Qadir, M., Ghafoor A. y Murtaza, G. 2000. Amelioration strategies for saline soils: a review. *Land Degradation and Development*. 11: 501 – 521. S
- Raina, C.; Singh, S.; Bawa, D.; Saxena, D. 2006. Some characteristics of acetylated, crosslinked and dual modified Indian rice starches. *Eur. Food Research Technology* 223: 561-570

- Ramos, B. R. 2006. Contaminación por metales pesados salinidad y sodicidad en suelos de chinampa de Xochimilco, San Luis Tlaxiátemalco, Tlahuac y Míxquic, D.F. (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rozema, J. and H. Schat. 2013. Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture. *Environ. Exp. Bot.* 92: 83-95.
- Sagot, B.; Gaysinski, M.; Mehiri, . M.; Guignon, J.M.; Le Rudulier, D.; Alloing G. Osmotically induced synthesis of the dipeptide N-acetylglutaminylglutamine amide is mediated by a new pathway conserved among bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (2010), pp. 12652-12657
- Saida, C.; Houria, B. y Mébarek, B. "Interactive effects of salinity and potassium on physio-morphological traits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.; var: heintz)". *Agriculture and Biology Journal of North America*, vol. 5, no. 3, 2014, pp. 135–143, ISSN 2151-7517, 2151-7525, DOI 10.5251/abjna.2014.5.3.135.143.
- Salcedo, F. M. G. 2002. Determinación del grado de salinidad y/o sodicidad en suelos de San Juan Zitlaltepec, Municipio de Zumpango, Estado de México. (Tesis pregrado). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. Universidad Autónoma de México, México.
- Sameen R., I., Syed W., S., & Alvina G., K. (2016). Phytoremediation of Saline Soils for Sustainable Agricultural Productivity. In A. Parvaiz, *Plant Metal Interaction Emerging Remediation Techniques* (1st ed., pp. 465-468). Oxford, UK: Elsevier Inc. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803158-2.00018-7>
- Schmidhalter, Hu Y. Limitation of salt stress to plant growth. In: Hock B., Elstner C.F., editors. *Plant Toxicology*. Marcel Dekker Inc.; New York: 2002. pp. 91–224.
- Shahid S.A., Zaman M., Heng L. (2018) Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. In: *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_2
- Stephan-Otto, E.A., Xochimilco hoy: una realidad insustentable. Facultad de ciencias políticas y sociales de la UNAM, México, 2005.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. *Fisiología Vegetal*. Vol II. Universitat Jaume. Castellon de la Plana, España.
- Valencia I. C. E., 2013. *Edafología para ingenieros Agrícolas*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM. México.
- Van Hoorn, J.W. and Van Alphen, J.G. (2006), Salinity control. In: H.P. Ritzema (Ed.), *Drainage Principles and Applications*, p. 533-600, Publication 16, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands. ISBN 90 70754 3 39.
- Waskom, R. M., Bauder, T. A., Davis, J. G., Cardon G. E. (2010). Diagnosing saline and sodic soil problems. Colorado State University Extension Fact Sheet No. 0.521.

ANEXOS

ANEXO A. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua destilada (CONTROL)

Tabla 1. CONTROL. CE tomada a los 3 días, por triplicado

Tratamientos	CE			Promedio
T1	11.208	11.272	11.144	11.208
T2	11.456	11.408	11.344	11.403
T3	11.28	11.352	11.304	11.312
T4	11.088	11.216	11.28	11.195
T5	11.936	11.96	12.008	11.968
T6	11.896	11.84	11.92	11.885
T7	11.784	11.832	11.848	11.821
T8	11.952	11.984	11.936	11.957

Tabla 2. CONTROL. CE tomada a los 6 días, por triplicado

Tratamientos	CE			Promedio
T1	11.216	11.272	11.208	11.232
T2	11.44	11.344	11.28	11.355
T3	11.208	11.28	11.288	11.259
T4	11.84	11.208	11.352	11.467
T5	11.936	11.672	11.704	11.771
T6	11.896	11.84	11.856	11.864
T7	11.496	11.504	11.456	11.485
T8	11.592	11.616	11.6	11.603

