

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD DEL ÁREA DE
INFLUENCIA DE LA POZA DE ESCOBEDO,
CUATROCIÉNEGAS, COAH.**

Por:

Marcos Manuel Quintero González

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título
de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

**CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE
LA POZA DE ESCOBEDO, CUATROCIÉNEGAS, COAH.**

Presentado por:

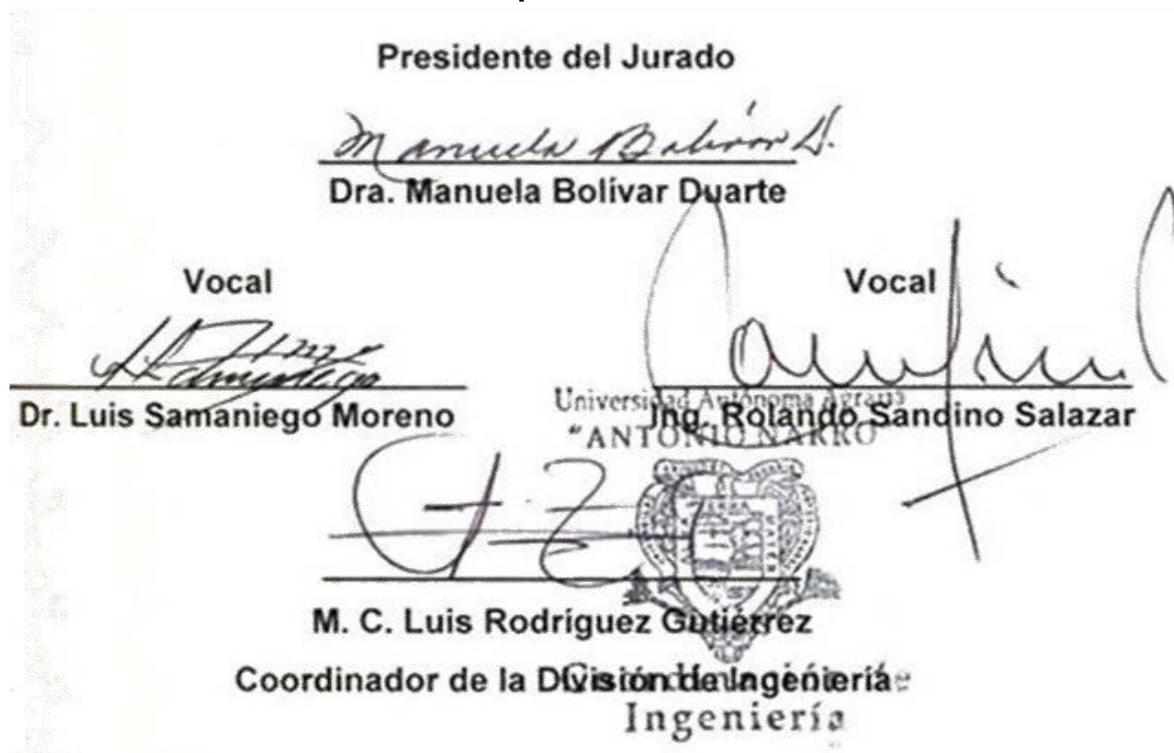
Marcos Manuel Quintero González

TESIS

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2013

AGRADECIMIENTOS

A la UAAAN, por permitirme ser uno más de sus integrantes en las grandes listas de profesionistas que ha formado y por haberme cobijado durante mi preparación. ALMA TERRA MATER.

Con todo el respeto que se merece, al Depto. de Riego y Drenaje, por brindarme los conocimientos para poder hacer frente a la vida laboral. En él fue donde crecí como persona, donde pasé los mejores momentos de esta etapa de mi vida.

Con mucho respeto, cariño y admiración a la Dra. Manuela Bolívar Duarte, por compartir sus conocimientos y por su gran apoyo durante la elaboración de este trabajo. Gracias por su paciencia y confianza.

Al Dr. Luis Samaniego y al Ing. Rolando Sandino por ser partícipes de este escrito al apoyarme con sus observaciones para mejorar.

A la Biol. Silvia Guerrero Martínez y a la Lic. Socorro Mireles Vásquez por su apoyo con los análisis de laboratorio y a la T. Q. L. Patricia Fuentes Ortiz por su ayuda en el trabajo de campo.

A la Ing. Myrna Rojo por su apoyo motivacional, gracias por su amistad.

Como olvidar a mis amigos: Apolinar (Poly), Jorge A. (Koki), Areli (la Wera), Claudio (el Chaparrín), Yolanda, José Luis (Tachi) y Azael (Kiko) que más que amigos fueron hermanos. Y a todos mis compañeros de la generación LV de I. A. I.

Un profundo y sincero agradecimiento a la familia Avendaño Bolívar (Adrian, Melani y el tremendo Alexinini) mi familia postiza, gracias por hacerme sentir como un miembro más de ustedes.

Por último pero no menos importante, a los compañeros y amigos del Paraíso en especial a los del Cuarto 2 de quienes aprendí el valor de la amistad. Además que el Paraíso 2 fue mi hogar durante mi estancia en la gloriosa Antonio Narro.

Una vez buitre, ¡Siempre Buitre!

DEDICATORIAS

A Dios, que siempre ha estado junto a mí dándome fuerza para seguir adelante en este día a día, además de poner a gente en mi camino que me ha apoyado incondicionalmente, principalmente mi familia, amigos y personas que ni siquiera me conocían y que me extendieron su mano en símbolo de ayuda mostrándome tu presencia. Gracias Dios.

Con el más profundo amor que se tiene, dedico este trabajo a mis Padres:

Prof. Santiago Quintero S. y Sra. Minerva González S.

Porque son el claro ejemplo de lucha y esfuerzo, por todo el sacrificio que hicieron y siguen haciendo por nosotros sus hijos, por haberme enseñado los valores que hasta ahora son lo que me han llevado hasta donde estoy. Este trabajo es de ustedes, ya que nunca dejaron de creer y pusieron su confianza en mí. Tengan por seguro que no los defraudaré.

A mis abuelos paternos el Sr. Jorge Quintero[†] y la Sra. Soledad Sánchez[†], que aunque no los conocí se que siempre estuvieron a mi lado.

A mis abuelos maternos el Sr. Francisco González[†] y la Sra. Julia Silvestre[†] de quienes no pude despedirme pero que siempre tuvieron la confianza puesta en mí, donde quiera que estén este trabajo es para ustedes.

A mis hermanos Francisco Javier y Reyes Santiago, a quienes les tengo gran admiración y respeto, me tocó ser el mayor y aunque no se los demuestro saben que los quiero mucho. Nunca se rindan.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Solución del Suelo.....	4
2.2. Suelos en Zonas Áridas y Semiáridas.....	5
2.3. Definición de Salinidad.....	6
2.4. Formas de Sales en el Suelo.....	7
2.5. Origen de las Sales y Suelos Salinos.....	7
2.5.1. Marino.....	8
2.5.2. Litológico.....	9
2.5.3. Antropogénico.....	9
2.6. Factores de Clasificación de Suelos Salinos.....	10
2.6.1. Conductividad Eléctrica (CE).....	10
2.6.2. Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI).....	11
2.6.3. Reacción del Suelo (pH).....	11
2.7. Clasificación de los Suelos Salinos.....	13
2.7.1. Suelo Normal.....	13
2.7.2. Suelo Salino.....	13
2.7.3. Suelo Salino-Sódico.....	14
2.7.4. Suelo Sódico.....	15
2.8. Efecto de la Salinidad sobre los Cultivos.....	17
2.8.1. Tolerancia a la Salinidad.....	18
2.8.2. Plantas Indicadoras.....	19

III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Descripción de la Zona de Estudio	21
3.1.1. Localización	21
3.1.2. Clima	22
3.1.3. Fisiografía	22
3.2. Metodología Aplicada	23
3.2.1. Trabajo de Campo	23
3.2.1.1. Sitios de Muestreo	23
3.2.1.2. Muestreo de Suelo	24
3.2.2. Trabajo de Laboratorio	24
3.2.2.1. Determinación de Parámetros de Salinidad	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Análisis de Salinidad	25
4.2. Elaboración de Planos	25
4.2.1. Planos de Isosalinidad	25
4.2.2. Planos de Isosodicidad	27
4.2.3. Planos de Clasificación de Suelo	29
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
VI. BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXO A	37
ANEXO B	39
ANEXO C	44

ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Iones presentes en el suelo	7
Cuadro 2. Clasificación del suelo por su CE	11
Cuadro 3. Clasificación del pH de acuerdo con la escala Wilde	12
Cuadro 4. Calificación de los suelos según la tolerancia de los cultivos a las sales	15
Cuadro 5. Procesos de formación de suelos salinos	16
Cuadro 6. Grados de tolerancia al estrés salino de algunos cultivos importantes	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. El suelo y la solución del suelo, centro del medio ambiente	5
Figura 2. Influencia del pH sobre la disponibilidad de nutrientes; “diagrama de Troug”	12
Figura 3. Clasificación de suelo y proceso normal de ensalitramiento.....	17
Figura 4. Localización del municipio de Cuatrociénegas, Coah.....	21
Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo	23
Figura 6. Plano de salinidad analizada	26
Figura 7. Plano de salinidad analizada (segundo horizonte)	27
Figura 8. Plano de sodicidad.....	28
Figura 9. Plano de sodicidad (segundo horizonte).....	28
Figura 10. Plano de clasificación de suelo.....	29
Figura 11. Plano de clasificación de suelo (segundo horizonte)	30

RESUMEN

La salinidad del suelo es uno de los principales problemas que se tiene a nivel mundial, principalmente en las zonas áridas y semiáridas, el Valle de Cuatrociénegas se encuentra con diversos grados de afectación por las sales.

