

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD PARA LOS PREDIOS
“OMBLIGO DE PILO”, EJIDO SANTA ELENA Y “EL COYOTE”, EJIDO JUAN
DE LA CRUZ BORREGO, MUNICIPIO DE OCAMPO, COAH.**

Por:

ALDORIS EGLAIM RAMÍREZ PÉREZ

TESIS

Presentado Como Requisito Parcial Para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD PARA LOS PREDIOS
"OMBLIGO DE PILO", EJIDO SANTA ELENA Y "EL COYOTE", EJIDO JUAN
DE LA CRUZ BORREGO, MUNICIPIO DE OCAMPO, COAH.

Por:

ALDORIS EGLAIM RAMÍREZ PÉREZ

TESIS

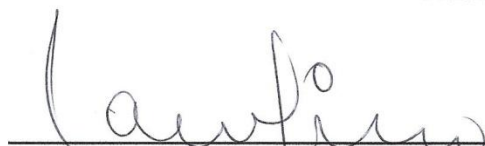
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:


Dra. Manuela Bolívar Duarte

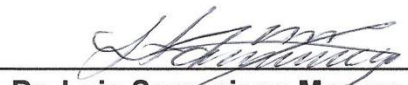
Asesor principal


Ing. Rolando A Sandino Salazar
Coasesor


M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos

Coasesor Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la División de Ingeniería


Dr. Luis Samaniego Moreno



Coordinación de
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2017

AGRADECIMIENTOS

A Jehová por brindarme la vida en este mundo espectacular, por darme la sabiduría necesaria para cumplir cada una de mis metas físicas y espiritualmente y sobretodo, forjarme la humildad, el amor y el respeto hacia cada una de las personas que me rodean.

A mi “Alma Terra Mater” por permitirme estar en cada una de sus instalaciones y poderme llevar conocimientos únicos de agricultura, por abrirme sus puertas durante el lapso de la carrera para proporcionarme las bases necesarias para que el día de mañana pueda formarme un futuro mejor y ser orgullosamente un profesional egresado de la “Narro”.

Al Departamento de Riego y Drenaje, por compartirme sus conocimientos y experiencias para formarme como un Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

A la Dra. Manuela Bolívar Duarte por brindarme sus conocimientos y enseñanzas durante dos semestres de la carrera. Por prestarme su tiempo, dedicación, paciencia y apoyo para la realización de este proyecto de tesis.

A mis Coasesores el Ing. Rolando Alfredo Sandino Salazar y al M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos por prestarme su tiempo en la revisión y corrección de este proyecto.

A la Lic. Socorro Mireles Vázquez y a la Bio. Silvia Guerrero Martínez por ayudarme en la determinación de los parámetros de salinidad de las diferentes muestras de suelo en la realización del trabajo de laboratorio.

A mis maestros. Por aportarme sus conocimientos en cada una de sus materias. Gracias a ustedes pude recopilar información necesaria para llevar al campo laboral y poderlo aplicar como un buen profesionalista.

DEDICATORIAS

A Mis Padres. Por darme la vida y saberla vivir en este planeta. Este título se los dedico orgullosamente a ustedes por sus esfuerzos, preocupaciones y sobre todo por su apoyo. Al ejemplo a seguir, mi padre el, Sr. Santiago Leborio Ramírez Ortiz que siempre supo sacarnos adelante, muchas gracias papá por darme comida, techo, madurez, responsabilidades y educación. A la flor de la casa mi mamá la Sra. Bulmara Rosita Pérez Marroquín, gracias mamá por tus palabras, consejos, enseñanzas, cariño, amor, humildad y educación. Gracias a ustedes papás soy Ingeniero Agrónomo en Irrigación y siempre le pediré a Jehová que los siga cuidando aunque este lejos de ustedes.

A Mis Hermanos. Floridalma, Delmar, Colombia, Melquisila, Jesreel, Jilver, Abnner y al original Aldoris (+). Gracias a todos por darme su apoyo, consejos y por formar parte de mi vida. Y gracias a mi segunda mamá: Melqui, sí funcionaron tus regaños. Los quiero y que se la sigan pasando bien con su familia.

A Mis Cuñados y (as). Amerio, Joel, Adelfo, Hermitania, Aricela, Magdali y Cristabel. Por ser parte de mi familia, por darme su apoyo y por darme sobrinos que son como mis hermanitos.

A Mis Amigos (as). Dianer, Daniel, Zoe, Wilson, Diego, Rodiel, Felipe, Manuel, Eliver, Ojilver, Luis, Ariosto, Eulises, Adís, Rusey, Nemias, Rodolfo y Daniel Pérez, Yesenia, Elda, Enedelia, Yésica, Mariola, Elsa, Dominga y Silvia. Gracias camaradas por formar parte de mi educación y parte de mi vida por estar en las buenas y en las malas. Éxito a todos se les estima.

A Mi Novia Erika. Gracias a Tí, parte de esto fue posible por tu apoyo cuando no sabía qué hacer, por tu cariño y amor. Además de aceptar la distancia que nos separó y entender que esto es importante para mí. Eres la mejor amor “Te Amo Niña Bebé”

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
Palabras clave	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen de los Suelos Salinos	3
2.1.1. Causas Naturales.....	3
2.1.2 Causas Humanas.....	4
2.2. Clasificación de los Suelos Agrícolas de Acuerdo a su Grado de Salinización	5
2.2.1. Suelo Salino	6
2.2.2. Suelo Sódico.....	8
2.2.3. Suelo Salino-Sódico	10
2.3. Solución del Suelo.....	11
2.3.1. Sales Solubles en la Solución del Suelo Salino	12
2.4. Efecto de las Sales Sobre el Suelo	13
2.4.1. Permeabilidad.....	13
2.4.2. Infiltración	13
2.4.3. Degradación.....	14
2.5. Efecto de la Salinidad en los Cultivos	15
2.6. Tolerancia de los Cultivos a la Salinidad.....	17
2.7. Plantas Silvestres como Indicadoras de Salinidad	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Área de Estudio	21
3.1.1. Localización	21
3.1.2. Clima	22
3.1.3. Precipitación.....	23

3.1.4. Hidrografía.....	24
3.1.4.1. Escurrimiento Superficial.....	24
3.1.5. Tipo de Suelo.....	25
3.1.6. Población.....	26
3.2. Fases del Experimento.....	27
3.2.1. Fase de Campo.....	27
3.2.1.1. Delimitación.....	27
3.2.1.2. Muestreo de Campo.....	29
3.2.2. Fase de Laboratorio.....	29
3.2.2.1. Análisis Químico.....	30
3.2.3. Fase de Elaboración de Mapas e Interpretación de Datos.....	30
3.2.3.1. Análisis de Datos para la Elaboración de Mapas.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Planos.....	31
4.1.1. Planos de Isosalinidad Predio El Coyote.....	31
4.1.1.1. Plano de Clasificación del Suelo.....	34
4.1.2. Planos de Isosalinidad Predio Ombligo de Pilo.....	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
VI. LITERATURA CITADA.....	38
ANEXO A.....	45
ANEXO B.....	47
ANEXO C.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 2.1. Criterios de Clasificación de la Salinidad del Suelo en Función de su Conductividad Eléctrica.....	7
Cuadro 2.2. Clasificación de los Suelos de Acuerdo al Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI).....	9
Cuadro.2.3. Clasificación General de los Suelos de Acuerdo a sus Criterios e Índice de Salinidad (CE, PSI y pH).....	11
Cuadro 4.1. Determinación de Áreas Salinas del Primer Horizonte Según su Conductividad Eléctrica.....	32
Cuadro 4.2. Determinación de Áreas Salinas del Segundo Horizonte de Acuerdo con su Conductividad Eléctrica.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Paginas
Figura 3. 1. Localización Geográfica de los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo	22
Figura 3.2. Clima de los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo.....	23
Figura 3.3. Precipitación Anual de los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo	24
Figura 3.4. Escurrimiento Superficial del Predio el Coyote y Ombligo de Pilo ..	25
Figura 3.5. Tipo de Suelo de los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo.....	26
Figura 3.6. Delimitación del Predio el Coyote	28
Figura 3.7. Delimitación del Predio Ombligo de Pilo.....	28
Figura 4.1. Plano de Salinidad Analizada Predio el Coyote.....	32
Figura 4.2. Plano de Salinidad Analizada (Segundo Horizonte)	34
Figura 4.3. Plano de Clasificación del Suelo.....	35
Figura 4.4. Plano de Salinidad Analizada Predio Ombligo de Pilo.....	36
Figura 4.5. Plano de Salinidad Analizada (Segundo Horizonte)	36

RESUMEN

Uno de los problemas principales que afectan a la agricultura mexicana, es la salinidad de los suelos, afectando el desarrollo y la productividad de los cultivos, cuyo problema se empeora en la parte Norte del país debido a sus zonas áridas y semiáridas. Razones por la cual se llevaron a cabo los análisis de salinidad para los Ejidos Juan de la Cruz Borrego (Predio el Coyote) y Santa Elena (Predio Ombligo de Pilo) pertenecientes al Municipio de Ocampo, Coah.

La localización de los pozos se realizó mediante un modelo completamente al azar obteniendo muestras hasta 60 cm de profundidad, dividiéndola en dos horizontes de 0-30 y de 30-60 cm.

El objetivo principal de este proyecto fue determinar el grado de salinidad actual en los predios, mediante la clasificación de las muestras obtenidas de laboratorio y el análisis geoestadístico para la interpretación de las áreas afectadas en los indistintos planos de isosalinidad.

Se analizó un total de 3.435 ha para el Predio el Coyote en el cual se determinó que para el primer horizonte el 75.14 por ciento es salino, mientras que el 24.86 por ciento es normal. Para el segundo horizonte el 75.14 por ciento es salino y el 8.83 por ciento es normal. En cambio, el Predio Ombligo de Pilo sus 2.727 ha totales no presentan salinidad, en ambos horizontes.

Se concluyó que 2.984 ha son suelos salinos y 0.451 ha pertenecen a un suelo normal para ambos horizontes en el caso del Predio el Coyote. Para el predio Ombligo de Pilo fue clasificado como un suelo normal a su 100 por ciento total equivalente a 2.727 ha. No se presentaron problemas de sodicidad ya que los determinados pH de ambos predios son inferiores a 8.5 dS/m.

Palabras clave: Zonas Áridas, Ejido, Predio, Suelos Salinos, Suelos Sódicos

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la salinidad de los suelos es un gran problema a seguir, ya que es un factor que limita las actividades agrícolas, sin importar que sean pequeñas o grandes áreas de tierra, lo que genera que haya disminución en la productividad de los suelos y en el rendimiento de los cultivos.

Cabe mencionar que es un problema mundial, nacional en México y regional en el centro y Norte del país. El problema se agudiza en las zonas áridas y semiáridas, donde los suelos presentan drenaje deficiente y alta evaporación.

Para Rodríguez *et al.*, (2014) el problema se va incrementando año tras año alrededor de todo el mundo como consecuencia de una baja precipitación, mal uso del agua de riego y a la inadecuada fertilización. Se estima que aproximadamente 431 millones de hectáreas están afectadas por sales, de éstas 397 millones son por problemas de salinidad y 34 millones por condiciones asociadas a la sodicidad. El 20 por ciento de la superficie cultivable actual y aproximadamente la mitad de las áreas irrigadas a nivel mundial, se encuentran afectadas por éste problema.