Tabla 3. CONTROL. CE tomada a los 9 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	7.224	7.272	7.184	7.227
T2	6.72	6.688	6.704	6.704
T3	7.312	7.264	7.24	7.272
T4	5.504	5.528	5.544	5.525
T5	5.112	5.12	5.144	5.125
T6	4.912	4.888	4.896	4.899
T7	6.632	6.672	6.648	6.651
T8	7.776	7.728	7.744	7.749

Tabla 4. CONTROL. CE tomada a los 12 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	6.84	6.856	6.896	6.864
T2	6.248	6.24	6.28	6.256
T3	6.64	6.64	6.656	6.645
T4	4.432	4.472	4.464	4.456
T5	4.72	4.88	4.816	4.805
T6	4.48	4.48	4.488	4.483
T7	5.752	5.776	5.76	5.763
T8	6.864	6.92	6.904	6.896

Tabla 5. CONTROL. CE tomada a los 15 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	6.704	6.712	6.704	6.707
T2	5.792	5.768	5.776	5.779
T3	6.112	6.104	6.096	6.104
T4	4.264	4.256	4.24	4.253
T5	3.608	3.624	3.648	3.627
T6	3.24	3.256	3.24	3.245
T7	4.688	4.696	4.688	4.691
T8	5.024	5.016	5.016	5.019

Tabla 6. CONTROL. CE tomada a los 18 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	6.696	6.704	6.704	6.701
T2	5.808	5.76	5.76	5.776
T3	5.736	5.704	5.696	5.712
T4	4.232	4.224	4.24	4.232
T5	3.616	3.592	3.6	3.603
T6	3.2	3.208	3.216	3.208
T7	4.472	4.464	4.448	4.461
T8	4.896	4.88	4.888	4.888

Tabla 7. Promedio de las muestras de la CE en las muestras con agua destilada (Control), de los 3 a los 18 días.

TRATAMIENTOS	DÍAS					
	3	6	9	12	15	18
T1	11.208	11.232	7.224	6.864	6.704	6.704
T2	11.400	11.352	6.704	6.256	5.776	5.776
T3	11.312	11.256	7.272	6.648	6.104	5.712
T4	11.192	11.464	5.528	4.456	4.256	4.232
T5	11.968	11.768	5.128	4.808	3.624	3.600
T6	11.888	11.864	4.896	4.480	3.248	3.208
T7	11.824	11.488	6.648	5.760	4.688	4.470
T8	11.960	11.600	7.752	6.608	5.016	4.888

ANEXO B. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua del canal.

Tabla 8. Canal. CE tomada a los 3 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	11.2	11.208	11.232	11.213
T2	11.68	11.68	11.728	11.696
T3	11.848	11.776	11.904	11.843
T4	11.272	11.32	11.256	11.283
T5	11.24	11.216	11.24	11.232
T6	11.2	11.224	11.208	11.211
T7	11.224	11.192	11.2	11.205
T8	11.168	11.176	11.208	11.184

Tabla 9. Canal. CE tomada a los 6 días, por triplicado

Tratamientos	CE			promedio
T1	11.04	11.208	11.184	11.144
T2	11.68	11.672	11.6	11.651
T3	11.848	11.264	11.2	11.437
T4	11.184	11.32	11.192	11.232
T5	9.84	9.88	9.84	9.853
T6	10.44	10.448	10.44	10.443
T7	11.104	11.096	11.08	11.093
T8	10.768	10.8	10.816	10.795

Tabla 10. Canal. CE tomada a los 9 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	8.112	8.128	8.104	8.115
T2	11.728	11.752	11.76	11.747
T3	9.384	9.584	9.464	9.477
T4	8.808	8.904	8.84	8.851
T5	7.456	7.464	5.6	6.840
T6	8.016	8.016	8.008	8.013
T7	9.072	9.064	9.064	9.067
T8	8.848	8.88	8.896	8.875

Tabla 11. Canal. CE tomada a los 12 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	7.65	7.70	7.67	7.67
T2	11.68	11.62	11.58	11.63
T3	8.82	8.82	8.84	8.83
T4	8.50	8.73	8.56	8.59
T5	6.87	6.86	6.87	6.87
T6	7.78	7.78	7.78	7.78
T7	8.54	8.53	8.55	8.54
T8	8.31	8.32	8.28	8.30