Los objetivos del estudio fueron: determinar los niveles de salinidad del área de influencia de la Poza de Escobedo, clasificar el suelo y elaborar los planos de acuerdo a su nivel de ensalitramiento.

Los puntos de muestreo se marcaron utilizando el método sistemático, se barrenó a una profundidad de 2 m haciendo la descripción por horizontes. Las muestras recolectadas se analizaron y se determinaron los parámetros de salinidad para llevar a cabo su clasificación.

La superficie total analizada fue de 3.8 ha de las cuales 1.64 ha se clasificaron como suelo normal y 2.6 ha como salino en el primer horizonte; mientras que en el horizonte subsuperficial el 27.2 por ciento corresponde a suelo normal y el 72.8 por ciento a salino; en ningún punto de muestreo hubo afectación por Na.

Con los resultados obtenidos se concluyó que el suelo que predomina en la zona es salino en ambos horizontes; en el análisis se observó que existe mayor cantidad de Mg que de Ca, lo que indica que el origen de la salinidad es marino.

Palabras clave: Zonas áridas, Cuatrociénegas, suelos salinos, suelos sódicos.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más comunes, en cuanto a degradación de tierra se refiere, que el hombre se ha tenido que enfrentar, ha sido el de prevenir, controlar o mejorar los suelos afectados por la salinidad. Cabe aclarar que estos tipos de suelo no son exclusivos de las zonas áridas y semiáridas, ya que esta condición también existe en zonas húmedas, en áreas adyacentes a las costas afectadas por fluctuaciones de mareas, lagos de agua salada o estuarios, ríos, arroyos y quebradas de aguas salobres. También ocurren en sitios de topografía baja, debido principalmente al manejo inadecuado de las aguas de riego o de lagos artificiales localizados en sitios altos (Manzano, 2012)

La salinidad en forma natural, según Otero y colaboradores (2007), está ampliamente distribuida en el globo terráqueo y se incrementa a medida que se presentan cambios climáticos mayores; procesos geomorfológicos de sedimentación, erosión y redistribución de materiales; así como cambios en la hidrología superficial y subterránea.

A nivel mundial aproximadamente 340 millones de hectáreas están afectadas. El 6 por ciento de la superficie de la tierra tiene niveles importantes de sales. La salinidad reduce la productividad de 20 millones de hectáreas irrigadas en el mundo. Los suelos con un alto contenido de sales, son un problema mundial ya que abarcan el 10 por ciento de la superficie en más de

100 países. La desertificación amenaza a una tercera parte de la superficie del mundo. En América Latina y el Caribe, según el Global Environment Outlook, aproximadamente el 47 por ciento de las tierras de pastoreo ha perdido su fertilidad como resultado de la erosión, el sobrepastoreo, la salinización y la alcalinización (Feuchter, 2000).

El mismo autor menciona que en México, específicamente en la superficie bajo riego, esta problemática se encuentra en un 33 por ciento de las áreas dedicadas a la producción de cultivos importantes para la alimentación humana y animal. Lo que representa una baja importante en la productividad de los suelos, debido a que la producción agrícola por irrigación equivale aproximadamente a la mitad de la producción agrícola nacional, y de ésta, el 65 por ciento corresponde a productos agrícolas de exportación. Colateralmente, es de importancia resaltar que el 50 por ciento de los alimentos producidos en el campo, se cultivan en suelos bajo riego (Casas, 2000).

Por lo anterior, el problema de salinidad de suelos cobra importancia debido a la disminución de fertilidad del suelo y a las pérdidas económicas provocadas (Manzano, 2012). La salinización de las tierras reduce los rendimientos y aun así los agricultores del mundo están incrementando el uso de fertilizantes.

Debido a los problemas antes mencionados se tiene para este trabajo los siguientes objetivos:

- Determinar los niveles de salinidad del área de influencia de la Poza de Escobedo.
- Clasificar el suelo de acuerdo a su nivel de ensalitramiento.
- Elaborar mapas de niveles de ensalitramiento del área bajo estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Solución del Suelo

Moreno (1986), menciona que el suelo es un conjunto de cuerpos naturales que ocupan las proporciones de la superficie terrestre, que dan sustento a las plantas y que tienen propiedades, debido al efecto integrado del clima y la materia viva, actuando por periodos de tiempo sobre el material original, en grado condicionado por el relieve.

La solución del suelo no es más que la interfaz entre el suelo y los otros tres compartimientos activos ambientales (atmósfera, biósfera e hidrósfera) en la figura 1 se marcan los límites con líneas punteadas, esto para indicar que la materia y energía activa se mueven de un compartimiento a otro, los compartimientos ambientales están estrechamente interactivos entre ellos y no aislados. La interfaz que se da entre los sedimentos marinos con el agua de mar y la del agua subterránea con el subsuelo, es químicamente similar a la interfaz que existe entre la superficie del suelo con la solución del suelo.

La solución del suelo es la fuente de nutrientes minerales para todos los organismos terrestres. A medida que la solución del suelo se filtra por debajo de la zona de la raíz, se convierte en agua subterránea o drena a los arroyos, lagos y océanos, y afecta en gran medida su química. Las cantidades transferidas de materia son mucho mayores y las tasas de estas reacciones son

mucho más rápidas en el suelo que en los compartimentos ambientales. La solución del suelo es el medio de transferencia más importante para los elementos químicos que son esenciales para la vida (Bohn, 2001).

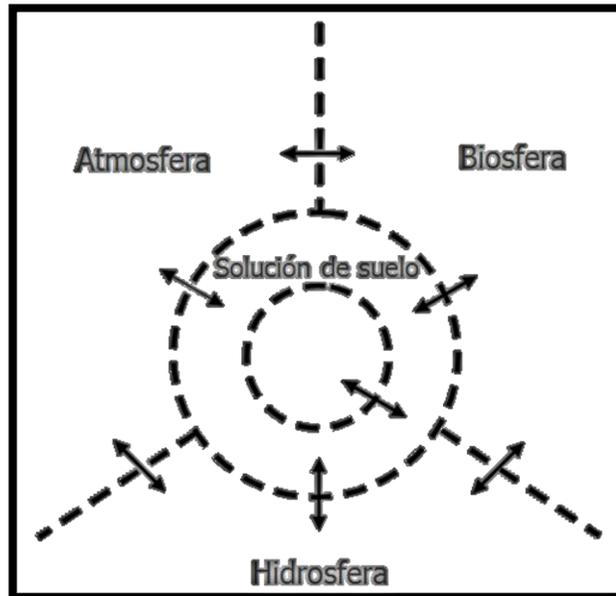


Figura 1. El suelo y la solución del suelo, centro del medio ambiente (Bohn, 2001).

Esta solución es de gran importancia para la nutrición de las plantas, ya que contiene una serie de cationes, aniones y moléculas inorgánicas, orgánicas u órgano-metálicas que varían de acuerdo a las condiciones del ambiente y los materiales que formen el suelo (Fassbender, 1987).

2.2. Suelos en Zonas Áridas y Semiáridas

Los suelos agrícolas contienen sales, condición que guardan también las aguas. La fuente original de donde provienen estas sales son los minerales que se encuentran formando las rocas que constituyen la corteza terrestre. Durante

los procesos de descomposición química e intemperización física estos componentes son gradualmente liberados, adquiriendo mayor solubilidad (De la Peña, 1980)

En las regiones áridas, semiáridas y estepas, donde hay poca lluvia y temperatura elevada, existe una tendencia a la acumulación de sales solubles cerca de la superficie. En épocas de lluvia, las sales pueden moverse hacia abajo hasta alcanzar las capas inferiores del suelo, aunque una vez pasada esa temporada debido a la evaporación intensa las regresa a la capa superficial (Cepeda, 1991).

El mismo autor menciona que las aguas subterráneas de las regiones áridas generalmente contienen cantidades considerables de sales solubles, lo cual, si el nivel es alto, por efecto de la capilaridad se moverán hasta la superficie y se evaporan, acumulándose en la superficie las sales contenidas, cada vez en mayor cantidad.