La República Mexicana cuenta con una superficie de 1 millón 958 mil 201 km², de los cuales el 52 por ciento corresponde a regiones áridas y semiáridas. Se estima que existen aproximadamente 1.1 millones de hectáreas afectadas por salinidad y drenaje inapropiado a diferentes grados. Por esta razón México se caracteriza por presentar problemas de salinidad en zonas donde anteriormente existían cultivos agrícolas, por lo cual se han realizado diferentes estudios con el fin de recuperar los suelos para la agricultura e incrementar la productividad (Coras, 2014).

En el Norte de México el 64 por ciento de las tierras irrigadas se encuentran afectadas por el efecto de la salinidad. Como se viene haciendo mención la salinidad es un problema que afecta a la mayoría de las especies vegetales pero no solo ocurre en los cultivos bajo riego, sino que también afecta a los cultivos agrícolas de temporal y más si se cultivan bajo condiciones de muy escasa precipitación. En el estado de Coahuila existen aproximadamente 282,315 hectáreas abiertas a la agricultura de temporal, en el cual se estima que el 17.7 por ciento aproximadamente se encuentra afectada en menor o mayor grado por éste problema. En estas zonas de temporal predominan los suelos de tipos xerosol. (Martínez y Lara, 2003)

El estado de Coahuila se encuentra entre las regiones áridas y semiáridas del norte del país, debido a que sus climas son principalmente áridos. Por lo cual es muy común que se presenten este tipo de problemas en varias regiones del estado, produciendo problemas graves en la solución del suelo y su estructura, llegando a producirse efectos en las plantas reduciendo su crecimiento, desarrollo y productividad, ya sea en cultivos bajo sistema de riego o de temporal, lo que lleva a una pérdida en sentido económico para el agricultor, por esta razón es muy importante implementar cultivos que sean tolerantes o moderadamente resistentes a este tipo de suelos salinos.

Por estas razones el objetivo planteado fue el de determinar el contenido de salinidad presente en los Predios “Omblogo de Pilo”, Ejido Santa Elena y “El Coyote”, Ejido Juan de la Cruz Borrego, pertenecientes al Municipio de Ocampo Coah.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen de los Suelos Salinos

Tanto la salinización como la sodificación proceden de orígenes muy diferentes, éstos pueden ser natural o antrópica (Grigore *et al.*, 2010). De acuerdo a los mismos autores relatan que la de origen natural se origina por procesos geológicos, hidrológicos y pedológicos y la antrópica, se origina por factores de origen humano.

2.1.1. Causas Naturales

Las sales como el Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ y Na^+ , son las sales más comunes que se pueden encontrar en la solución del suelo. Sin embargo, proceden de diferentes orígenes como pueden ser procesos naturales con un largo periodo de tiempo (salinización primaria) a factores antropogénicos (salinización secundaria). La salinización primaria se origina por procesos geológicamente naturales a través del material original de las rocas o por medio de la alteración de los minerales originales de la roca madre (Mata *et al.*, 2014). La acumulación de estas sales primarias en la solución del suelo sólo ocurre en regiones sumamente áridas, donde las precipitaciones son inferiores a 50 ó 100 mm anuales, por lo cual no es suficiente para eliminarlas del perfil del suelo, incluso en aquéllos mejor drenados, debido a que no existe una percolación profunda del agua de lluvia (Niborski, 2000).

El autor anterior, hace mención que las sales que se encuentran presentes en los suelos salinos proceden de la meteorización de los minerales y rocas que constituyen la corteza terrestre. Estas sales son liberadas gradualmente tras los procesos, de intemperización química (hidrólisis, hidratación, solución, oxidación).

Con relación a este proceso las sales son transportadas por el agua hacia estratos inferiores donde pueden precipitarse o continuar hasta el mar. Las sales se precipitan, usualmente cuando la solución del suelo se concentra por evapotranspiración. La distribución de sales en el perfil del suelo está controlada por dos factores, primero por la hidrología subsuperficial y segundo por el balance entre precipitación y evapotranspiración (Zapata, 2006).

Otras causas naturales son la escorrentía, el alto nivel del manto freático y el viento. Las sales disueltas en las aguas de escorrentía, se acumulan en las depresiones y al evaporarse la solución se forman acumulaciones salinas. Los mantos freáticos siempre presentan concentraciones de sales ya sea en mayor o menor cantidad y en las regiones áridas tienden ascender a través del suelo por capilaridad. El viento en las zonas áridas arrastra gran cantidad de partículas en suspensión, tales como, carbonatos, sulfatos y cloruros, depositándolos en los suelos, provocando que éstos se vuelvan salinos o sódicos (Vanegas, 2011).

2.1.2 Causas Humanas

El origen de las sales en el suelo se debe a las actividades antropogénicas, causadas por el ser humano. Lo cual puede crear suelos salinos y/o sódicos. Debido al uso del agua de riego de mala calidad (alto contenido de sales) a la mala distribución del agua por los diferentes tipos de sistemas de riego, contaminación por la utilización de aguas residuales para riego y sumándole que puede persistir un drenaje inadecuado. Además del uso excesivo de fertilizantes, especialmente en los más solubles, contaminan los acuíferos, influyendo después en las aguas de riego. Al igual que en zonas agrícolas donde el suelo es poco permeable y las posibilidades de lixiviación son limitadas (Comunidades Europeas, 2009).

La actividad agrícola y el riego, han provocado procesos graves de salinización en el suelo, por causa del mal control del agua utilizada para riego con concentraciones salinas, estas sales se establecen en el suelo y

contaminan el nivel freático. O se puede producir un descenso del nivel freático, llevando a cabo la intrusión de aguas salinas (Vanegas, 2011).

El autor anterior menciona que otra causa es por la movilización de las tierras, a causa de métodos excesivos de labranza, provocando la degradación de rocas salinas que se encuentran presentes en el suelo, depositándolas sobre la superficie del terreno. Generándose de esta manera su contaminación.

2.2. Clasificación de los Suelos Agrícolas de Acuerdo a su Grado de Salinización

De acuerdo a la base referencial mundial del recurso suelo (WRB) (2015) los suelos salinos pertenecen al horizonte sálico (Solanchaks). Su nombre se deriva (del latín sal) es un horizonte superficial o subsuperficial que contiene un enriquecimiento secundario de sales fácilmente solubles, es decir, sales más solubles que el yeso. Y los suelos sódicos pertenecen al horizonte nátrico (Solonetz). Su nombre procede (del árabe natrún, sal) es un horizonte subsuperficial denso con un contenido de arcilla. Tiene un alto contenido de Na intercambiable y en algunos casos un contenido relativamente alto de Mg intercambiable.

Para Dorronsoro *et al.*, (2000) la salinización es el proceso de acumulación de sales en los suelos con predominio de Ca^{+2} y el Mg^{+2} , mientras la sodificación o alcalinización se da cuando el suelo predomina netamente el sodio Na^+ . La salinización y sodificación de los suelos agrícolas son quizás el problema más serio que enfrenta la salinidad en nuestros días (Rodríguez *et al.*, 2014). Ya que son las condiciones que más limitan la producción agrícola provocando que se vuelvan infértiles e improductivos, causando un grave problema en la agricultura mundial (Manzano *et al.*, 2014). Para Rodríguez *et al.*, (2014) la aceleración de estos dos términos se debe al incremento excesivo de la desertificación, a la introducción masiva de sistemas de riego (su mal control) sin tomar en cuenta que su destino final sea el mar. La salinización del suelo y el agua son los principales causantes que contribuyen

directamente a la desertificación debido a que la salinidad y la sodicidad suelen desarrollarse mejor en condiciones áridas, lo cual ocurre en el 50 por ciento de la superficie de las regiones áridas y semiáridas del mundo. Esta es una de las razones por las que la salinidad y desertificación están interrelacionadas (Palacio *et al.*, 2010)

Los suelos con problemas de salinización según Porta *et al.*, (2014) se pueden caracterizar en los cultivos debido a que demuestran mala germinación, deficiente crecimiento, bajos rendimientos y posiblemente la muerte, provocado por la presencia excesiva de sales más solubles que el yeso o de sodio intercambiable por encima de cierto umbral.

2.2.1. Suelo Salino

Allbed y Kumar (2013) clasifican dos categorías de suelos salinos: aquéllos con salinidad primaria, la cual ocurre de manera natural y los de salinidad secundaria, las inducidas por la influencia de las actividades humanas. (Albert, 2012) menciona que un suelo se considera salino cuando contiene un exceso de sales solubles, entendiendo por ellas la combinación de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , CO_3^{-2} , HCO_3^- y SO_4^{-2} que son más solubles que el yeso. Al hablar de sales más solubles que el yeso, nos estamos refiriendo principalmente al NaCl , MgCl_2 , Na_2SO_4 y al MgSO_4 , suficiente para interferir en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y de otras plantas sensibles (Porta *et al.*, 2014). Estos suelos corresponden a los Solonchaks de acuerdo a la clasificación de la WRB (2015). Debido a que tienen una acumulación alta de sales solubles, presentan una capacidad de utilización muy reducida. En agricultura son recomendables sólo para plantas tolerantes a la sal (Mata *et al.*, 2014).

De acuerdo con los autores anteriores cuando el Ca^{+2} es el catión predominante en el suelo, las sales solubles son muy abundantes. El perfil se encuentra muy poco diferenciado, pero su estructura tiende a ser estable, como resultado de la acción floculante del Ca^{+2} . Según Wahome *et al.*, (2001) la alta concentración de sales solubles incrementan el potencial osmótico de la solución de estos suelos, causando estrés fisiológico.

Este problema es común en las regiones áridas y semiáridas, como una consecuencia del déficit hídrico, por la escasez de precipitaciones y la alta tasa de evaporación (Ferreira *et al.* 2001).

El término “salino” se aplica a, aquellos suelos con una Conductividad Eléctrica (CE) >4 decisiemens por metro (dSm^{-1}) a 25 °C, porcentaje de sodio intercambiable (PSI) <15 y pH (reacción del suelo) <8.5. Estos suelos son considerados salinos de acuerdo a los autores (Allbed y Kumar, 2013).

Con relación a lo mencionado por los autores anteriores, es necesario revisar la normatividad que se rige en nuestro país es por eso que acudimos al (Diario Oficial de la Federación en 2002) la cual establece los siguientes criterios para los suelos salinos (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Criterios de Clasificación de la Salinidad del Suelo en Función de su Conductividad Eléctrica. (DOF-2002)

CE dS m^{-1} a 25 °C	Efectos
<1.0	Efectos despreciables de la salinidad
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	Muy fuertemente salino

De acuerdo a los autores (Rivera *et al.*, 2014) nos hacen mención que tradicionalmente se están utilizando métodos hidrotécnicos y físicos para la recuperación de estos suelos.