Tabla 12. Canal. CE tomada a los 15 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	7.528	7.56	7.544	7.54
T2	10.032	10.032	10.024	10.03
T3	8.136	8.12	8.136	8.13
T4	7.688	7.736	7.768	7.73
T5	6.6	6.608	6.6	6.60
T6	7.456	7.464	7.464	7.46
T7	8.168	8.16	8.176	8.17
T8	7.84	7.864	7.88	7.86

Tabla 13. Canal. CE tomada a los 18 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	7.52	7.54	7.54	7.53
T2	9.62	9.62	9.63	9.63
T3	7.27	7.26	7.25	7.26
T4	7.29	7.30	7.29	7.29
T5	6.56	6.58	6.57	6.57
T6	7.11	7.22	7.22	7.19
T7	8.15	8.13	8.14	8.14
T8	7.83	7.80	7.80	7.81

Tabla 14. Promedio de las muestras de la CE en las muestras con agua de canal, de los 3 a los 18 días.

TRATAMIENTOS	DÍAS					
	3	6	9	12	15	18
T1	11.216	11.144	8.112	7.672	7.544	7.536
T2	11.696	11.648	11.744	11.624	10.032	9.624
T3	11.840	11.440	9.480	8.832	8.128	7.264
T4	11.280	11.232	8.848	8.592	7.728	7.288
T5	11.232	9.856	6.840	6.872	6.600	6.568
T6	11.208	10.440	8.016	7.784	7.464	7.184
T7	11.208	11.096	9.064	8.544	8.168	8.144
T8	11.184	10.792	8.872	8.304	7.864	7.808

ANEXO C. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua de biofiltro.

Tabla 15. Biofiltro. CE tomada a los 3 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	11.48	11.45	11.47	11.47
T2	11.47	11.48	11.46	11.47
T3	11.43	11.43	11.42	11.43
T4	11.36	11.37	11.35	11.36
T5	11.35	11.33	11.31	11.33
T6	11.32	11.34	11.34	11.33
T7	11.45	11.41	11.41	11.42
T8	11.42	11.40	11.39	11.40

Tabla 16. Biofiltro. CE tomada a los 6 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	10.68	10.68	10.69	10.68
T2	10.67	10.68	10.68	10.67
T3	10.53	10.52	10.53	10.52
T4	10.51	10.50	10.51	10.51
T5	9.68	9.69	9.69	9.69
T6	9.67	9.68	9.70	9.68
T7	10.45	10.39	10.38	10.40
T8	10.20	10.17	10.16	10.17

Tabla 17. Biofiltro. CE tomada a los 9 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	10.68	10.68	10.68	10.68
T2	10.67	10.68	10.67	10.67
T3	10.52	10.51	10.50	10.51
T4	10.50	10.50	9.99	10.33
T5	9.39	9.36	9.36	9.37
T6	9.44	9.47	9.37	9.42
T7	10.15	10.08	10.06	10.10
T8	10.18	10.16	10.05	10.13

Tabla 18. Biofiltro. CE tomada a los 12 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	10.46	10.475	10.395	10.443
T2	10.27	10.28	10.285	10.278
T3	10.06	9.98	9.995	10.012
T4	9.86	9.865	9.85	9.858
T5	8.72	8.755	8.81	8.762
T6	8.965	8.95	8.985	8.967
T7	9.515	9.555	9.525	9.532
T8	9.68	9.71	9.725	9.705

Tabla 19. Biofiltro. CE tomada a los 12 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	10.095	10.11	10.13	10.112
T2	10.01	10.015	10.01	10.012
T3	9.77	9.78	9.78	9.777
T4	9.55	9.585	9.56	9.565
T5	8.425	8.415	8.415	8.418
T6	8.44	8.44	8.405	8.428
T7	9.315	9.315	9.305	9.312
T8	9.37	9.37	9.37	9.370

Tabla 20. Biofiltro. CE tomada a los 15 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			Promedio
T1	10.045	10.055	10.035	10.045
T2	10	10.005	10	10.002
T3	9.37	9.38	9.355	9.368
T4	9	8.96	8.965	8.975
T5	7.62	7.63	7.61	7.620
T6	7.545	7.655	7.61	7.603
T7	8.465	8.455	8.42	8.447
T8	8.495	8.51	8.445	8.483

Tabla 21. Promedio de las muestras de la CE en las muestras con agua de biofiltro, de los 3 a los 18 días.