2.3. Definición de Salinidad

La salinidad se define como la presencia de concentraciones excesivas de sales solubles en el suelo. Los suelos son definidos como salinos si su contenido de sales solubles alcanza a dañar las plantas haciendo que estas bajen su productividad. Los cloruros, sulfatos, bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio contribuyen en diferentes grados a la salinidad del suelo (USDA, 1982 y Fassbender, 1987).

La salinización se refleja en un incremento en la conductividad eléctrica de la solución del suelo que tiene efectos adversos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y dificulta el crecimiento y la productividad vegetal (Tejada *et al.*, 2006).

2.4. Formas de las Sales en el Suelo

De la Peña (1980), menciona que las sales pueden presentarse de varias formas en el suelo, ya sea en compuestos (NaCl, CaCl₂, MgCl₂, Na₂SO₄, entre otros) o bien de forma iónica como se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Iones presentes en el suelo (De la Peña, 1980)

Aniones		Cationes	
Cl	Cloruros	Ca	Calcio
SO ₄	Sulfatos	Mg	Magnesio
CO ₃	Carbonatos	Na	Sodio
HCO ₃	Bicarbonatos	K	Potasio
NO ₃	Nitratos	Fe	Hierro
SiO ₂	Silicatos	B	Boro

2.5. Origen de las Sales

Porta *et al.* (2003) describen que la formación de suelos salinos en las tierras se deben a ciclos de movilización, redistribución y acumulación de cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonato sódico el cual viene condicionado

por: el clima, régimen de humedad del suelo, posición geomorfológica y clase de drenaje.

En forma natural todos los suelos agrícolas contienen sales y esta misma condición también se presenta en el agua. Hay que entender que las sales son utilizadas por plantas y animales como alimento, aún cuando su uso sea selectivo y preferente, pero la presencia de dichas sales puede dañar plantas y animales cuando su concentración y forma en que se encuentran excedan ciertos límites (Cortés, 1994).

El origen de las sales es un factor a conocer dentro del análisis del estatus salino de una región. Las sales solubles presente en la superficie terrestre, dejando aparte la actividad volcánica y los aportes cósmicos, han podido tener un origen marino, litológico o antropogénico.

2.5.1. Marino

En zonas del litoral mediterráneo encontramos procesos de salinización por transporte de las sales desde el mar (sal cíclica). Esto puede ser debido a la formación de aerosoles ricos en sales, que son transportados y depositados tierra adentro, a la infiltración subterránea del agua marina o a la redisolución de sales fósiles.

2.5.2. Litológico

Algunos materiales litológicos sobre los que actualmente se ha desarrollado un suelo, son ricos en sales al tratarse de materiales que se sedimentaron en condiciones marinas.

Bajo climas húmedos, las sales son lavadas del suelo por la lluvia, pasando a los ríos y finalmente, al mar. Sin embargo, en un ambiente árido o semiárido, las sales, aún desplazándose dentro del perfil edáfico, no son eliminadas del suelo. Las escasas precipitaciones caídas conducen a la liberación de sales, por humectación y alteración de materiales salinos, sin que puedan ser lavadas de su lugar de liberación.

Además del agua, el viento ejerce un importante papel, especialmente en las regiones áridas y semiáridas, como redistribuidor de materiales, entre ellos las sales.

2.5.3. Antropogénico

Muchas actividades humanas ejercen un gran impacto sobre la naturaleza, teniendo la agricultura una particular importancia. La irrigación, una de las prácticas más antiguas de la agricultura, ha conducido a resultados favorables y desfavorables; entre los causantes principales de resultados desfavorables está la salinización, que por su inducción antropogénica es denominada salinización secundaria (Bolívar, 2012).

2.6. Factores de Clasificación de los Suelos Salinos

Suelos en los que las plantas cultivadas presentan problemas que se traducen en la mala germinación, deficiente crecimiento, bajos rendimientos y a veces muerte de las plantas, debido a la presencia del exceso de sales más solubles que el yeso en la fase líquida del suelo (suelos salinos) o de sodio intercambiable por encima del umbral establecido (suelos sódicos) (Porta y Lopez-Acevedo, 2005).

Para la clasificación de suelos con problemas de sales se tienen que tomar en cuenta los siguientes factores:

2.6.1. Conductividad Eléctrica (CE)

El grado de salinidad del suelo se determina mediante el valor de CE del extracto de la pasta de suelo saturado, está directamente influenciada por el contenido de sales en la solución del suelo y tienen valores directamente proporcionales entre ambos. En suelos arcillosos con altos alta relación arcilla-limo, la obtención del extracto en el laboratorio se dificulta, debido a la expansión de las arcillas al humedecerse y a la fuerza con que retienen el agua. Se considera que una CE superior a $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ corresponde a suelos salinos (Marschner, 1999). Así mismo Porta y López-Acevedo (2005) en el Cuadro 2 mencionan la clasificación del suelo de acuerdo al grado de salinidad contenida.

Cuadro 2. Clasificación del suelo por su CE (Porta y López-Acevedo, 2005).

CE (dS m⁻¹ a 25° C)	TIPO DE SUELO
0 – 2	Normal
2 – 4	Ligeramente salino
4 – 8	Medianamente salino
8 – 16	Fuertemente salino

2.6.2. Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)

La concentración en Na se puede medir bien en la solución del suelo o bien en el complejo de cambio. En el primer caso se denomina razón de adsorción de sodio (RAS) y en el segundo hablamos del porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

En los suelos es muy importante determinar qué tipo de cationes predominan en el complejo adsorbente (si es el Ca⁺⁺ o por el contrario el Na⁺). El porcentaje de Na⁺ respecto a los demás cationes adsorbidos se denomina porcentaje de sodio intercambiable (PSI). (<http://www.miliarium.com/Proyectos/SuelosContaminados/Manuales/Salinidadsuelos.asp>).

2.6.3. Reacción del Suelo (pH)

La reacción del suelo se mide a través del pH, el cual se expresa numéricamente como el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeno, el cual varía dependiendo de la cantidad de agua que contenga, por lo que se

debe hacer una disolución para su determinación (Cuadro 3). Éste afecta directamente la asimilación y disponibilidad de los nutrientes -Figura 2- (Ginés y Mariscal-Sancho, 2002).

Cuadro 3. Clasificación del pH de acuerdo con la escala Wilde.

pH	Calificación
<4.0	Extremadamente ácido
4.0 – 4.6	Muy fuertemente ácido
4.7 – 5.4	Fuertemente ácido
5.5 – 6.4	Moderadamente ácido
6.5 – 7.2	Neutro
7.3 – 7.9	Moderadamente básico
8.0 – 8.5	Fuertemente básico
≥ 8.5	Extremadamente básico

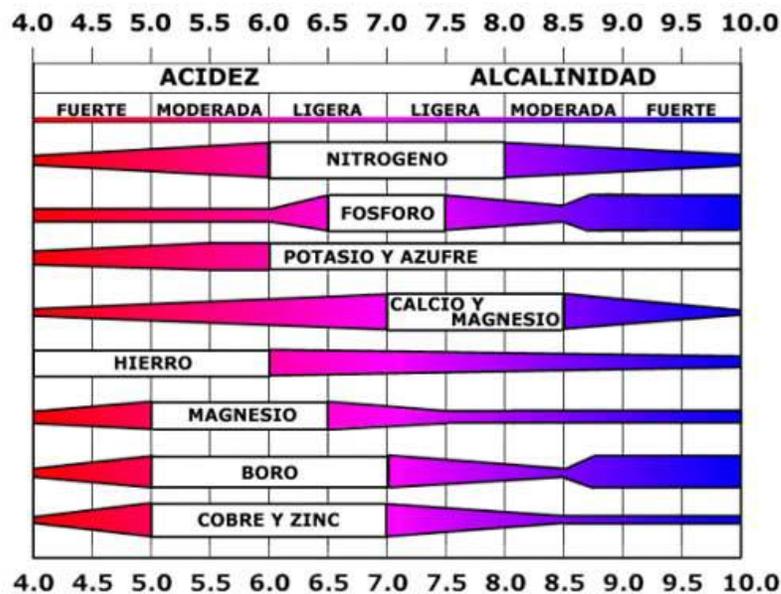


Figura 2. Influencia del pH sobre la disponibilidad de nutrientes “diagrama de Trog”.

2.7. Clasificación de los Suelos Salinos

Los suelos salinos y los sódicos son usualmente clasificados como suelos afectados por las sales (Fitzpatrick *et al.*, 1994). El Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de Norteamérica (USSLS, 1954) desarrolló su sistema para propósitos de recuperación de suelos afectados por sales, basado fundamentalmente en la conductividad eléctrica del extracto de la pasta del suelo saturado (CE) el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y el pH de la pasta del suelo saturado (pH). El sistema presenta tres categorías de salinidad más el suelo normal:

2.7.1. Suelo Normal

CE < 4 dS.m⁻¹, PSI < 15 y pH entre 6.5 y 7.5, no presenta problemas de concentración salina.