2.2.2. Suelo Sódico

De acuerdo a Porta *et al.*, (2014) los suelos sódicos se caracterizan por contener suficiente sodio intercambiable, lo cual es una característica desfavorable para la estructura del suelo. Esto se produce cuando el Na^+ es el catión dominante en la solución del suelo, ya que provoca la dispersión de las arcillas lo que lleva a una destrucción de la estructura. Se puede observar las partículas dispersas y el suelo totalmente defloculado (Mata *et al.*, 2014). De acuerdo a la WRB (2015) son clasificados como suelos Solonetz. El autor (Medina *et al.*, 2010) hacen mención que estos suelos son de carácter salino debido a que poseen un alto contenido en sodio, magnesio o ambos. Se pueden asociar bien con los terrenos llanos de clima secos y cálidos o viejos depósitos costeros con elevado contenido en sodio.

(Bolívar, 2012) define a los suelos sódicos como aquéllos que contengan un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) $>$ a 15, cuya conductividad eléctrica sea menor a 4 dS m^{-1} y el pH que varía entre un rango de 8.5 a 10. Lo cual es causado por la concentración de carbonatos y bicarbonatos en la solución del suelo, debido a que presenta una CIC alta favoreciendo la acumulación de sodio. Cuando el pH supere el valor de 8.5, indica la presencia de carbonato sódico ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$). Los altos niveles de sodio intercambiable para Mata *et al.*, (2014) pueden afectar a la capa arable del suelo, directamente con la toxicidad del elemento o de forma indirecta, generando una estructura muy deteriorada que se expresa más como suelo húmedo

La sodicidad se mide a través de la determinación de sodio intercambiable y se cuantifica mediante la relación que guarda con la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. Es decir, mediante el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI). Se cuantifica mediante la ecuación: $\text{PSI} = (\text{Na}/\text{CIC}) \times 100$ (Castellanos, 2006). O por una ecuación empírica mediante la relación de absorción de sodio (RAS): $\text{PSI} = 100 (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS} \text{ dividido entre } 1 + (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS}))$ (Bolívar, 2012). Con base a esto se pueden clasificar estos suelos por medio de su PSI tal como relata Castellanos (cuadro 2.2)

Cuadro 2.2. Clasificación de los Suelos de Acuerdo al Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) (Castellanos, 2006)

Clasificación	PSI (%)
Libre de sodio, sin problemas de manejo y no requiere de aplicaciones masivas de calcio o de formadores de calcio en el suelo.	0-5
Ligeramente sódico en suelos de textura media a fina, es posible que sea necesario darle mantenimiento con aplicaciones de yeso agrícola. Se requiere determinar necesidades de yeso.	5-10
Moderadamente sódico, será necesario hacer aplicaciones de yeso. Se requiere determinar necesidades de yeso.	10-15
Suelo francamente sódico, es posible que estén ocurriendo problemas de permeabilidad en el campo. Normalmente el pH de un suelo con este nivel de sodio es elevado. Es necesario rehabilitar el suelo con aplicaciones de yeso para que pueda producir satisfactoriamente.	15-20
Suelo muy sódico, es necesario rehabilitarlo con aplicaciones de yeso agrícola para poder hacer una explotación rentable del terreno.	20-30
Suelo extremadamente sódico, que no puede ser explotado sin ser rehabilitado con aplicaciones masivas de una fuente de Calcio, cuando es un suelo calcáreo. Es necesario determinar la dosis a aplicar y luego se requiere hacer lavado de la sal de sulfato de sodio que se formará al reaccionar el yeso con el sodio.	>30

La mejora de estos suelos para la agricultura resulta muy difícil, dado que hay que tratar de intercambiar el sodio por el calcio, por eso (Rojas *et al.*, 2015) mencionan que se deben incorporar enmiendas como el yeso (CaSO_4) y el azufre (S). Debido a que estos suelos son difíciles de manejar, se debe mejorar el drenaje y realizar operaciones de labranza, para que se puedan diluir las capas de suelo con altos contenidos de Na^+ . Por otra parte (Rivera *et al.*, 2014) y compañía mencionan que en la actualidad se están utilizando mejoradores químicos para la recuperación o mejoramiento de los suelos sódicos, como el yeso, el ácido sulfúrico, así como la incorporación de residuos de cosecha, biofertilizantes, lodos residuales y el establecimiento de cultivos tolerantes a la salinidad o fitoremediación.

2.2.3. Suelo Salino-Sódico

Este tipo de suelos se forma como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio. Siempre y cuando contengan un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. Cuando hay exceso de sales el pH raramente es mayor a 8.5 y las partículas permanecen floculadas (Apcarian *et al.*, 2010)

El problema general de estos suelos consiste en mejorar su condición estructural para que tengan un adecuado movimiento del agua dentro del perfil. Pueden presentar características de un suelo salino o sódico dependiendo del catión que domina, ya sea si el Ca^{+2} o el Na^+ (Horneck, 2007). El mismo autor clasifica a estos suelos como aquellos que contengan una conductividad eléctrica ($\text{CE} > a 4 \text{ dS m}^{-1}$) porcentaje de sodio intercambiable ($\text{PSI} > a 15$) y un $\text{pH} < 8.5$.

La incorporación de yeso puede mejorar este tipo de suelos, así como la aplicación de ácido sulfúrico, biofertilizantes y el establecimiento de cultivos tolerantes (Rivera *et al.*, 2014).

De acuerdo a la clasificación de los suelos agrícolas afectados por salinización podemos clasificar a estos en un término general (cuadro 2.3) tal como lo mencionan (Kochba *et al.*, 2004) citado por (Otero *et al.*, 2007) clasificándolos en 3 grupos de acuerdo a sus indicadores químicos (CE, PSI y pH).

Cuadro.2.3. Clasificación General de los Suelos de Acuerdo a sus Indicadores Químicos de Salinidad (pH, CE, PSI) (Otero *et al.*, 2007).

Clasificación	pH	CE	PSI	Proceso
Salinos	<8.5	>4	<15	Salinización
Sódicos	>8.5	<4	>15	sodificación
Salino-Sódicos	<8.5	>4	>15	Salinización-sodificación

2.3. Solución del Suelo

La solución del suelo podría considerarse como la solución del suelo con una humedad proporcional a capacidad de campo (Hernández, 2002)

Para Otero *et al.*, (2007) la solución del suelo es afectada por la alta concentración de iones disueltos ya que ejercen efectos perjudiciales en la concentración interna del vegetal influenciado por el efecto osmótico, provocando daños en su crecimiento, desarrollo y productividad. La alta variabilidad espacial (clima) hoy en día también puede ejercer de cierta forma efecto en la solución del suelo, ya que se ha ido incrementando la desertificación o degradación de los suelos por causas naturales o humanas, lo que va afectando la producción del cultivo. En los suelos no salinos, los aniones dominantes son normalmente nitratos y bicarbonatos, mientras que en áreas áridas y semiáridas son importantes los cloruros y sulfatos.

Los mismos autores hacen mención que dentro de la solución del suelo los iones tienen un amplio rango en donde la salinización actúa como un agente influyente, ya que con problemas de salinidad son disoluciones de sales mezcladas. La solución del suelo con problemas de salinidad puede ser considerada como una disolución de sales mezcladas. La carga eléctrica reduce la concentración de los iones con valencias libres e influye en las propiedades de la solución incluyendo que la solubilidad de las sales sean difícilmente solubles en el agua, afectan la disociación de las sales disueltas y la relación de las actividades de los iones en la solución.

2.3.1. Sales Solubles en la Solución del Suelo Salino

Las sales solubles presentes en el suelo generalmente se encuentran constituidos por iones positivos (cationes) en los que se encuentran el Calcio (Ca^{+2}) Magnesio (Mg^{+2}) Sodio (Na^+) y Potasio (K^+) y los iones negativos (aniones) como lo son el Cloro (Cl^-), Carbonatos (CO_3^{-2}), Bicarbonatos (HCO_3^-) y el Sulfato (SO_4^{-2}) (Otero *et al.*, 2007). De ellos el potasio, carbonatos y bicarbonatos se encuentran en menos cantidad en la solución; el cloro, carbonatos y el sulfato son las principales sales que necesita la planta para su alimentación (http://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quim2/quimicall/L_1_lionesensuelo.pdf). Dentro de la solución del suelo son afectadas las especies iónicas por la salinidad. Pueden hallarse en forma de iones libres o iones pares. Estas especies pueden o no estar en equilibrio con otras. Los iones libres son los que mantienen sus propiedades como independientes en la solución como los cationes y los aniones. Mientras que los iones impares son aquellos cuya concentración es un catión y un anión, ya que son atraídos uno al otro por medio de sus cargas eléctricas por medio de esto se mantienen en la solución del suelo como iones asociados, como lo son el carbonato de calcio (Ca CO_3), cloruro de magnesio (Mg Cl^+) y el bicarbonato de calcio ($\text{Ca (HCO}_3^2)$) (Otero *et al.*, 2007).

2.4. Efecto de las Sales Sobre el Suelo

2.4.1. Permeabilidad

Desde hace muchos años hasta la actualidad han existido factores que afectan al suelo debido a las elevadas concentraciones de sales, provocando que se vuelvan improductivos y limitando de esta manera el desarrollo agrícola, puesto que se comienza a producirse los efectos salinos una vez que aumente la presión osmótica en la solución (Martínez *et al.*, 2011).

Uno de los problemas relacionado con el efecto de las sales sobre el suelo es su permeabilidad. Esto da inicio cuando se riega con agua que contiene alto contenido de Na^+ , ya que el sodio sustituye al calcio y magnesio del complejo arcillo-húmico provocando un desequilibrio eléctrico entre las partículas coloidales del suelo, provocando que exista predominio de cargas negativas y al ocurrir esto las partículas del suelo se repelen entre ambas ocasionando defloculación y pérdida de la estructura del suelo. Esto influye a que haya menos entrada de oxígeno y que disminuya la permeabilidad en el suelo afectando el de el desarrollo de los cultivos (Saracho *et al.*, 2014).

2.4.2. Infiltración

Las sales también pueden perjudicar notablemente las características de infiltración del agua en el suelo, esto es causado cuando un suelo sódico está saturado lo que provoca que se selle y reduzca su permeabilidad drásticamente debido a que el Na^+ atrapa las moléculas del agua del suelo, haciendo que la capacidad de infiltración de agua disminuya considerablemente. Además produce efectos en la estructura del suelo al disociar sus partículas, debido a que el Na^+ desplaza al Mg^{2+} y al Ca^{2+} provocando de esta manera la dispersión y desagregación del suelo. Y esto provoca que el suelo se vuelva duro y compacto en condiciones secas reduciendo de esta manera la infiltración del agua y del aire a través de sus poros (Méndez y González, 2009).

La velocidad de infiltración del agua es especialmente afectada por la combinación de sodicidad y salinidad. Puesto que es especialmente sensible a los efectos de la RAS (Relación de Adsorción de Sodio) y CE del agua de riego, debido al impacto de la caída de la gota de agua y a la relativa libertad de movimiento de las partículas en la superficie del suelo. Por otra parte la adición de yeso (sulfato de Ca hidratado) a la superficie del suelo o al agua de riego ayuda a evitar problemas de bajas velocidades de infiltración y encostramientos (http://www.fertiyeso.cl/docs/bibliografia/salinidad_suelos.pdf).