TRATAMIENTOS	DÍAS					
	3	6	9	12	15	18
T1	11.465	10.682	10.677	10.443	10.112	10.045
T2	11.468	10.673	10.670	10.278	10.012	10.002
T3	11.425	10.523	10.508	10.012	9.777	9.368
T4	11.358	10.505	10.330	9.858	9.565	8.975
T5	11.327	9.685	9.367	8.762	8.418	7.620
T6	11.330	9.678	9.423	8.967	8.428	7.603
T7	11.420	10.403	10.095	9.532	9.312	8.447
T8	11.398	10.172	10.128	9.705	9.370	8.483

ANEXO D. Conductividad eléctrica del suelo tratado con CN, regado con agua de lluvia.

Tabla 22. Lluvia. CE tomada a los 3 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	11.47	11.47	11.46	11.46
T2	11.43	11.42	11.41	11.42
T3	11.37	11.36	11.37	11.36
T4	11.31	11.32	11.32	11.31
T5	11.15	11.17	11.18	11.16
T6	11.26	11.27	11.29	11.27
T7	11.33	11.32	11.30	11.31
T8	11.28	11.27	11.26	11.27

Tabla 23. Lluvia. CE tomada a los 6 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	10.68	10.68	10.69	10.68
T2	10.67	10.68	10.68	10.67
T3	10.53	10.52	10.53	10.52
T4	10.51	10.50	10.51	10.51
T5	9.68	9.69	9.69	9.69
T6	9.67	9.68	9.70	9.68
T7	10.45	10.39	10.38	10.40
T8	10.20	10.17	10.16	10.17

Tabla 24. Lluvia. CE tomada a los 9 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	8.18	8.14	8.26	8.19
T2	8.09	8.06	8.17	8.10
T3	7.55	7.50	7.52	7.52
T4	6.15	6.19	6.22	6.18
T5	5.90	5.92	5.95	5.92
T6	6.00	5.89	5.81	5.90
T7	7.05	7.05	7.01	7.03
T8	6.97	6.97	6.84	6.92

Tabla 25. Lluvia. CE tomada a los 12 días, por triplicado

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	8.11	8.10	8.15	8.12
T2	8.00	8.01	8.06	8.02
T3	7.47	7.45	7.50	7.47
T4	6.04	6.06	6.01	6.04
T5	5.70	5.67	5.74	5.70
T6	5.76	5.60	5.61	5.65
T7	7.00	6.99	7.00	7.00
T8	6.90	6.95	6.81	6.89

Tabla 26. Lluvia. CE tomada a los 15 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	8.05	8.06	8.04	8.05
T2	8.00	8.00	8.00	8.00
T3	7.45	7.41	7.46	7.44
T4	6.00	6.02	5.99	6.00
T5	5.20	5.19	5.20	5.19
T6	5.17	5.20	5.25	5.20
T7	6.94	6.97	6.95	6.95
T8	6.83	6.85	6.79	6.82

Tabla 27. Lluvia. CE tomada a los 15 días, por triplicado.

Tratamientos	CE			PROMEDIO
T1	8.01	8.03	8.02	8.02
T2	7.97	7.99	8.00	7.98
T3	7.44	7.38	7.44	7.42
T4	5.89	6.00	5.81	5.90
T5	5.06	5.05	5.02	5.04
T6	5.07	5.06	5.10	5.07
T7	6.77	6.81	6.85	6.81
T8	6.81	6.80	6.78	6.79

Tabla 28. Promedio de las muestras de la CE en las muestras con agua de lluvia, de los 3 a los 18 días.

TRATAMIENTOS	DÍAS					
	3	6	9	12	15	18
T1	11.463	10.637	8.192	8.118	8.045	8.017
T2	11.418	10.617	8.103	8.020	8.000	7.983
T3	11.363	10.518	7.520	7.472	7.440	7.417
T4	11.313	10.502	6.183	6.037	6.003	5.897
T5	11.163	9.565	5.922	5.700	5.193	5.038
T6	11.272	9.520	5.895	5.652	5.202	5.073
T7	11.313	10.268	7.033	6.997	6.948	6.807
T8	11.268	10.068	6.923	6.887	6.822	6.792

ANEXO E. Tablas de ANOVAS del tratamiento con agua destilada (Control)