Presentan buena permeabilidad, aireación aceptable, buena estructura, en general son buenos suelos para la agricultura.

2.7.2. Suelo Salino

CE > 4 dS.m⁻¹, PSI < 15 y pH < 8.5, donde las sales predominantes son cloruros y sulfatos, y el ion sodio representa menos del 50 por ciento de los cationes solubles.

Presenta costras blancas en la superficie en los periodos de menor humedad, se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales formadas por calcio y magnesio, y la ausencia significativa de sodio intercambiable. Corresponden a los Solonchak de acuerdo a la clasificación de la FAO.

2.7.3. Suelo Salino-Sódico

CE > 4 dS.m⁻¹, PSI > 15 y pH > 8.5, dominan el cloruro y el sulfato de sodio.

Se forman por procesos combinados de salinización y acumulación de sodio, cuando tienen exceso de sales son similares a los suelos salinos y mantienen floculadas sus partículas, pero cuando se presenta un exceso de sodio intercambiable, éste se hidroliza para formar hidróxido de sodio, el cual va a deflocular a las arcillas, haciéndose visibles manchas oscuras en la superficie del suelo.

La diferencia entre los suelos salinos y salino-sódicos, está en que los salino-sódicos se les debe de hacer un tratamiento químico antes de ser lavados, ya que si no se realiza, se convierten en suelos sódicos, los cuales son mucho más difícil de rehabilitar.

2.7.4. Suelo Sódico

CE < 4 dS.m⁻¹, PSI > 15 y pH > 8.5, en el cual el catión que prevalece en la solución es el sodio y la estructura del suelo es pobre.

Estos suelos son fácilmente identificados, ya que la materia orgánica se dispersa y deposita en la superficie, causando el ennegrecimiento con costras quebradizas, su permeabilidad es muy lenta y de escasa penetración radical dificultando el desarrollo de los cultivos.

De todos los suelos, los sódicos son los más alcalinos y de los alcalinos, los más difíciles de corregir.

Villafañe (2000) menciona a Van Hoorn y Van Alphen (1994) quienes plantean una calificación de los suelos afectados por sales, que toma en cuenta la tolerancia de los cultivos. Dicho planteamiento se resume en el Cuadro 4 y está basado en la escala de salinidad señalada por el USSLS (1954) respecto de la tolerancia de los cultivos a las sales.

Cuadro 4. Calificación de los suelos según la tolerancia de los cultivos a las sales (Adaptado de Van Hoorn y Van Alphen, 1994).

Categorías	CE e promedio (mmho.cm²)	Características
No salino	<2	Ningún cultivo es afectado
Ligeramente salino	2 - 4	Afectado los cultivos sensibles
Salino	4 - 8	Afectados muchos cultivos
Fuertemente salino	8 - 16	Posible sólo cultivos tolerantes
Extremadamente salino	>16	Muy pocos cultivos son posibles

Además de la clasificación anterior, existen varios procedimientos para clasificar los suelos afectados por sales, de los cuales destacan: el propuesto por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de Norteamérica (USSLS, 1954), el soviético (Kovda y Szaboles, 1979), el australiano (McIntyre, 1979), el sugerido por Pla (1985), el propuesto por la FAO-UNESCO (FAO, 1988), el planteado por Van Hoorn y Van Alphen (1994), el expuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica en la taxonomía de suelos (USSCS, 1994) y el indio (Chabra, 1996), todos ellos descritos por Villafañe (2000).

En el Cuadro 5 (Alcaraz, 2008) y la Figura 3 (Bolívar, 2012) se muestra el proceso de ensalitramiento de los suelos.

Cuadro 5. Procesos de formación de suelos salinos (Alcaraz, 2008).

Proceso	Características
Salinización	Acumulación de sales en el suelo
Alcalinización	Aparición de concentraciones elevadas de Na_2CO_3 o incluso NaCO_3H : pH >9
Sodificación	Por lavado de Na de cambio es arrastrado y sustituido por H^+ y Al^{3+} , disminuye pH, ilimerización de arcillas y pérdida estructural

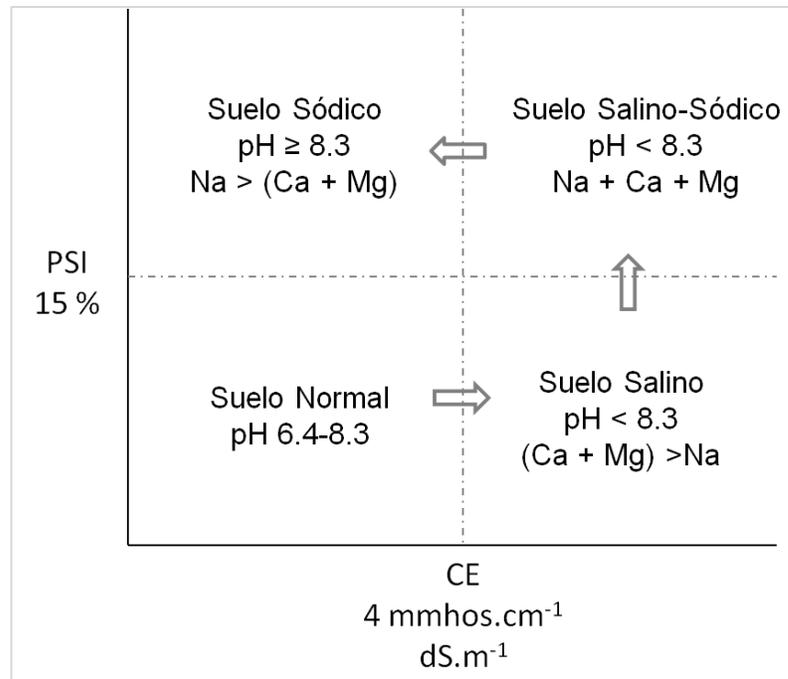


Figura 3. Clasificación de suelo y proceso normal de ensalitramiento (Bolívar, 2012).

2.8. Efecto de las Sales sobre los Cultivos

Las sales disueltas en la solución del suelo afectan a las plantas a través de dos mecanismos diferentes: mediante un aumento de la presión osmótica y por su efecto tóxico. A medida que aumenta la concentración salina de la solución del suelo, aumenta su presión osmótica y llega un momento en que las raíces de las plantas no tienen la fuerza necesaria para contrarrestar esa presión osmótica y, en consecuencia, no absorben el agua necesaria del suelo (Cisneros, 2003).

El efecto de la salinidad sobre el desarrollo y productividad de los cultivos depende, en primer lugar, del tipo de iones presentes, así como de su concentración (Shannon y Grieve, 1999) y en segundo lugar, de aspectos

relacionados con el cultivo, como por ejemplo su tolerancia a la salinidad y el estado de crecimiento de la planta al momento de sufrir el estrés (Shannon, 1992 y Azevedo-Neto *et al.*, 2005).

En cualquier caso, el proceso de salinización aumenta la concentración de algunos iones que pueden resultar tóxicos para las plantas o que pueden provocar desequilibrios en el metabolismo de nutrientes. Además, en suelos sódicos la destrucción de la estructura puede favorecer el sellado y encostramiento del suelo y la disminución de la conductividad hidráulica (Porta *et al.*, 2003).

La mayoría de las plantas de importancia agrícola en México son sensibles a la salinidad, y su producción se ve significativamente reducida cuando se cultivan en suelos salinos (Bronwyn *et al.*, 2007)

2.8.1. Tolerancia a la Salinidad

Algunas plantas pueden cultivarse en suelos salinos, todo depende del grado de sensibilidad a la salinidad de los diferentes cultivos. Las plantas, en suelos salinos deben de mantenerse con una humedad edáfica más elevada que la necesaria en los suelos normales; se añade la tensión del agua en el suelo e incrementa el contenido hídrico del mismo en el punto de marchitamiento. Desgraciadamente la capacidad de campo no puede aumentarse y, en consecuencia, la capacidad de retención de agua útil de los suelos salinos es más baja (Thompson y Troeh, 2002). Ortiz y colaboradores (2007) mencionan que las plantas realizan una adaptación osmótica que les

permite seguir absorbiendo agua, pero que requiere un consumo energético que se realiza a costa de un menor crecimiento. Así mismo, Esparteco (1996) clasifica a los cultivos de acuerdo a su tolerancia (Cuadro 6).

La utilización de especies y genotipos tolerantes a las sales, permite alcanzar rendimientos adecuados con mínimas alteraciones del suelo, reduciendo el riesgo de incrementar su condición salina y aumentando el potencial económico de áreas agrícolas, cuyo uso es limitado por el exceso de sales (Shannon, 1992; Tester y Davenport, 2003). La información referente al grado de tolerancia durante las distintas fases de crecimiento de la planta, permite comprender el comportamiento del cultivo y establecer un manejo agronómico más adecuado bajo condiciones salinas (Shannon y Grieve, 1999).