Martínez *et al.*, (2011) mencionan que al disminuir el agua en el suelo produce una reducción de la absorción y translocación de K y Ca, provocando efectos en la membrana celular de la raíz, ya que estos elementos sirven para mantener su selectividad e integridad. Esto ocurre en suelos salinos pero el mismo autor nos menciona que también ocurre en suelos con sales sódicas en especial con el NaCl ya que provoca un mayor castigo salino que cualquier otra sal.

2.4.3. Degradación

La degradación del suelo es un proceso de deterioro que afecta su calidad. El alto contenido de sales y de sodio son uno de los principales procesos que afectan dicha calidad, ejercen un proceso adverso sobre la biota y sus procesos biológicos (Pastor *et al.*, 2014). La degradación de los suelos causado por sales no es un tema nuevo porque este problema ha existido durante varias generaciones, hasta la fecha se estima que existen 1 billón de hectáreas a nivel mundial afectadas por estas circunstancias (Rojas *et al.*, 2015).

La degradación de los suelos se lleva acabo cuando no se realiza un buen manejo del agua y del suelo ya sea por causas naturales o bien causadas por el ser humano, cuando se utiliza agua de mala calidad para la irrigación, los suelos tienden a ser afectados por el acumulamiento excesivo de sales provocando la salinización del mismo y conllevando al deterioro progresivo de

los suelos por salinización, repercutiendo en la disminución de su productividad, en el rendimiento y en la calidad de las cosechas (Zamudio *et al.*, 2004)

Por otra parte la salinidad además de que degrada la calidad del suelo como lo citan Pastor *et al.*, (2014) también reduce la cobertura vegetal y por lo tanto la destrucción de la estructura del suelo. Cuando la degradación de un suelo se produce en zonas áridas y semiáridas se le conoce como desertificación. La salinización se considera una causa importante de la desertificación, ya que produce efectos en el suelo como la pérdida de fertilidad, destrucción de la estructura, compactación y enconstración (Comunidades Europeas, 2009).

2.5. Efecto de la Salinidad en los Cultivos

El estrés salino es considerado un factor muy perjudicial en los cultivos debido a que afecta el desarrollo de la planta, incluyendo la germinación, el crecimiento vegetativo y el desarrollo reproductivo. También limita indirectamente la productividad de las plantas a través de sus efectos adversos en microorganismos simbióticos beneficiosos (Chávez y González, 2009). Es por eso que salinidad es considerada el mayor estrés abiótico que podría existir en los cultivos agrícolas alrededor de todo el mundo. Por lo tanto es de analizar y comprender la respuesta de las plantas bajo condiciones de estrés y así proponer soluciones efectivas al problema de la salinidad (Cortés, 2008).

La salinidad y la sodicidad son dos conceptos que se relacionan y tienen que ver con el incremento del contenido de sales en los suelos, las sales más comunes como el Cloruro de Sodio (NaCl) Cloruro de calcio (CaCl_2) yeso (CaSO_4) sulfato de magnesio (MgSO_4) y cloruro de potasio (KCl) provocan reducción en la tasa de germinación. Al reducirse ésta, provoca la disminución del rendimiento de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2016). Por otra parte, el incremento de Na^+ dentro de la planta tiene un efecto tóxico en la germinación de las semillas, principalmente afecta sus relaciones hídricas a través del desplazamiento de Ca^{+2} por Na^+ de los sitios de ligamiento de la pared celular

que podría romper la síntesis de la pared celular e inhibir el crecimiento de las plantas (Lamz y González, 2013). Es por eso que la germinación y la etapa de emergencia son las fases más vulnerables y están influenciadas por este tipo de sales (Rodríguez *et al.*, 2016).

La salinidad provoca dos tipos de estrés principales en la planta, estrés iónico y estrés osmótico. La alta concentración de sales en el suelo es uno de los principales factores que restringen el crecimiento y la productividad de los cultivos. Este efecto se da porque se reduce el potencial hídrico en la solución del suelo, lo que disminuye la disponibilidad de agua y crea un desequilibrio nutritivo debido a la elevada concentración de elementos como el Na^+ y el Cl^- que interfieren con la nutrición mineral y el metabolismo celular (Chávez y González, 2009). Para Grover *et al.*, (2014) la acumulación de los iones específicos como Na^+ y Cl^- provocan estrés en la planta. Teniendo múltiples consecuencias perjudiciales, provocando un desequilibrio en las proporciones de K^+/Na^+ y $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^+$, causando inhibición de la actividad enzimática, fotosíntesis reducida y la formación de radicales superóxidos que dañan la membrana. Este estrés en específico se expresa fenotípicamente como hoja clorótica y necrótica.

El estrés osmótico reduce el crecimiento de la hoja y la raíz, la conducción estomacal y por consiguiente, la fotosíntesis (Grover *et al.*, 2014). Este efecto se origina debido a las altas concentraciones de sales que incrementan las fuerzas potenciales que retienen al agua en la solución del suelo y hace más difícil la extracción del agua por las raíces de la planta, incrementando la energía necesaria para su absorción (González *et al.*, 2011). Debido a esto se puede generar el fenómeno de estrés salino en la planta puesto que hay una reducción en la capacidad de absorción del agua, manifestándose de esta manera reducción en la expansión foliar y pérdida de turgencia (Martínez *et al.*, 2011).

Otro parámetro de gran importancia para el desarrollo de las plantas es la fotosíntesis la cual es afectada por la salinidad. Principalmente reduce el área foliar, el contenido de clorofila y la conductancia estomática, y en menor extensión a través de una disminución de la eficiencia del fotosistema II (Chávez y Gonzáles, 2009). Provoca por una parte la modificación de la estructura de las membranas tilacoides y por otro lado inhibe parcialmente el ciclo de Calvin, disminuyendo de esta forma el rendimiento de los cultivos. (Francisco y Benavidez, 2014)

2.6. Tolerancia de los Cultivos a la Salinidad

El desarrollo de plantas tolerantes a la salinidad es una necesidad para mantener y elevar la producción agrícola. Para que las plantas se puedan adaptar a las condiciones salinas, se deben activar múltiples mecanismos como los siguientes: aumentar la capacidad de obtener y/o retener agua; reparar el daño o la detoxificación; la restauración de la homeostasis iónica y la reanudación del crecimiento, pero con una tasa reducida. De acuerdo con la tolerancia a las condiciones de salinidad en el suelo las plantas pueden ser clasificadas como las que son tolerantes a la salinidad (halófitas) y las que no son tolerantes a la presencia excesiva de sales (glicófitas) o bien plantas que necesitan sodio como elemento esencial (Chávez y González, 2009). Este tipo de plantas pueden responder a la salinidad utilizando dos tipos de mecanismos diferentes. Las plantas (glicófitas) responden restringiendo la absorción de sal y ajustando la presión osmótica mediante la síntesis de solutos compatibles. Por el contrario, las plantas (halófitas) se caracterizan por secuestrar y acumular sal en las vacuolas celulares, controlando las concentraciones de sal en el citosol y manteniendo una alta relación del K^+/Na^+ citosólico en sus células (Hernández y Soto, 2014). Para Villa *et al.*, (2006) la tolerancia a la salinidad depende de la habilidad de la especie o cultivar para controlar la absorción y el transporte de Na^+ y Cl^- al tejido fotosintético, ya que estos elementos son perjudiciales para la planta. Estableciendo que una alta porción de $K^+ : Na^+$ en la hoja, se considera un indicador importante de la tolerancia a la salinidad.

En la actualidad el interés por que los cultivos sean alta mente tolerantes a los efectos causados por la salinidad ha ido en ascenso durante los últimos años se está empleando métodos de mejora y la producción de organismos mediante métodos modificados genéticamente. La incorporación de estos genes deben ser de procedencia parental silvestre y que sean tolerantes. Otros factores de tolerancia serían la domesticación de plantas halófilas silvestres y la identificación de caracteres relacionados con tolerancia empleando marcadores moleculares de acuerdo al autor (Chávez y González, 2009)

Los procesos más importantes para el mantenimiento de la homeostasis iónica constituyen: la acumulación celular, secuestro y exportación, y el transporte de iones a larga distancia (Hernández y Soto, 2014). Además es considerado como un requerimiento esencial para que las plantas sobrevivan en condiciones de estrés salino. Bajo éste, el mantenimiento de la homeostasis de K^+ y Na^+ es de vital importancia en células vegetales, ya que éstas necesitan mantener altas las concentraciones de K^+ , entre 100 y 200 mM, para realizar de forma adecuada las reacciones metabólicas. De esta forma se puede mencionar que la tolerancia a la salinidad requiere no sólo la adaptación a la toxicidad provocada por el Na^+ , sino también, a la adquisición de K^+ , ya que si no se cumple esto, la planta se verá afectada debido a la semejanza química entre ambos iones (Chávez y González, 2009)

Los autores anteriores hacen mención que muchas plantas responden a los altos niveles salinos secuestrando iones dentro de la vacuola. Este proceso está mediado por un antiporte vacuolar entre el Na^+/H^+ que utiliza el gradiente protónico para concentrar iones en contra de su gradiente. Aunque Barkla *et al.*, (2007) hacen mención que el grado de tolerancia de una especie con relación a la salinidad puede deberse no sólo a la actividad del intercambiador Na^+ /H^+ , sino que también, y quizá más importantemente, al tejido donde esta actividad es mucho mayor. Los mismos autores hacen referencia a la planta *M. crystallinum* que ha desarrollado mecanismos adaptativos que le permiten absorber agua bajo condiciones de alta salinidad,

así como acumular el sodio en las partes aéreas de la planta donde es aislado para prevenir daño alguno.

2.7. Plantas Silvestres como Indicadoras de Salinidad

En México y en todo el mundo existen varias especies de plantas que son tolerantes a ciertos grados de salinidad y sodicidad del suelo, debido a sus características fisiológicas y mecanismos de adaptación hacia estos suelos, también pueden servir como plantas indicadoras de salinidad. Estas plantas son conocidas como plantas halófitas. Se considera plantas halófitas a las que se adaptan a vivir en suelos salinos, salinos-sódicos y suelos yesosos (Sánchez *et al.*, 1999)

De acuerdo con la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2010) algunas plantas constituyen un buen indicador de la salinidad de un suelo mencionando algunas especies:

Mezquite (*Prosopis juliflora*). Se encuentran en una gran variedad de suelos con respecto a la textura, muy permeables y con buen drenaje, con manto freático bajo y suelos no salinos hasta 120 cm de profundidad. La planta indica suelos adecuados para la agricultura, si hay agua disponible; gobernadora (*Larrea tridentata*) se presenta en suelos de textura ligera y moderadamente ligera que son muy permeables y con buen drenaje, con manto freático bajo y suelos no salinos ni sódicos hasta 120 cm de profundidad la planta indica suelos no salinos; pluchea (*Pluchea sericea*) se presenta en suelos migajones que por lo regular son permeables, manto freático elevado, la planta indica suelos usualmente salinos o fuertemente salinos; chico (*Sarcobatus vermiculatus*) los suelos generalmente son salino sódicos, con amplia variación de salinidad dependiendo de la profundidad, con frecuencia el manto freático es elevado, la planta es muy tolerante a la salinidad y al sodio; cressa (*Cressa truxillensis*) se presenta en llanuras salinas donde los suelos son de textura fina, húmedos y de permeabilidad restringida. La salinidad es muy alta, la planta es buena indicadora de suelos; Saladilla (*Allenrolfea*

occidentalis) los suelos están húmedos durante el año, con mantos freáticos elevados que pueden estar cercanos a la superficie. Presentan condiciones excesivamente salinos en los primeros 30 cm y muy salinos en los primeros 120 cm del perfil; Romerillo (*Parthenium hysterophorus*) se presenta en suelos con textura de migajones, en terrenos con agua de filtración y mantos freáticos elevados. Los suelos son salino o salino sódicos con alta concentración de sales en los primeros 30 cm, pueden contener sodio intercambiable (Na^+ Int).