Tabla 29. ANOVA de los 9 días con el agua destilada.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	24.19	7	3.46	5142.37	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.7322	1	0.7322	1089.59	< 0.0001	
B-CZ	3.94	1	3.94	5867.68	< 0.0001	
C-Inoculo	1.99	1	1.99	2962.29	< 0.0001	
D-Humedad	2.44	1	2.44	3626.73	< 0.0001	
AB	0.0039	1	0.0039	5.73	0.0293	
AC	3.70	1	3.70	5506.68	< 0.0001	
AD	11.38	1	11.38	16937.92	< 0.0001	
Error puro	0.0108	16	0.0007			
Cor Total	24.20	23				

Tabla 30. ANOVA de los 12 días con el agua destilada.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	23.34	7	3.33	2868.37	< 0.0001	significante
A-Riegos	1.48	1	1.48	1272.99	< 0.0001	
B-CZ	0.6855	1	0.6855	589.56	< 0.0001	
C-Inoculo	1.94	1	1.94	1668.83	< 0.0001	
D-Humedad	3.46	1	3.46	2975.51	< 0.0001	
AB	0.0059	1	0.0059	5.07	0.0388	
AC	4.88	1	4.88	4198.64	< 0.0001	
AD	10.89	1	10.89	9367.98	< 0.0001	
Error puro	0.0186	16	0.0012			
Cor Total	23.36	23				

Tabla 31. ANOVA de los 15 días con el agua destilada.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	30.94	7	4.42	38552.08	< 0.0001	significante
A-Riegos	3.01	1	3.01	26228.93	< 0.0001	
B-CZ	0.1887	1	0.1887	1645.49	< 0.0001	
C-Inoculo	14.70	1	14.70	1.282E+05	< 0.0001	
D-Humedad	0.9988	1	0.9988	8710.33	< 0.0001	
AB	0.0171	1	0.0171	148.84	< 0.0001	
AC	2.79	1	2.79	24290.33	< 0.0001	
AD	9.25	1	9.25	80628.93	< 0.0001	
Error	0.0018	16	0.0001			
Cor Total	30.95	23				

Tabla 32. ANOVA de los 18 días con el agua destilada.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	29.43	7	4.20	19461.14	< 0.0001	significante
A-Riegos	2.11	1	2.11	9779.01	< 0.0001	
B-CZ	0.0000	1	0.0000	0.0494	0.8270	
C-Inoculo	14.70	1	14.70	68063.01	< 0.0001	
D-Humedad	0.7100	1	0.7100	3287.11	< 0.0001	
AB	0.0267	1	0.0267	123.46	< 0.0001	
AC	2.23	1	2.23	10313.53	< 0.0001	
AD	9.65	1	9.65	44661.78	< 0.0001	
Error puro	0.0035	16	0.0002			
Cor Total	29.43	23				

ANEXO F. TABLAS DE ANOVAS DEL TRATAMIENTO CON AGUA DEL CANAL

Tabla 33. ANOVA de los 9 días con agua de canal.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	42.33	7	6.05	41.46	< 0.0001	significante
A-Riegos	5.96	1	5.96	40.86	< 0.0001	
B-CZ	0.9064	1	0.9064	6.21	0.0240	
C-Inoculo	10.91	1	10.91	74.83	< 0.0001	
D-Humedad	3.14	1	3.14	21.52	0.0003	
AB	11.86	1	11.86	81.32	< 0.0001	
AC	1.54	1	1.54	10.53	0.0051	
AD	8.01	1	8.01	54.91	< 0.0001	
Error puro	2.33	16	0.1459			
Cor Total	44.66	23				

Tabla 34. ANOVA de los 12 días con agua de canal.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	41.35	7	5.91	2621.79	< 0.0001	significante
A-Riegos	7.25	1	7.25	3217.99	< 0.0001	
B-CZ	0.0378	1	0.0378	16.76	0.0008	
C-Inoculo	10.23	1	10.23	4541.63	< 0.0001	
D-Humedad	3.46	1	3.46	1535.29	< 0.0001	
AB	10.70	1	10.70	4747.94	< 0.0001	
AC	3.47	1	3.47	1540.69	< 0.0001	
AD	6.20	1	6.20	2752.22	< 0.0001	
Error	0.0361	16	0.0023			
Cor Total	41.39	23				