2.8.2. Plantas Indicadoras

Las plantas varían su tolerancia a un suelo salino o sódico según la especie, variedad, edad y otras condiciones de crecimiento. Se recomienda el uso de plantas nativas como indicadoras de la presencia de salinidad o sodicidad en un suelo (USDA, 1982).

Continuamente se concentran esfuerzos para comprender las implicaciones que tiene el estrés salino en las plantas y establecer alternativas que aminoren su impacto negativo sobre los cultivos (Pitman y Läuchli, 2002).

Cuadro 6. Grados de tolerancia al estrés salino de algunos cultivos importantes (Esparteco, 1996).

Cultivo	NaCl para bajar 50% de producción	Cultivo	NaCl para bajar 50% de producción
Tolerantes		Moderadamente tolerantes	
Algodón		Olivo	
Cebada		Pasto Inglés	0.14
Remolacha	0.2	Sorgo	
		Soya	
		Trigo	
Moderadamente sensibles		Sensibles	
Alfalfa		Aguacate	
Arroz		Almendro	
Cacao		Cebolla	
Caña de azúcar		Ciruelo	
Espinaca		Fresa	
Lechuga	0.08	Frijol	0.04
Maíz		Limón	
Papa		Manzano	
Pepino		Naranja	
Pimiento		Zanahoria	
Rábano			
Tomate			

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la Zona de Estudio

La descripción es de acuerdo al Prontuario de información municipal de los Estados Unidos Mexicanos (INEGI, 2009) correspondiente al municipio de Cuatrociénegas, Coah.:

3.1.1. Localización

El municipio de Cuatrociénegas se localiza en el centro del Estado de Coahuila, en las coordenadas Longitud $102^{\circ}59'10''W$ y Latitud $26^{\circ}59'10''N$ (Figura 4), con una altitud de 740 msnm.



Figura 4. Localización del municipio de Cuatrociénegas, Coah.

3.1.2. Clima

Muy seco semicálido (63 por ciento), seco semicálido (17 por ciento), seco templado (14 por ciento), semiseco templado (4 por ciento) y muy seco muy cálido y cálido (2 por ciento), con temperaturas que oscilan entre 12 y 22°C, teniendo precipitaciones que varían de 100 a 600 mm anuales. Considerándose uno de los humedales de mayor prioridad dentro del Desierto Chihuahuense.

3.1.3. Fisiografía

Cuatrociénegas se encuentra dentro de la región del altiplano septentrional distinguido por sus ecosistemas desérticos, animales y plantas endémicas. Es un pequeño valle intermontañoso situado entre las dos cadenas montañosas más grandes de México, al Este de la Sierra Madre Oriental y al Oeste de la Sierra Madre Occidental (Marsh, 1984). La humedad que proviene tanto del Golfo de México como del océano Pacífico es bloqueada por los cuerpos montañosos dando origen al ecosistema desértico (Guajardo, 1994).

3.2. Metodología Aplicada

El trabajo comprendió de dos etapas: trabajo de campo y de laboratorio las cuales se describen a continuación:

3.2.1. Trabajo de Campo

3.2.1.1. Sitios de Muestreo

La ubicación de los sitios o puntos de muestreo se realizaron con la ayuda de una estación total con una distancia de 50 m entre cada punto (Figura 5) dando una superficie de 3.81 ha y para poder realizar la georreferenciación del mapa, se marcó cada punto con el GPS (ANEXO A).

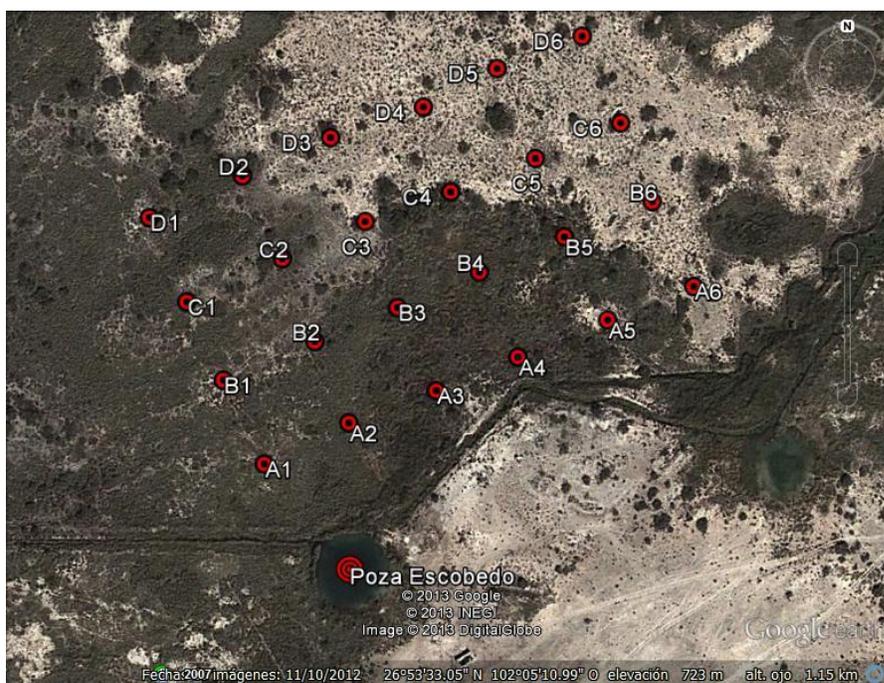


Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo

3.2.1.2. Muestreo de Suelo

Éste se realizó con barrena holandesa tipo abierta utilizando el método sistemático a una profundidad de 2 m, haciendo la descripción del suelo por horizontes.

Las muestras de suelos previamente recolectadas durante el levantamiento fueron llevadas al asoleadero para su preparación y de ahí al Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje.

3.2.2. Trabajo de Laboratorio

3.2.2.1. Determinación de los Parámetros de Salinidad

Una vez secas y tamizadas las muestras de suelo recolectadas fueron saturadas para obtener el extracto de saturación para al cual se le realizaron los siguientes análisis químicos: pH, CE, cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^{+}) y aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-} y SO_4^{2-}).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Salinidad

Con los datos de salinidad que resultaron del análisis químico de las muestras (Anexo B) se calculó el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) para así poder hacer la clasificación del suelo de cada punto muestreado.

4.2. Elaboración de Planos

Una vez teniendo los resultados del laboratorio y hecho los cálculos correspondientes se procede a realizar los planos de isosalinidad, isosodicidad y clasificación de suelo con la ayuda de diferentes software como: Google Earth, Surfer 10 y AutoCAD 2014.

4.2.1. Planos de Isosalinidad

Con los resultados de CE de cada uno de los horizontes de los sitios de muestreo se elaboraron los planos por Salinidad Analizada como se muestra en la Figura 6.

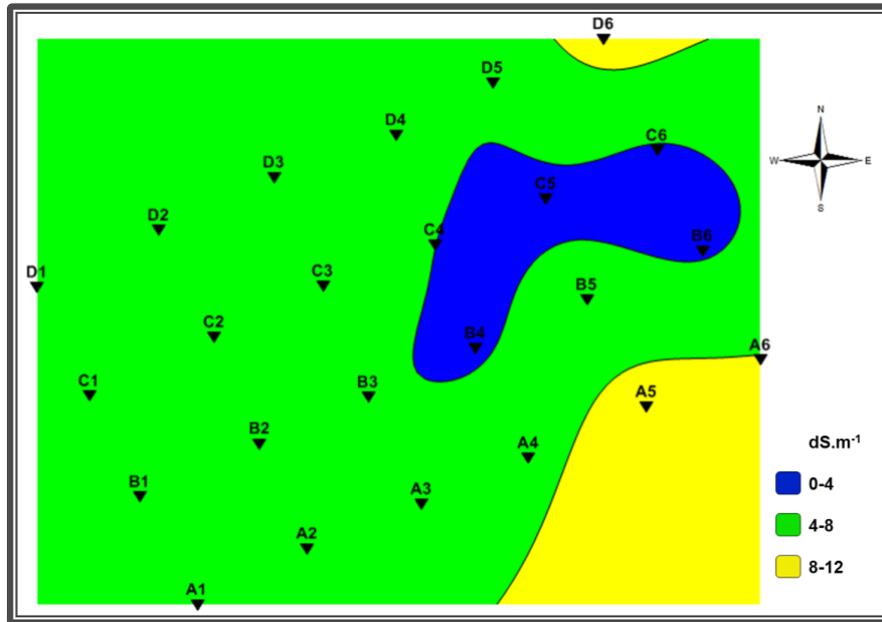


Figura 6. Plano de salinidad analizada.

En el plano anterior nos muestra la distribución de salinidad del primer horizonte (superficial) en el cual se tiene un área de 5730 m^2 de suelo con una conductividad menor a 4 dS.m^{-1} (15.03 por ciento del total), el 81.66 por ciento de la zona analizada está dentro del rango de 4 a 8 dS.m^{-1} y solo el 3.31 por ciento del terreno muestra valores por arriba de 8 dS.m^{-1} pero menores a 12.