El chamizo (*Atriplex canescens*) es una Chenopodiaceas arbustiva de gran valor forrajero, ya que presenta opciones para mejorar el estado nutricional de los animales durante las épocas críticas, está adaptado para crecer en zonas áridas y en suelos que presentan problemas salinos. En México se pueden encontrar en Coahuila, Nuevo león, Zacatecas y Aguas calientes estados con problemas de desertificación. (Urrutia *et al.*, 2007)

En el estado de Coahuila se reconocieron 13 comunidades vegetales; matorral micrófilo, matorral rosetófilo, matorrales de halófitas y gipsófitas, matorral tamaulipeco, matorral submontano, bosque de encino, bosque de pino piñonero, bosque de pino, bosque de oyamel, bosque de pino-encino, vegetación alpina-subalpina y vegetación riparia (Villareal y Encina, 2005).

De acuerdo con la clasificación de grupos, los mismos autores mencionan algunas especies pertenecientes al matorral de halófitas y gipsófitas las cuales pueden ser muy útiles para la indicación de suelos salinos y suelos sódicos.

(*Euphorbia scopulorum Brandegei var.*). Habita en suelos yesosos y calcáreos en los municipios de Cuatro Ciénegas, General Cepeda y Ocampo Coahuila.

(*Gaillardia henricksonii B. L. Turner*). Habita en los valles con suelos yesosos del municipio de Ocampo en Coahuila.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de Estudio

El estudio de estas localidades se realizó con propósitos de determinar las sales que pueden afectar la producción agrícola en estos suelos y de esta manera mediante un análisis químico de las muestras colectadas poder establecer una solución al agricultor de que tan grave o severo sea el efecto de ellas sobre los cultivos y además de darle recomendaciones de que cultivos puede establecer. Tomando en cuenta varios parámetros como lo son el grado de salinidad y/o sodicidad en la solución del suelo, productividad del cultivo, efectos que pueden ocasionarse en los cultivos que no sean tolerantes a estos grados de sales si es que siembra alguno o desea un cultivo en especial.

3.1.1. Localización

El presente trabajo se llevó a cabo en los Ejidos Juan de la Cruz Borrego (Predio el Coyote) en las coordenadas geográficas 103°16'39.70" Longitud Oeste, 28°11'52.20" Latitud Norte y en Santa Elena (Predio Ombligo de Pilo) en las coordenadas 102°59'40.60" O, 27°53'43.30" N, del municipio de Ocampo, Coahuila. Este municipio se localiza en el Noroeste del estado de Coahuila, en las coordenadas 102°23 '47" O y 27°18 '50" N, a una altura de 1,100 metros sobre el nivel del mar (<http://earth.google.com>).

Como se puede observar en la figura 3.1. El municipio de Ocampo colinda al Norte con los Estados Unidos de Norteamérica; al Noreste con los municipios de Acuña y Múzquiz; al Sur con los de Cuatrociénegas, la Madrid y Nadadores; al Este con el de San Buenaventura y al Oeste con el de Sierra Mojada. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI-2012)

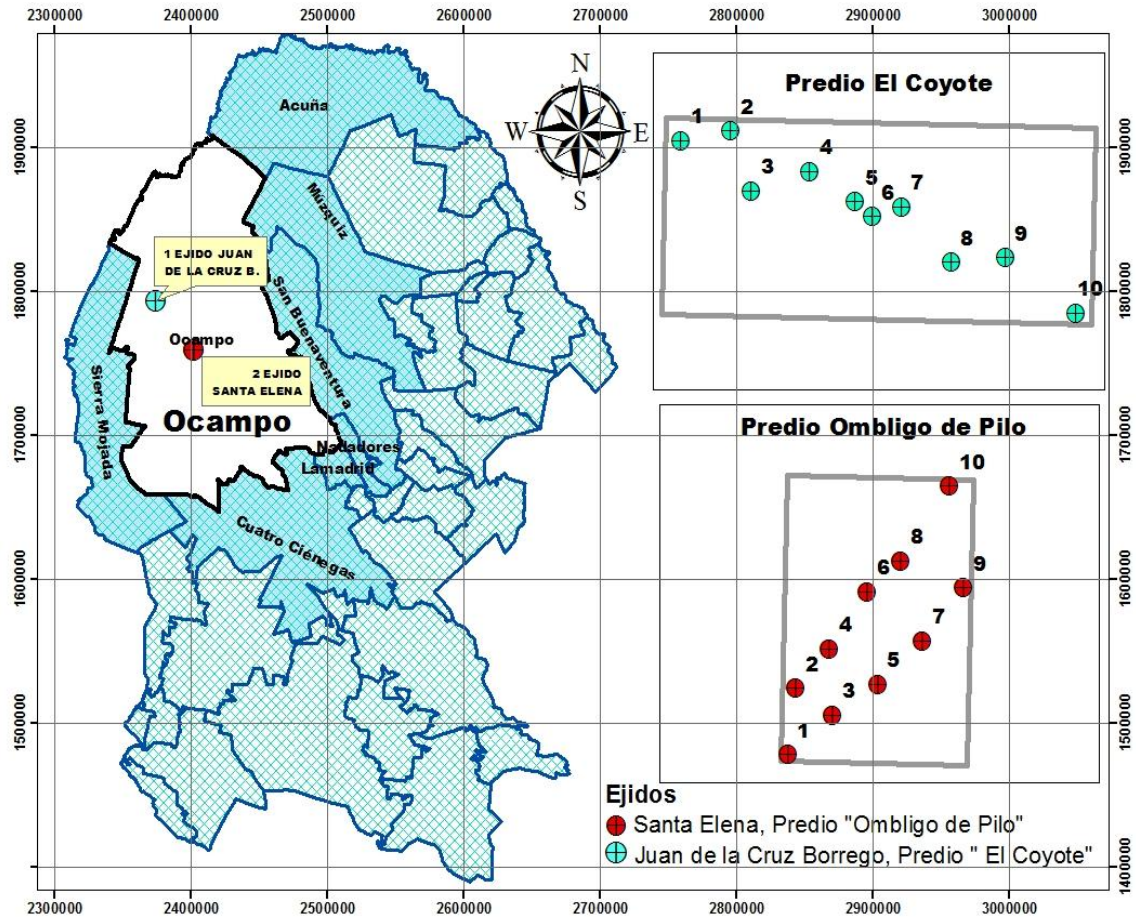


Figura 3. 1. Localización Geográfica de los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo, Mpio. De Ocampo, Coah (INEGI, 2012)

3.1.2. Clima

Como se puede observar en la figura 3.2. Los dos predios se caracterizan por tener un clima tipo WBhw de acuerdo a (García, 2001), con significado muy árido-semicálido durante la mayor parte del año, con una temperatura que oscila entre los 18 y 22 °C, siendo la temperatura del mes más frío menor de los 18 °C y la temperatura del mes más caliente es mayor de 22 °C. Su temporada de lluvias comprende las estaciones de primavera y verano.

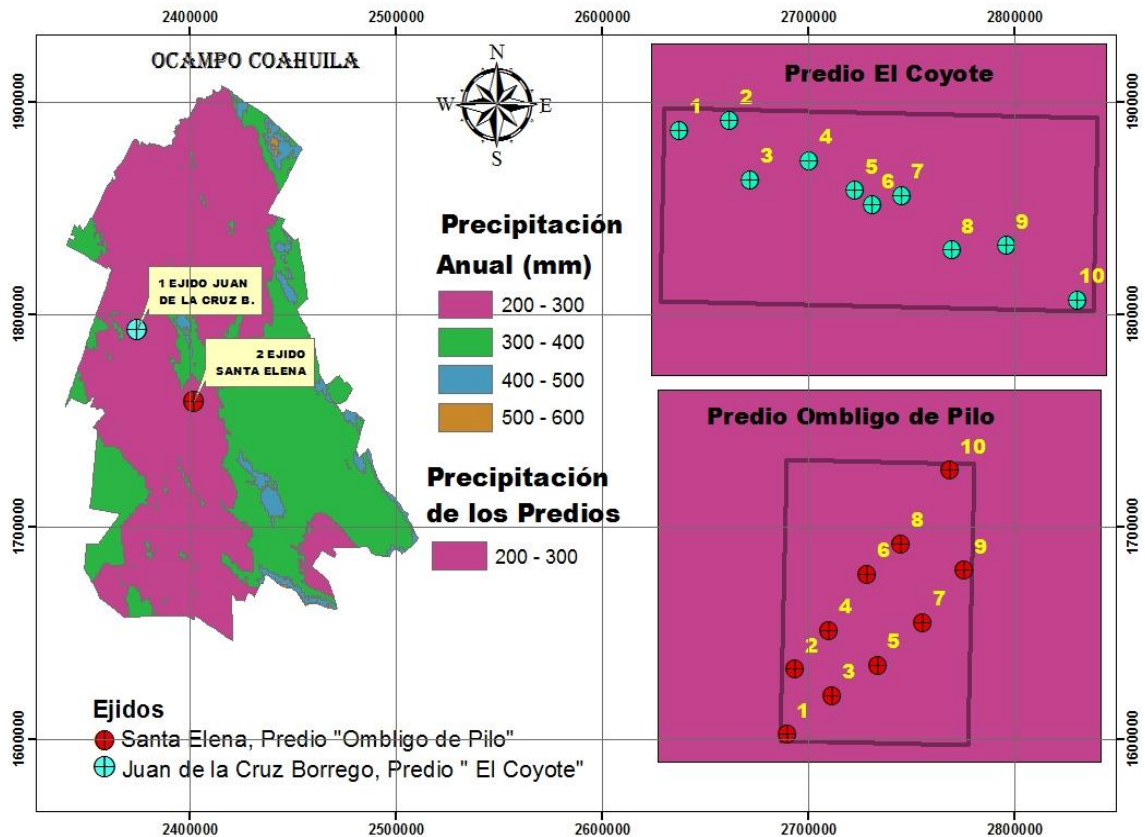


Figura 3.3. Precipitación Anual de los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo (Cuervo *et al.*, 2014)