Tabla 35. ANOVA de los 15 días con agua de canal.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	20.03	7	2.86	9173.15	< 0.0001	significante
A-Riegos	2.61	1	2.61	8360.01	< 0.0001	
B-CZ	0.0241	1	0.0241	77.14	< 0.0001	
C-Inoculo	4.19	1	4.19	13418.88	< 0.0001	
D-Humedad	1.11	1	1.11	3555.77	< 0.0001	
AB	6.15	1	6.15	19721.03	< 0.0001	
AC	0.8817	1	0.8817	2825.85	< 0.0001	
AD	5.07	1	5.07	16253.34	< 0.0001	
Error	0.0050	16	0.0003			
Cor Total	20.04	23				

Tabla 36. ANOVA de los 18 días con agua de canal.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	17.54	7	2.51	3948.74	< 0.0001	significante
A-Riegos	2.18	1	2.18	3433.68	< 0.0001	
B-CZ	0.0632	1	0.0632	99.65	< 0.0001	
C-Inoculo	1.51	1	1.51	2376.07	< 0.0001	
D-Humedad	0.4659	1	0.4659	734.13	< 0.0001	
AB	3.41	1	3.41	5365.13	< 0.0001	
AC	1.26	1	1.26	1988.84	< 0.0001	
AD	8.66	1	8.66	13643.71	< 0.0001	
Error	0.0102	16	0.0006			
Cor Total	17.55	23				

ANEXO G. TABLAS DE ANOVAS DEL TRATAMIENTO CON AGUA DEL BIOFILTRO

Tabla 37. ANOVA de los 9 días con agua de biofiltro.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	5.55	7	0.7935	65.51	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.0035	1	0.0035	0.2893	0.5981	
B-CZ	0.3151	1	0.3151	26.01	0.0001	
C-Inoculo	3.77	1	3.77	311.11	< 0.0001	
D-Humedad	0.0084	1	0.0084	0.6966	0.4162	
AB	0.0145	1	0.0145	1.20	0.2900	
AC	0.0287	1	0.0287	2.37	0.1432	
AD	1.42	1	1.42	116.92	< 0.0001	
Pure Error	0.1938	16	0.0121			
Cor Total	5.75	23				

Tabla 38. ANOVA de los 12 días con agua de biofiltro.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	7.37	7	1.05	1192.80	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.0013	1	0.0013	1.53	0.2339	
B-CZ	0.1617	1	0.1617	183.28	< 0.0001	
C-Inoculo	4.93	1	4.93	5590.29	< 0.0001	
D-Humedad	0.0007	1	0.0007	0.7981	0.3849	
AB	0.0001	1	0.0001	0.1700	0.6856	
AC	0.1820	1	0.1820	206.29	< 0.0001	
AD	2.09	1	2.09	2367.24	< 0.0001	
Error	0.0141	16	0.0009			
Cor Total	7.38	23				

Tabla 39. ANOVA de los 15 días con agua de biofiltro.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	8.88	7	1.27	8827.46	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.0222	1	0.0222	154.46	< 0.0001	
B-CZ	0.4161	1	0.4161	2894.38	< 0.0001	
C-Inoculo	5.81	1	5.81	40427.86	< 0.0001	
D-Humedad	0.0096	1	0.0096	66.78	< 0.0001	
AB	0.0015	1	0.0015	10.46	0.0052	
AC	0.0542	1	0.0542	376.70	< 0.0001	
AD	2.57	1	2.57	17861.59	< 0.0001	
Error	0.0023	16	0.0001			
Cor Total	8.88	23				

Tabla 40. ANOVA de los 18 días con agua de biofiltro.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	19.18	7	2.74	3903.46	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.0651	1	0.0651	92.73	< 0.0001	
B-CZ	4.167E-06	1	4.167E-06	0.0059	0.9395	
C-Inoculo	14.59	1	14.59	20775.32	< 0.0001	
D-Humedad	0.0610	1	0.0610	86.89	< 0.0001	
AB	0.0330	1	0.0330	47.01	< 0.0001	
AC	0.0782	1	0.0782	111.39	< 0.0001	
AD	4.36	1	4.36	6210.85	< 0.0001	
Error	0.0112	16	0.0007			
Cor Total	19.20	23				