En el siguiente plano (Figura 7) se muestra el segundo horizonte la distribución de las sales en el terreno, teniendo un área de 6.36 m^2 que va de 0 a 4 dS.m^{-1} , presentándose en su mayoría un suelo con rango de entre 4 a 8 dS.m^{-1} con un 91.51 por ciento del total de la superficie y solo un 8.47 por ciento con niveles entre 8 y 12 dS.m^{-1} .

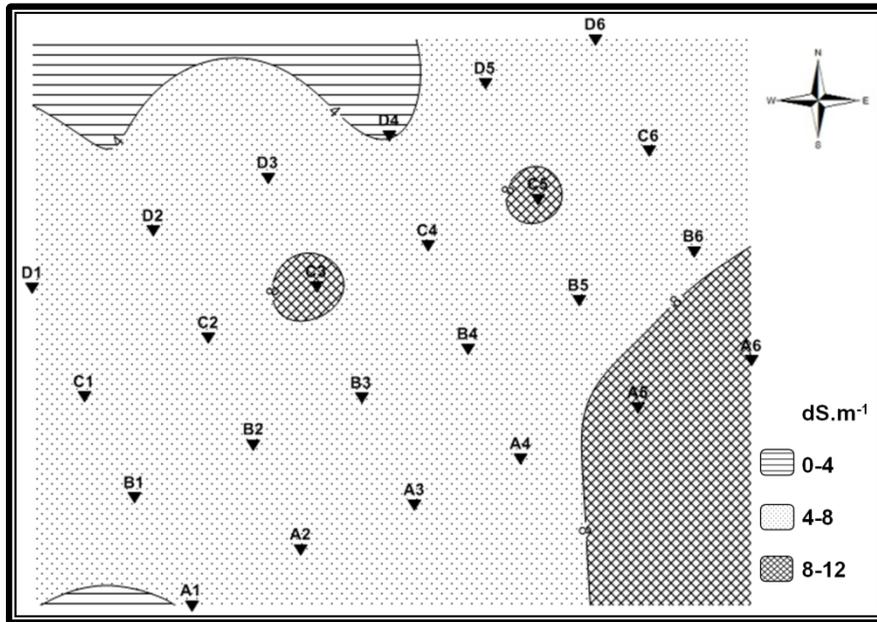


Figura 7. Plano de Salinidad Analizada (segundo horizonte).

4.2.2. Planos de Isosodicidad

Con el cálculo del PSI se realizaron los planos de sodicidad analizada de los dos horizontes (Figuras 8 y 9) en ellos se puede observar que no hay afectación de sodio, ya que ningún horizonte mostró resultados mayores a 15 por ciento en ninguno de los sitios de muestreo.

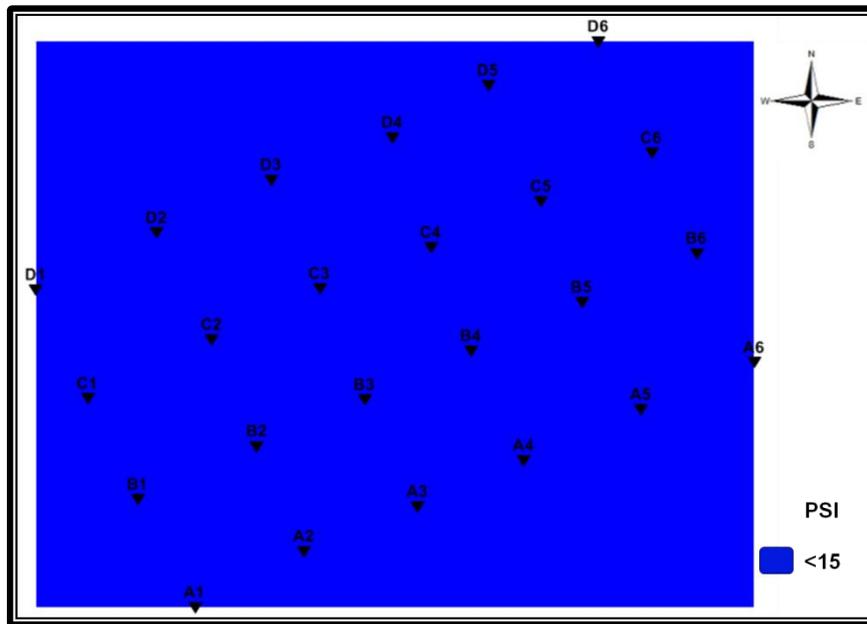


Figura 8. Plano de sodicidad.

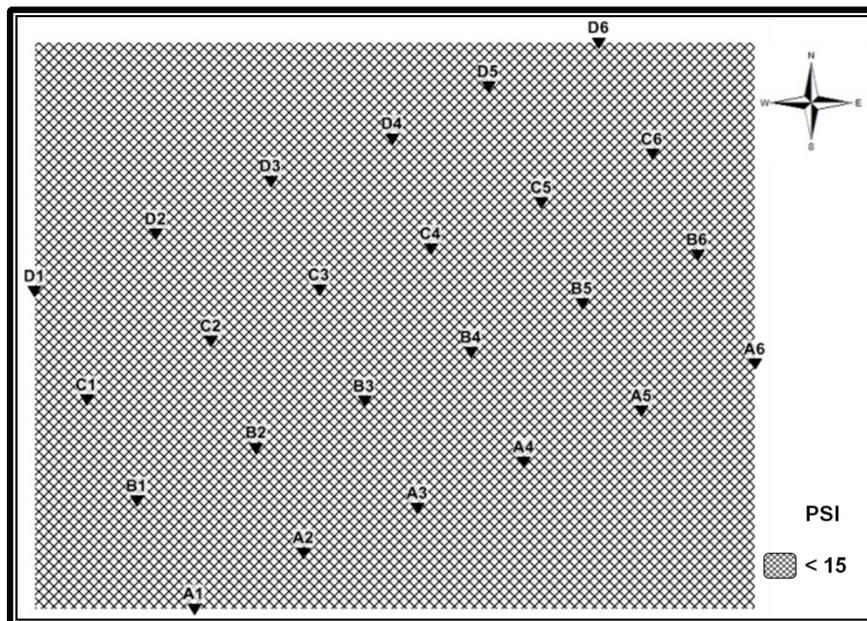


Figura 9. Plano de sodicidad (segundo horizonte).

4.2.3. Planos de Clasificación de Suelo

La clasificación del suelo se hizo de acuerdo a los criterios mencionados por Bolívar (2012) mostrando los resultados de los análisis en la tabla que se muestra en el Anexo C.

En el plano de la Figura 10 se puede observar que solo se tienen dos tipos de suelo, normal y salino. El suelo normal consta de un área de 1.64 ha lo cual representa un 43.09 por ciento, mientras que el 56.91 por ciento (2.16 ha) corresponde a suelo salino.

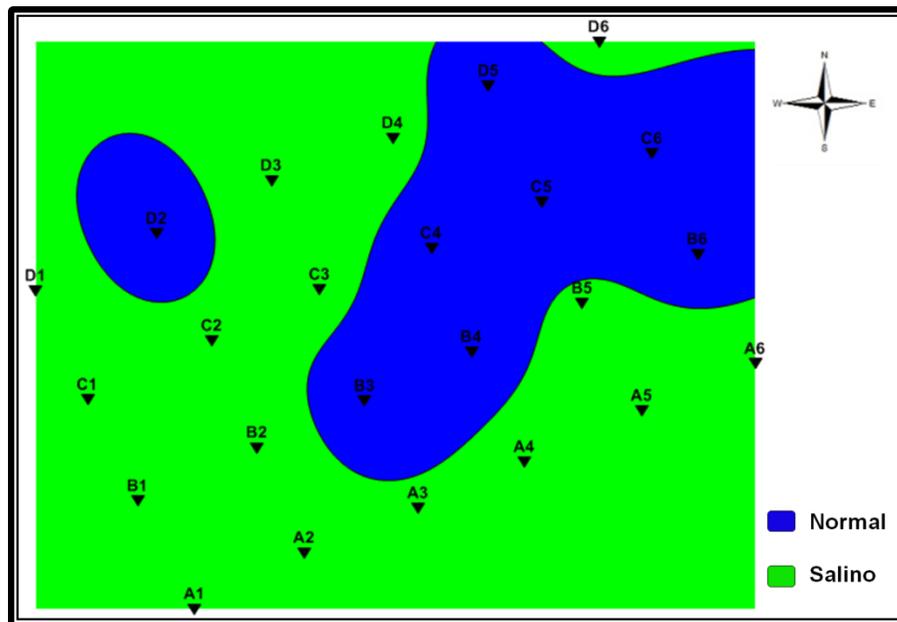


Figura 10. Plano de clasificación del suelo

El plano de clasificación para el horizonte subsuperficial se muestra en la Figura 11 donde el suelo normal da una superficie de 1.03 ha (27.2 por ciento) mientras que el salino abarca el 72.8 por ciento (2.77 ha) de la zona muestreada (3.8 ha).