3.1.4. Hidrografía

3.1.4.1. Escurrimiento Superficial

Como se puede observar en la Figura 3.4. Ambos predios son pertenecientes a la región hidrológica 35 denominada Mapimí, de las cuencas centrales del norte (Cuenca Lago del Guaje-Lipanes y Lago del Rey) que cuentan con escurrimientos superficiales naturales que equivalen a un volumen de 6,097.1 Hm³, equivalente a 6,097,100,000 m³ de Agua. Estas cuencas son pertenecientes a la vertiente 76 Interior. Es decir, que no cuentan con salida al mar (Balvanera *et al.*, 2008)

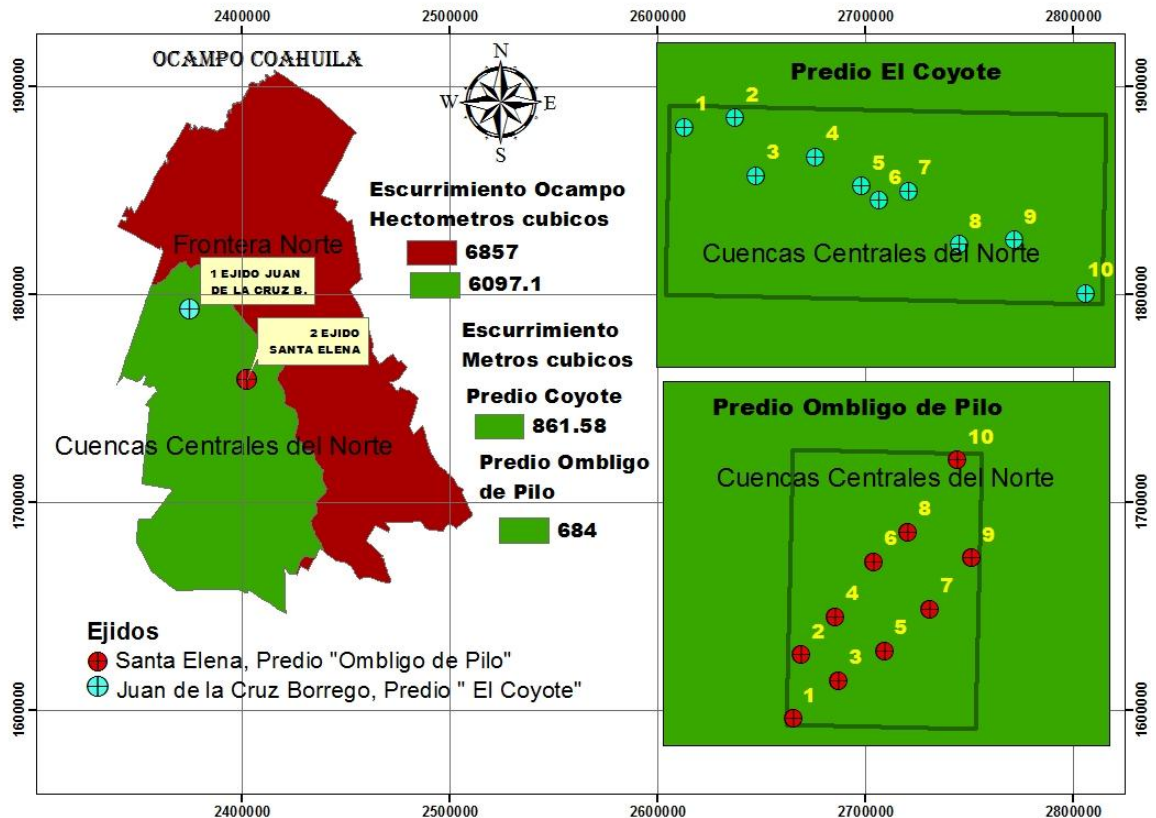


Figura 3.4. Escorrimento Superficial para los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo (Balvanera *et al.*, 2008)

3.1.5. Tipo de Suelo

En la figura 3.5, el tipo de suelo para ambos predios son diferentes: se puede ver que para el Predio el Coyote cuenta con un tipo de suelo Regosol Calcárico, se caracteriza por un enriquecimiento secundario de carbonatos, menor de 15 por ciento, al menos en alguna zona entre los primeros 50 cm de profundidad. Mientras que el Predio Ombligo de Pilo, posee un suelo de tipo Xerosol Háplico. Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión, presentan a cierta profundidad manchas, aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-INIFAP-2001).

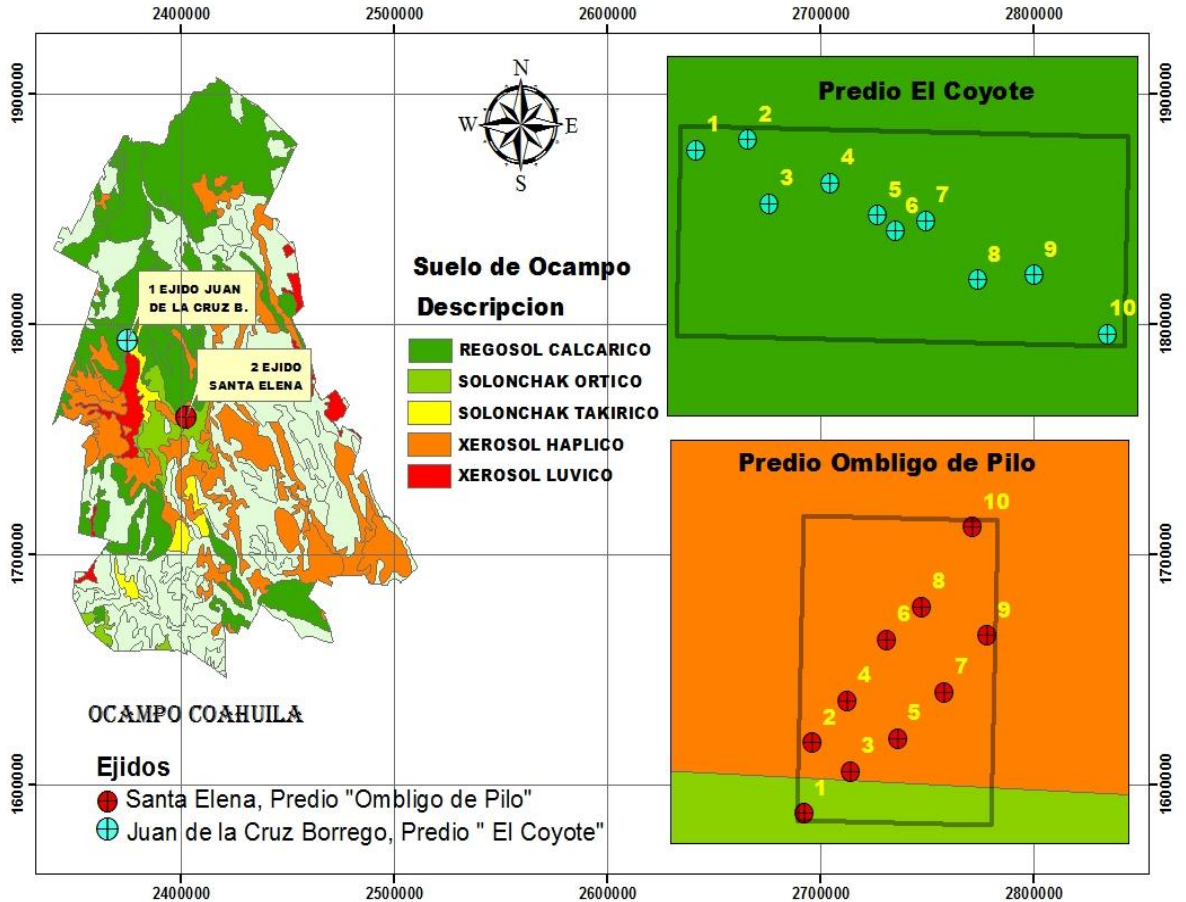


Figura 3.5. Tipo de Suelo de los Predios el Coyote y Ombligo de Pilo (INIFAP, 2001)

3.1.6. Población

La localidad de Juan de la Cruz Borrego está situado en el Municipio de Ocampo. Cuenta con 15 habitantes de los cuales 7 son hombres y 8 mujeres. 6 viviendas, cuentan con electricidad y todos sin agua potable.

La localidad de Santa Elena está situado en el mismo municipio hay 16 habitantes de ellos 10 son del sexo masculino y 6 del femenino. Cuenta con 6 viviendas (INEGI, 2012).

3.2. Fases del Experimento

El presente trabajo se llevó a cabo mediante tres fases, de las cuales comprenden el muestreo de campo, análisis de laboratorio y análisis de datos para la elaboración de mapas.

3.2.1. Fase de Campo

Para la realización de esta fase se utilizaron los siguientes materiales;

- Estación total
- Estacas de madera
- Una cinta métrica
- Barrena holandesa
- Regla
- Bolsas de plásticos de 2 kg
- Etiquetas
- Lápiz

3.2.1.1. Delimitación

La delimitación del polígono se realizó mediante el método de la poligonal cerrada, dando un área equivalente a 3.435 hectáreas en el caso del Predio el Coyote y 2.727 hectáreas para el Predio Ombligo de Pilo. En el interior de cada Predio se realizó la toma 10 puntos (Pozos) como se muestran en las figuras 3.6 y 3.7. Siendo en general un trabajo de 20 puntos para ambos predios con sus determinadas coordenadas y altitud (Anexo A) utilizando un método de muestreo en zig-zag o al azar.