ANEXO H. TABLAS DE ANOVAS DEL TRATAMIENTO CON AGUA DE LLUVIA

Tabla 41. ANOVA de los 9 días con agua de lluvia.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	17.86	7	2.55	825.48	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.9087	1	0.9087	293.92	< 0.0001	
B-CZ	0.0759	1	0.0759	24.56	0.0001	
C-Inoculo	6.69	1	6.69	2163.46	< 0.0001	
D-Humedad	0.5075	1	0.5075	164.15	< 0.0001	
AB	0.6700	1	0.6700	216.71	< 0.0001	
AC	0.6240	1	0.6240	201.85	< 0.0001	
AD	8.39	1	8.39	2713.69	< 0.0001	
Pure Error	0.0495	16	0.0031			
Cor Total	17.91	23				

Tabla 42. ANOVA de los 12 días con agua de lluvia.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	19.66	5	3.93	91.00	< 0.0001	significante
A-Riegos	1.07	1	1.07	24.79	< 0.0001	
C-Inoculo	7.29	1	7.29	168.80	< 0.0001	
D-Humedad	0.6112	1	0.6112	14.15	0.0014	
AC	0.7107	1	0.7107	16.45	0.0007	
AD	9.97	1	9.97	230.79	< 0.0001	
Residual	0.7777	18	0.0432			
Error	0.0347	16	0.0022			
Cor Total	20.44	23				

Tabla 43. ANOVA de los 15 días con agua de lluvia.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	26.47	6	4.41	85.05	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.9680	1	0.9680	18.66	0.0005	
B-CZ	0.2204	1	0.2204	4.25	0.0549	
C-Inoculo	10.59	1	10.59	204.11	< 0.0001	
D-Humedad	0.5828	1	0.5828	11.24	0.0038	
AC	0.7004	1	0.7004	13.50	0.0019	
AD	13.41	1	13.41	258.55	< 0.0001	
Residual	0.8817	17	0.0519			
Error	0.0077	16	0.0005			
Cor Total	27.35	23				

Tabla 44. ANOVA de los 18 días con agua de lluvia.

Fuente	Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	31.31	6	5.22	29.68	< 0.0001	significante
A-Riegos	0.2817	1	0.2817	1.60	0.2226	
B-CZ	0.8067	1	0.8067	4.59	0.0470	
C-Inoculo	9.13	1	9.13	51.92	< 0.0001	
D-Humedad	1.66	1	1.66	9.47	0.0068	
AC	1.88	1	1.88	10.70	0.0045	
AD	17.54	1	17.54	99.81	< 0.0001	
Residual	2.99	17	0.1758			
Error	2.71	16	0.1692			
Cor Total	34.29	23				

ANEXO I. CE del Control de la chinampa “Granja Aurora”

tiempo 0		
CONTROL Muestras	C.E. dS/m	pH
1	9.22	8.11
2	11.465	8.52
3	9.165	8.14
4	6.12	8.03
5	9.495	8.09
6	9.565	8.28
7	9.74	8.07
8	10.545	8.33

tiempo 60 días		
CONTROL Muestras	C.E. ds/m	pH
1	8.46	7
2	7.74	7.9
3	7.71	7.92
4	8.445	7.58
5	8.615	8
6	9.2	8
7	9.995	8.1
8	9.515	8

ANEXO J. CE de las muestras en campo de la chinampa “Granja Aurora”, con y sin tratamiento

Tabla 45. CE Muestreo en zigzag 18 puntos. Antes del tratamiento (tiempo cero).

Tiempo 0		
muestras	C.E. dS/m	pH
1	5.545	8.12
2	5.6	8.19
3	7.035	8.56
4	7.015	7.95
5	5.63	8.08
6	5.68	8.1
7	5.55	8.17
8	9.195	8.3
9	9.45	8.22
10	9.08	8.41

11	9.185	8.5
12	9.045	8.01
13	9.015	8
14	9.465	8
15	9.08	8
16	11.435	8.63
17	9.11	8.19
18	8.075	8

tiempo 60 días		
Muestras	C.E. dS/m	pH
1	3.765	7.02
2	3.69	7.08
3	3.985	7.4
4	4.44	7.5
5	4.895	7.32
6	4.445	7
7	4.75	7.86
8	4.96	7.5
9	4.975	7.5
10	4.975	7.5
11	4.975	7.56
12	6.155	7.61
13	6.21	7.32
14	6.49	7
15	8.525	7
16	9.04	7
17	7.445	7.44
18	5.515	7.71