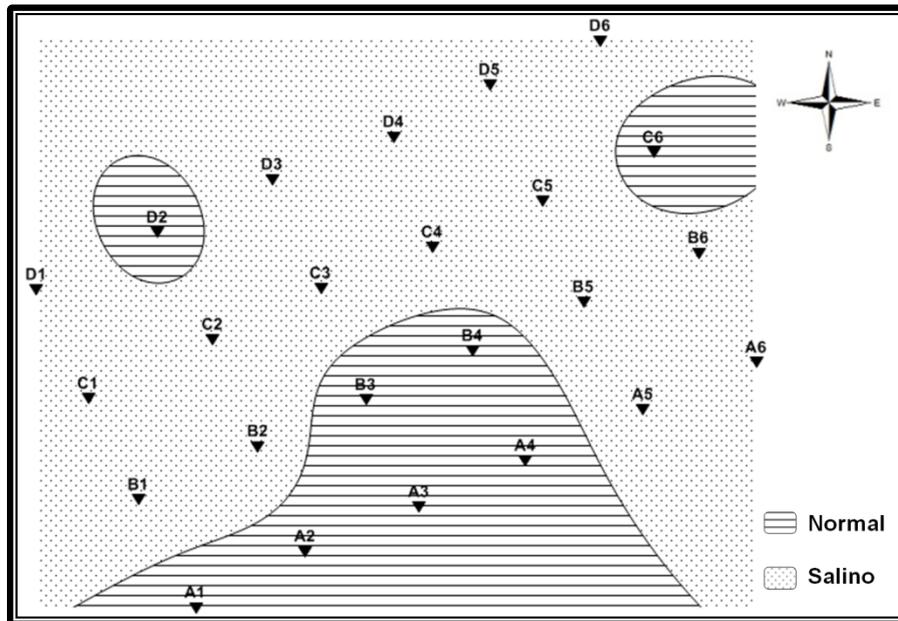


Figura 11. Plano de clasificación de suelo (segundo horizonte).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el área de estudio domina el suelo salino en los horizontes superficiales, ya que representa 56.91 por ciento de la superficie total.
- Los horizontes subsuperficiales también se clasifican como salinos.
- En los resultados de los análisis del suelo se observa que existe mayor cantidad de Mg que de Ca, lo que indica que el origen de la salinidad es marino.
- Se recomienda que en área clasificada como suelo normal, se establezca un cultivo que sea remunerativo.
- Se recomienda monitorear periódicamente el contenido de sal en el suelo, para conocer el comportamiento del ensalitramiento en cuanto al área afectada.
- Dado que es una zona protegida no es susceptible de alterar el terreno.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F. 2008. La Salinidad. Geobotánica: tema 18. Universidad de Murcia, España.
- Azevedo-Neto, A., Prisco, J., Enéas-Filho, J. Medeiros, J. Y E. Gomes-Filho. 2005. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology* 162: 1114-1122.
- Azua L. Francisco G. 1978. Determinación de la salinidad y sodicidad del suelo en el área de irrigación del campo experimental de Marín, N. L. "FAUANL". Monterrey, N. L. México.
- Blair, E. 1963. Manual de riegos y avenamientos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Lima, Perú.
- Bohn, Hinrich L., McNeal, Brian L., O'Connor, George A. 2001. Soil Chemistry. Tercera. Ed. John Wiley & Sons, Inc. EUA.
- Bolívar D. M. 2012 Apuntes de Suelos Salinos y Sódicos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dpto. de Riego y Drenaje.
- Bronwyn J. B., Vera-Estrella R., Balderas E. y Pantoja O. 2007 Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. *Biotecnología* Vol. 14 263-272
- Casas R. A. 2000 La Conservación de los Suelos y la Sustentabilidad de los Sistemas Agrícolas. Disertación acto entrega premio Antonio Prego.

- Castro, L. I. 2011. Caracterización de las aguas y suelos de la red hidrográfica Zumpango-Ixmiquilpan-Zimapán, Estado de Hidalgo, México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, México, 196p.
- Cepeda D. Juan M. 1991. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Ed. Trillas, México. (reimp. 2009).
- Cisneros, A. R. 2003. Apuntes de la materia de Riego y Drenaje. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. pp 118
- Cortés L. Ever G. 1994. Salinidad de los suelos en el distrito de riego 026 bajo Rio San Juan. Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L.
- De la Peña, I. 1980. Salinidad de los Suelos Agrícolas. Su Origen, Clasificación, Prevención y Rehabilitación. Boletín Técnico No. 10. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). México.
- Esparteco G., J. 1996. Caracterización molecular de la S-Adenosilmetionina sinteasa y de la Glixalasal de *Lycopersicon esculentum*. Análisis de su respuesta a estrés salino. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, España.
- Fassbender, H. W. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2da. Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica.

- Feuchter, A.F.R. 2000. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos. Diez acciones propuestas de Bioingeniería sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo Centro regional Universitario del Noreste. Cd. Obregón, Sonora, Mex.
- Fitzpatrick, W. R., Boucher S. C., Naidu R. y Fritsch E. 1994. Environmental consequences of soil sodicity. *Australian Journal Soil Research*. 32: 1069-1093.
- Ginés, I. y Mariscal-Sancho, I. 2002. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. Fertiberia S. A.
- Guajardo, R.F. 1994. Levantamiento Edafológico del Valle de Cuatrociénegas, Coahuila. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo Coahuila, México. p1-26
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2009. Prontuario de información municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Cuatro Ciénegas, Coahuila de Zaragoza, México. Clave geoestadística 05007.
- Manzano B., J. I. 2012. Utilización de Metodologías Químicas y Físicas para la Recuperación y Manejo de Suelos Salino – Sódicos. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. 20 p.
- Marschner H. 1999. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd edition. Academic Press, London. 889 pp.

- Marsh, P. C. 1984. Biota of Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*. Arizona U.S.A. Vol. 19(1)
- Moreno O., C. A. 1986. Los levantamientos agrológicos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Ortiz B. I., Sanz G. J., Dorado V. M. y Villar F. S. 2007. Técnicas de recuperación de suelos contaminados. *Vigilancia Tecnológica* 6. Madrid, España.
- Otero, L., Alden, F., Galvez, V., Morales, R., Sánchez I., Labaur, M., Vento, M., Cintra, M. y Rivero, L. 2007. Caracterización y evaluación de la salinidad.
- Pitman M. y A. Läuchli. 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. En: *Salinity: Environment – Plant – Molecules*. A. Läuchli y U. Lüttge. Kluwer (eds.). Academia Publishers. Netherlands. p. 3-20.
- Porta C, J., Lopez-Acevedo, M. y Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ra. Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 731.
- Porta C. J. y Lopez-Acevedo R. M. 2005. *Agenda de campo de suelos, Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa
- Shannon, M. 1992. The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. *Proceeding Plant Stress in Tropical Environment* p. 56-63

- Shannon, M. y Grieve. C. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulture* 78: 5-38.
- Tejada, M., García, C., González, J. L., and Hernández, M. T. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (6): 1413-1421.
- Tester M. Y R. Davenport. 2003. Na⁺ tolerant and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany* 91: 503-527.
- Thompson, L. M. y Troeh, F. R. 2002. Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición, Ed. Reverté. España. Pp 251-252.
- USDA 1982. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa, México.
- Villafañe, Roberto. 2000. Calificación de los suelos por sales y dispersión por sodio y su aplicación en la evaluación de tierras. *Agronomía Tropical* 50(4): 645-658.

ANEXO A

Coordenadas UTM

Pozo	X	Y
A1	789367.98	2977596.36
A2	789413.68	2977619.81
A3	789461.13	2977638.46
A4	789505.49	2977657.83
A5	789554.40	2977679.16
A6	789601.64	2977698.72
B1	789344.27	2977641.51
B2	789393.98	2977663.72
B3	789438.87	2977683.27
B4	789483.37	2977703.66
B5	789529.58	2977724.09
B6	789577.56	2977744.49
C1	789323.31	2977683.72
C2	789375.15	2977708.42
C3	789420.10	2977729.75
C4	789466.56	2977747.02
C5	789512.67	2977766.38
C6	789558.73	2977786.60
D1	789301.72	2977729.23
D2	789352.12	2977753.17
D3	789399.96	2977775.31
D4	789450.56	2977793.04
D5	789490.47	2977814.81
D6	789536.57	2977833.26

ANEXO B



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Departamento de Riego y Drenaje
Laboratorio de Calidad de Aguas y Fertilidad de Suelo