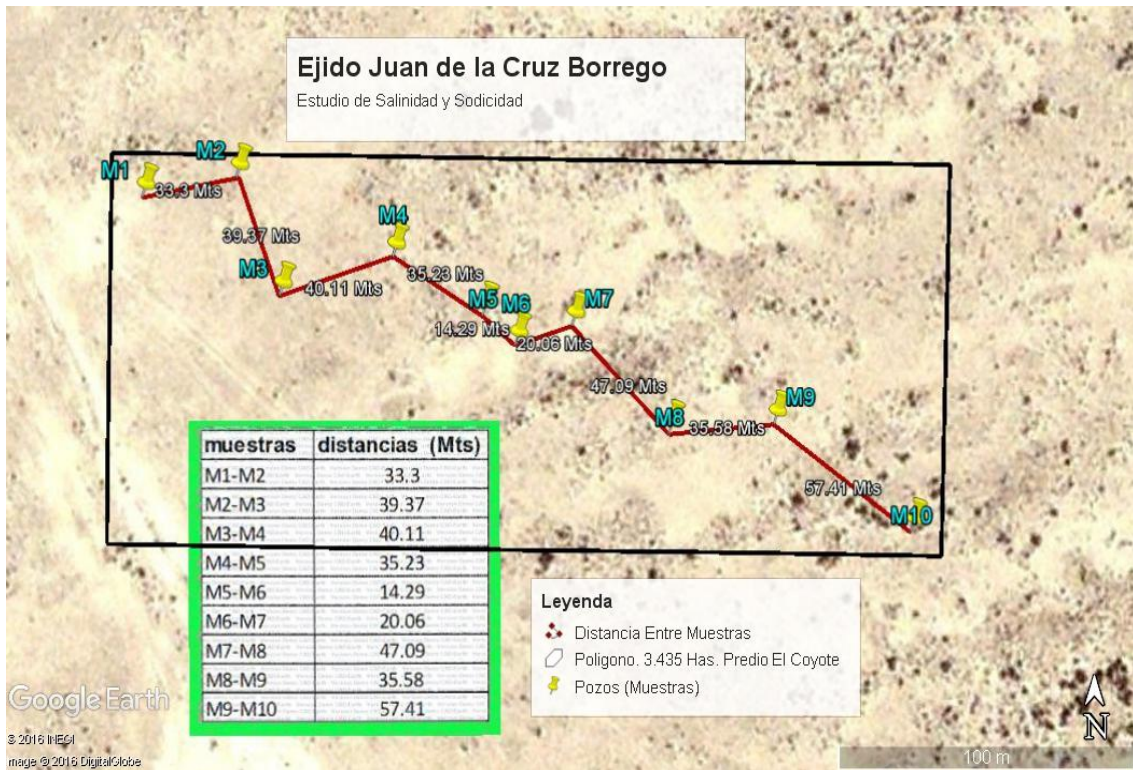


Figura 3.6. Delimitación del Predio El Coyote

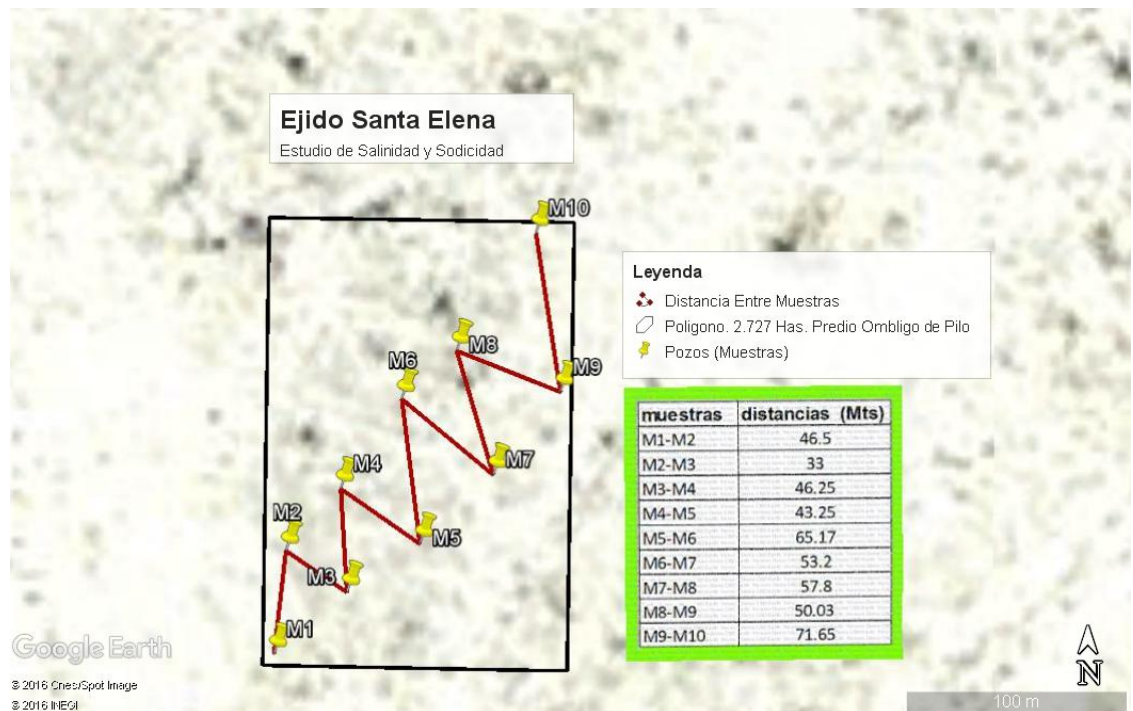


Figura 3.7. Delimitación del Predio Ombligo de Pilo

3.2.1.2. Muestreo de Campo

Comprendió como una práctica académica mediante el cual se solicitó un estudio de salinidad y/o sodicidad, de acuerdo con las necesidades que tienen algunos agricultores de ambas localidades. Para la verificar si existen problemas con este tipo de sales. Si el problema existe y es problemático, se debe presentar un aporte de seguridad a la implementación de nuevos cultivos que sean ampliamente resistentes. Generalmente se obtuvieron las muestras mediante la perforación en los puntos marcados con ayuda de la barrena holandesa. Aproximadamente se obtuvieron de 1 a 2 kilogramos de suelo a una profundidad del estrato de 0-30 y 30-60 cm. Teniendo un total de 40 submuestras para ambos predios.

3.2.2. Fase de Laboratorio

Para la realización de esta fase se utilizaron los siguientes materiales;

- Tamiz
- Potenciómetro
- Conductivímetro
- Cápsula de porcelana o vaso
- Espátula
- Probeta graduada
- Pipetas
- buretas
- Embudo Buchner
- Matraz de infiltración a vacío
- Matraces erlen leyer
- Papel filtro
- Bomba de vacío
- Agua destilada
- Termómetro

3.2.2.1. Análisis Químico

Es el proceso químico que se lleva a cabo a través de las muestras obtenidas en el campo. Como primer paso se pusieron a secar durante 15 días las 20 muestras a (30 y 60 cm de profundidad) dando un total de 40 submuestras, se trituraron y tamizaron, se llevaron al laboratorio y se empezaron a realizar las pastas de saturación y las determinaciones de pH, CE, Mg^{+2} , Ca^{+2} , Na^{+} , K^{+} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{-2} . Los resultados son cotejados de acuerdo a los rangos de salinidad y sodicidad que propone la USSL (Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos).

3.2.3. Fase de Elaboración de Mapas e Interpretación de Datos

Para la realización de esta fase se utilizaron los siguientes materiales;

- Calculadora
- Lápiz y Libreta
- Computadora
- Software (Word, Excel, Google Earth Pro, AutoCAD, CAD-Earth, ArcGIS, Surfer,)

3.2.3.1. Análisis de Datos para la Elaboración de Mapas

- Se ordenaron los datos obtenidos tanto en campo (coordenadas UTM) como los datos de laboratorio ya antes mencionado de la forma más coherente.
- Se corrieron datos de campo en ArcGIS para la elaboración de mapas espaciales mediante capas SHP obtenidos de la CONABIO.
- Se corrieron datos de laboratorio para la creación de planos de salinidad mediante un análisis geoestadístico mediante la interpolación Kriging utilizando programa Surfer.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo con el análisis químico de las muestras obtenidas de campo se determinaron los parámetros; pH, CE, Cationes (Ca^{+2} y Mg^{+2}) y los Aniones (Cl^- , CO_3^{-2} , HCO_3^- y SO_4^{-2}) (Anexo B y C). Para de esta manera clasificar el suelo utilizando los sitios de muestreo.

4.1. Planos

Con respecto a los datos obtenidos de laboratorio se procedió a realizar cálculos correspondientes, para la clasificación del suelo. Con base esto se empezó a generar un modelo geoestadístico mediante una interpolación Kriging para obtener los planos de isosalinidad, clasificándolos de acuerdo a una cierta profundidad como horizonte 1 y horizonte 2. Todo el procedimiento se llevó a cabo para los dos predios “El Coyote” y “Ombligo de Pilo”.

4.1.1. Planos de Isosalinidad Predio El Coyote

Los presentes planos de salinidad analizada se realizaron de acuerdo a los resultados obtenidos de (CE) tal como se pueden apreciar en las figuras 4.1-4.2.

Como se puede observar en figura 4.1 se muestra la distribución salina correspondiente al primer horizonte (cuadro 4.1) donde se encontró que 0.854 ha de suelo no presentan problemas de salinidad clasificado como suelos normales ya que tienen una conductividad eléctrica (CE) menor de 4 dS/m correspondiente al 24.86 por ciento del total del predio; 1.702 ha corresponde a un suelo ligeramente afectado puesto a que tiene una CE de 4-8 dS/m, que corresponde al 49.55 por ciento;

0.734 ha son suelos mediamente afectados ya que su CE está en un rango de 8-12 dS/m, obteniendo el 21.40 por ciento. 0.128 ha son suelos fuertemente afectados ya que poseen una CE entre 12-20 dS/m, teniendo el 3.74 por ciento y la parte más afectada del predio. Corresponde a solo 0.0155 ha clasificado como un suelo muy afectado con una CE mayor de 20 dS/m correspondiendo al 0.45 por ciento del área total.

Cuadro 4.1. Determinación de Áreas Salinas del Primer Horizonte Según su Conductividad Eléctrica.

CE (dS/m)	Área	% Afectado
< 4	0.8542	0
4-8	1.702	49.55
8-12	0.7345	21.40
12-20	0.1286	3.74
>20	0.0155	0.45

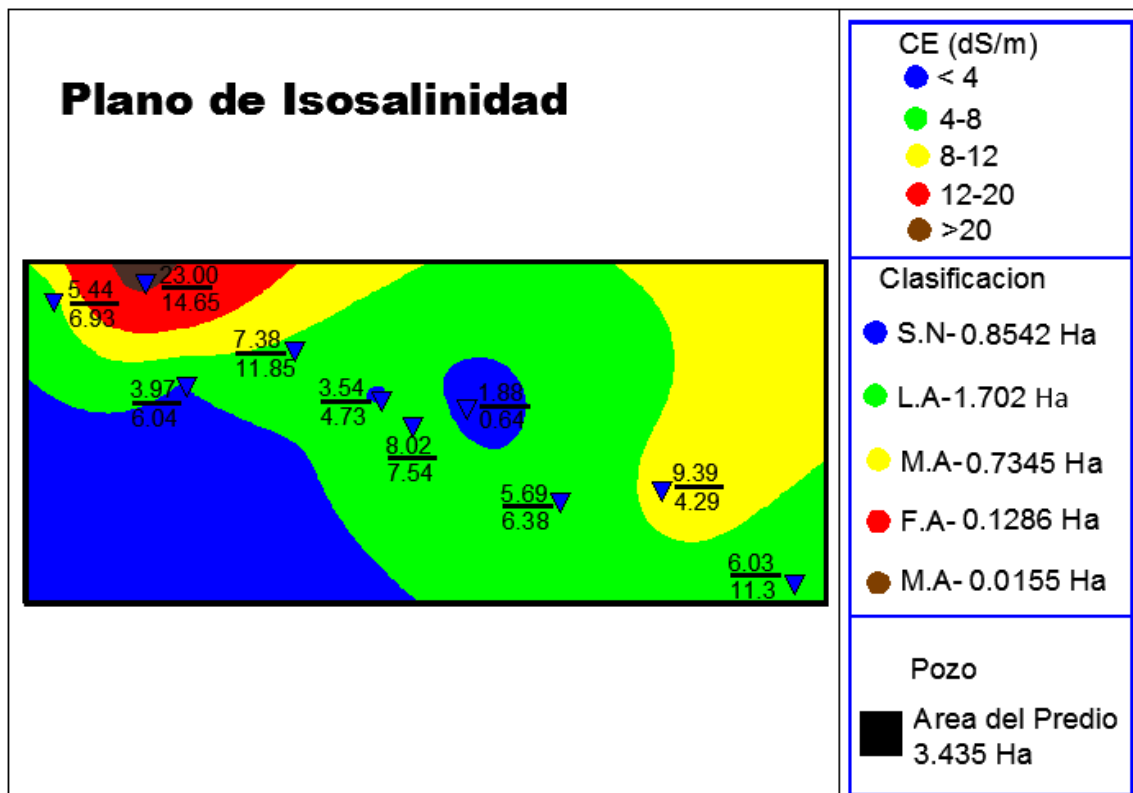


Figura 4.1. Plano de Salinidad Analizada Predio el Coyote

En la figura 4.2 correspondiente al segundo horizonte, cuadro 4.2 se puede observar la siguiente distribución salina en el perfil del suelo. Se determinó que 0.303 ha de suelo no presentan problemas de salinidad siendo clasificados como suelos normales con una CE menor de 4 dS/m correspondiente al 8.83 por ciento del total del predio; 2.526 ha corresponden a un suelo ligeramente afectado puesto que tiene una CE de 4-8 dS/m que corresponde al 73.54 por ciento; 0.515 ha son suelos mediamente afectados con una CE que se encuentra en un rango de 8-12 dS/m, obteniendo el 15 por ciento y la parte más afectada del predio corresponde a sólo 0.0905 ha clasificado como un suelo fuertemente afectado con una CE que se encuentra entre 16-20 dS/m correspondiendo al 2.63 por ciento del área total.