Pozo	Prof.	pH	CE dS.m ⁻¹	Mg meq.l ⁻¹	Ca meq.l ⁻¹	Na meq.l ⁻¹	CO ₃ meq.l ⁻¹	HCO ₃ meq.l ⁻¹	Cl meq.l ⁻¹	SO ₄ meq.l ⁻¹
A1	0-13	7.49	10.13	117.6	21.6	61.5	3	5	55	160.19
	13-27	7.57	7.44	97.2	20.4	54.62	2	3	35	119.88
	27-54	7.48	3.77	37.2	22.8	18.87	1.8	2	14	61.1
	54-81	7.57	3.53	48.0	21.6	18.5	1.8	2	12	56.75
	81-145	7.40	3.10	38.4	21.6	13.13	1.7	2	10	51.64
	145-206	7.63	3.78	54.0	20.4	18.75	1.7	2	8	57.81
A4	0-14	8.31	8.58	84.0	3.0	59.1	0.75	6.2	42.5	97.7
	14-25	7.92	7.02	79.5	3.0	52.7	0.75	6.2	35	90.7
	25-41	8.04	4.85	64.5	1.5	16.5	0.62	6.2	31.2	40.2
	41-73	8.18	3.48	51.0	1.5	14.9	0.62	3.7	12.5	50.2
	73-116	8.13	3.31	55.55	1.5	14.2	0.5	3.7	10	54.4
	116-165	8.10	3.73	64.5	1.5	15.2	0.5	3.7	12.5	51.2
A5	0-14	8.23	19.14	321.0	4.5	65.1	1.62	8.7	70	386.5
	14-27	8.05	10.54	139.5	4.5	64.6	1.12	6.2	35	163.3
	27-47	8.35	12.04	160.5	4.5	66.9	1	5	37.5	208.2
	47-61	8.35	7.98	106.5	3.0	54.3	0.87	5	23.7	127.4
A6	0-32	8.44	7.61	111.0	6.0	53.5	1.1	5	25	128.6
	32-44	8.31	8.49	112.5	7.5	59	1	5	31.2	145.2
	44-76	8.05	12.7	178.5	7.5	67	3.5	7.5	58.7	208.5
	73-93	8.51	8.90	159.0	6.0	58.4	2.6	6.2	37.5	128

...Continuación

	93-111	8.71	5.75	78.0	4.5	35.9	1.1	3.7	25	82.9
	111-135	8.44	8.57	96.0	4.5	59.1	2.3	5	47.3	128.6
B1	0-24	8.37	10.12	121.2	22.8	61	2.9	4	32	164.33
	24-30	8.20	7.03	82.8	18.0	50.75	2.1	3	20	114.77
	30-52	8.10	4.15	50.4	18.0	21.91	1.9	2	14	57.16
	52-84	8.08	4.33	67.2	19.2	23.65	1.9	2	14	67.86
	84-102	7.40	4.18	66.0	20.4	21.95	2	4	19	69.36
	102-192	7.59	3.01	31.5	28.8	13.05	1.3	3	9	53.03
B2	0-19	7.63	15.06	217.2	22.8	75.16	3.8	5	68	166.8
	19-46	7.99	6.38	94.8	18.0	48.1	2.8	4	24	103.43
	16-70	8.16	5.59	76.8	24.0	42.2	2.6	4	22	91.33
	70-90	7.58	5.66	81.6	20.4	42.26	2.6	3	22	95.39
	90-123	7.39	6.87	82.6	22.8	52.71	2.7	5	29	114.98
	123-200	7.47	7.41	72.0	22.8	54.6	3	5	38	107.03
B3	0-42	7.71	5.08	48.0	20.4	37.19	2.5	4	19	78.99
	42-51	7.58	3.84	51.6	24.0	19.1	2	2	13	61.24
	51-62	7.56	3.19	33.6	26.4	13.2	1.9	3	12	52.36
	62-123	7.57	2.67	22.8	27.6	12.83	1.2	2	8	50.2
	123-200	7.58	2.53	30.0	24.0	12.5	1.3	3	6	52.69
B4	0-45	8.15	4.71	66.0	3.0	27.4	0.8	2.5	17.5	81.2
	45-91	8.07	2.70	43.5	4.5	6.6	0.8	2.5	7.5	62.5
	91-110	7.92	3.35	58.5	4.5	14.3	1.5	2.5	6.2	71.8
	110-192	8.06	3.24	55.5	4.5	14.2	1.3	2.5	6.2	59.6
	192-254	6.48	3.42	55.5	12.0	14.3	1.25	6.2	10	85.3
B5	0-28	7.16	19.24	343.5	16.5	65.2	3.1	12.5	87	400.4
	28-56	7.22	5.91	82.5	15.0	37.3	1.3	6.2	15	97.7

...Continuación

B6	22-27	7.25	2.59	54.0	7.5	2.3	1.1	6.2	7.5	47.3
C3	0-55	7.39	2.54	28.8	25.2	12.53	2.4	4	3	54.92
	55-90	7.60	7.72	90.0	24.0	54.75	2.5	5	28	138.97
	90-120	7.57	10.68	112.8	26.4	63.75	2.6	6	58	218.4
C4	0-30	7.27	3.47	66.0	9.0	14.9	1	5	11.2	63.6
	27-83	7.24	3.63	64.5	7.5	13.9	1.5	6.2	10	65.2
		7.40	5.41	82.5	7.5	30.4	1.1	6.2	18.7	89.3
C5	0-19	7.34	2.99	72.0	0.6	4.2	1.2	7.5	11.2	54.3
	19-53	7.35	3.74	61.5	0.6	15.2	1.3	6.2	15	56.2
	53-86.5	6.84	8.03	135.0	7.5	14.8	2.3	7.5	26.2	163.3
	86.5-103	7.43	11.72	264.0	15.0	68.9	3.2	10	36.2	22.9
C6	0-36	7.61	2.64	49.5	7.5	2.4	1.75	6.2	8.7	56.12
	36-55	7.95	2.56	52.5	7.5	2.3	1.8	7.5	8.7	51.49
	55-66	7.91	3.09	52.5	6.0	4.2	1.75	6.2	11.5	53.89
D1	0-42	8.23	9.94	172.5	13	70.4	2.75	8.7	56.2	225.7
	42-49	8.07	5.24	88.5	9.0	44.5	1.5	7.5	20.4	105.12
	49-85	7.74	3.02	57.0	6.0	4.2	1.25	6.2	12.5	12.14
	85-168	8.11	5.68	87.0	7.5	44.6	1.12	5	22.5	104.1
D2	0-30	8.27	9.47	193.5	9.0	73.2	3.5	10	56.2	218.91
	30-77	7.83	3.58	84.0	6.0	4.5	2	5	20	72.4
	131-201	8.01	3.32	73.5	7.5	14.3	1.75	5	17.5	70.1
D3	0-30	7.93	3.03	82.5	7.5	4.25	2.3	7.5	12.5	62.4
	30-77	8.48	8.02	156.0	9.0	68.71	1.75	6.25	37.5	169.9
		7.99	6.29	112.5	7.5	58.5	7.87	6.25	32.5	132.4
D4	0-25	8.31	5.18	84.0	6.0	44.5	2	6.25	48.7	82.3
D5	0-30	8.06	3.51	75.0	6.0	14.5	2	6.25	18.7	71.7

...Continuación

	30-	8.08	4.90	93.0	6.0	28	2.25	5	25	90.3
D6	0-45	8.58	11.54	261.0	9.0	68.05	3	7.5	78.7	257.5
	45-	8.45	6.83	97.5	7.5	38.9	2.3	5	42.5	118.8

ANEXO C

Clasificación del Suelo

Pozo	pH	CE	PSI	Clasificación
A1	7.57	7.44	8.46	Salino
	7.48	3.77	3.68	Normal
A4	7.92	7.02	9.78	Salino
	8.18	3.48	2.94	Normal
A5	8.05	10.54	9.07	Salino
	8.35	12.04	8.76	Salino
A6	8.31	8.49	9.07	Salino
	8.05	12.70	8.25	Salino
B1	8.20	7.03	8.50	Salino
	8.08	4.33	4.09	Salino
B2	7.99	6.38	7.57	Salino
	7.47	7.41	9.45	Salino
B3	7.58	3.84	3.22	Normal
	7.56	3.19	2.45	Normal
B4	8.07	2.70	0.72	Normal
	6.48	3.42	2.50	Normal
B5	7.16	19.24	5.58	Salino
	7.22	5.91	6.21	Salino
B6	7.25	2.59	0.65	Normal
C3	7.60	7.72	8.62	Salino
	7.57	10.68	9.10	Salino
C4	7.24	3.63	2.11	Normal
	7.40	5.41	5.15	Salino
C5	7.35	3.74	2.69	Normal
	7.43	11.72	6.84	Salino
C6	7.95	2.56	0.64	Normal
	7.91	3.09	0.11	Normal
D1	8.07	5.24	7.53	Salino
	8.11	5.68	7.67	Salino
D2	7.83	3.58	0.27	Normal
	8.01	3.32	2.01	Normal
D3	8.48	8.02	9.01	Salino
	7.99	6.29	8.99	Salino
D4	8.31	5.18	7.86	Salino
D5	8.06	3.51	2.06	Normal
	8.08	4.90	4.41	Salino
D6	8.58	11.54	6.87	Salino
	8.45	6.83	6.24	Salino