Cuadro 4.2. Determinación de Áreas Salinas del Segundo Horizonte de Acuerdo con su Conductividad Eléctrica.

CE (dS/m)	Área	% Afectado
< 4	0.3030	0
4-8	2.5261	73.54
8-12	0.5150	15.00
12-20	0.0905	2.63

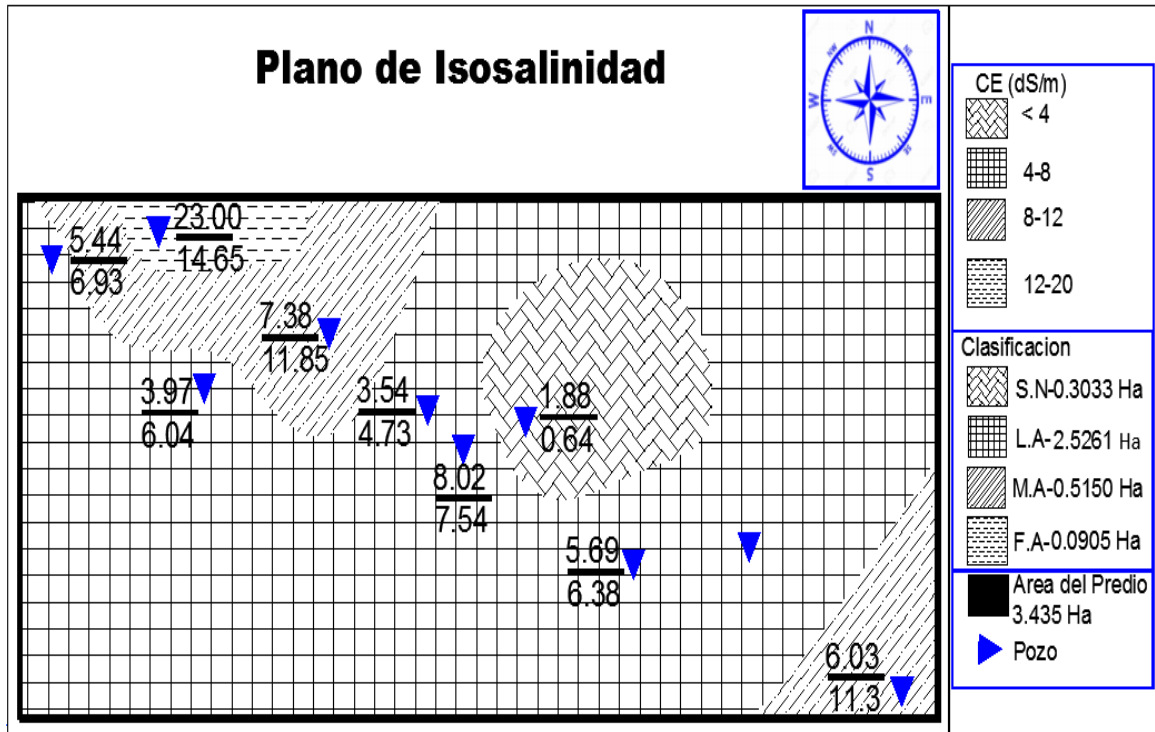


Figura 4.2. Plano de Salinidad Analizada (Segundo Horizonte)

4.1.1.1. Plano de Clasificación del Suelo

En la presente figura (4.3) se muestra la clasificación del suelo para el Predio el Coyote de acuerdo a los criterios mencionados por Otero *et al.*, (2007) donde se puede apreciar que el tipo de suelo para este predio es más salino que normal ya que 2.984 ha presentan Conductividades Eléctricas mayores a 4 dS/m, lo que equivale al 86.87 por ciento del total, mientras que solo el 13.13 por ciento es considerado como suelo normal, equivalente a 0.451 ha del terreno.

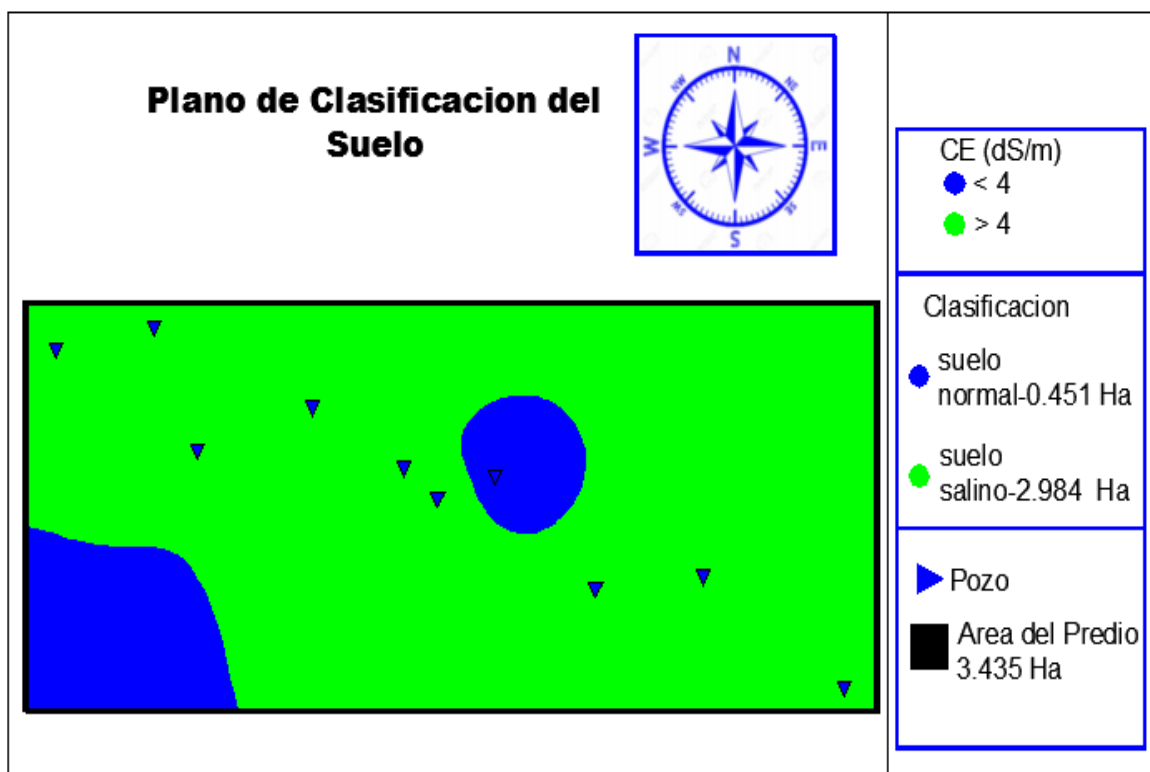


Figura 4.3. Plano de Clasificación del Suelo

4.1.2. Planos de Isosalinidad Predio Ombliigo de Pilo

Los presentes planos de salinidad analizada se realizaron de acuerdo a los resultados obtenidos de CE tal como se pueden apreciar en las figuras 4.4 y 4.5, determinándose que las 2.727 ha, pertenecientes a este predio no presentan ninguna distribución salina para ambos horizontes, ya que contienen una Conductividad Eléctrica (CE) menor de 4 dS/m, siendo clasificados como un Suelo Normal correspondiente al 100 por ciento del total del predio.

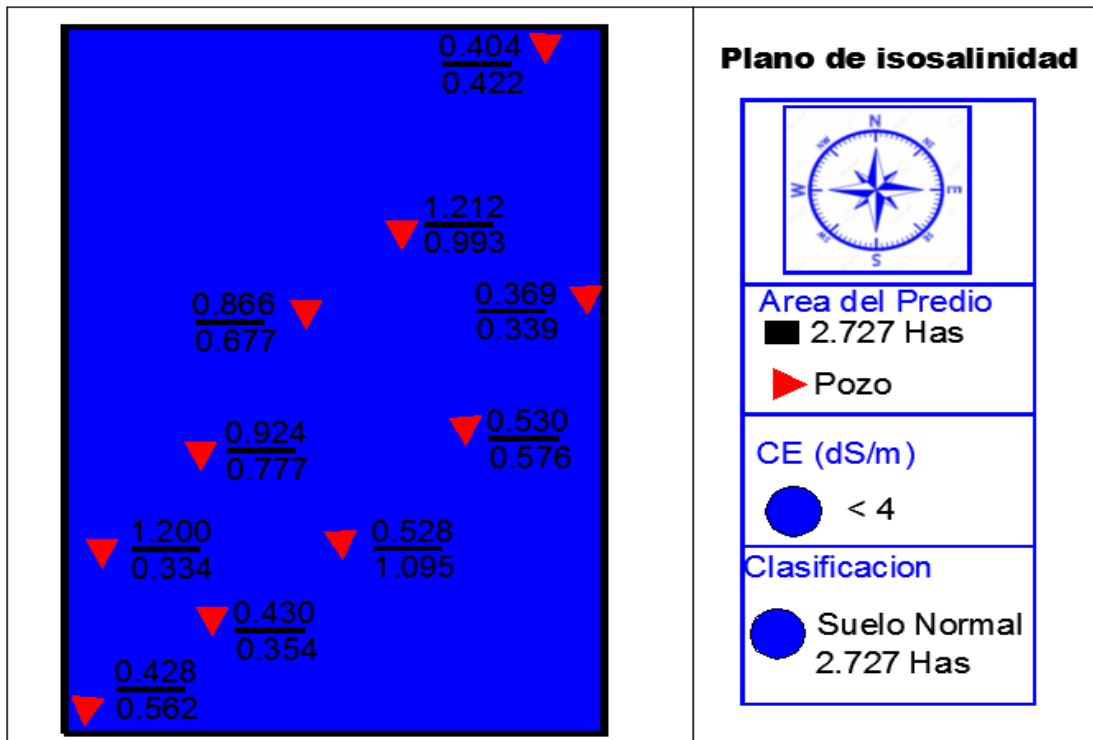


Figura 4.4. Plano de Salinidad Analizada Predio Omblogo de Pilo

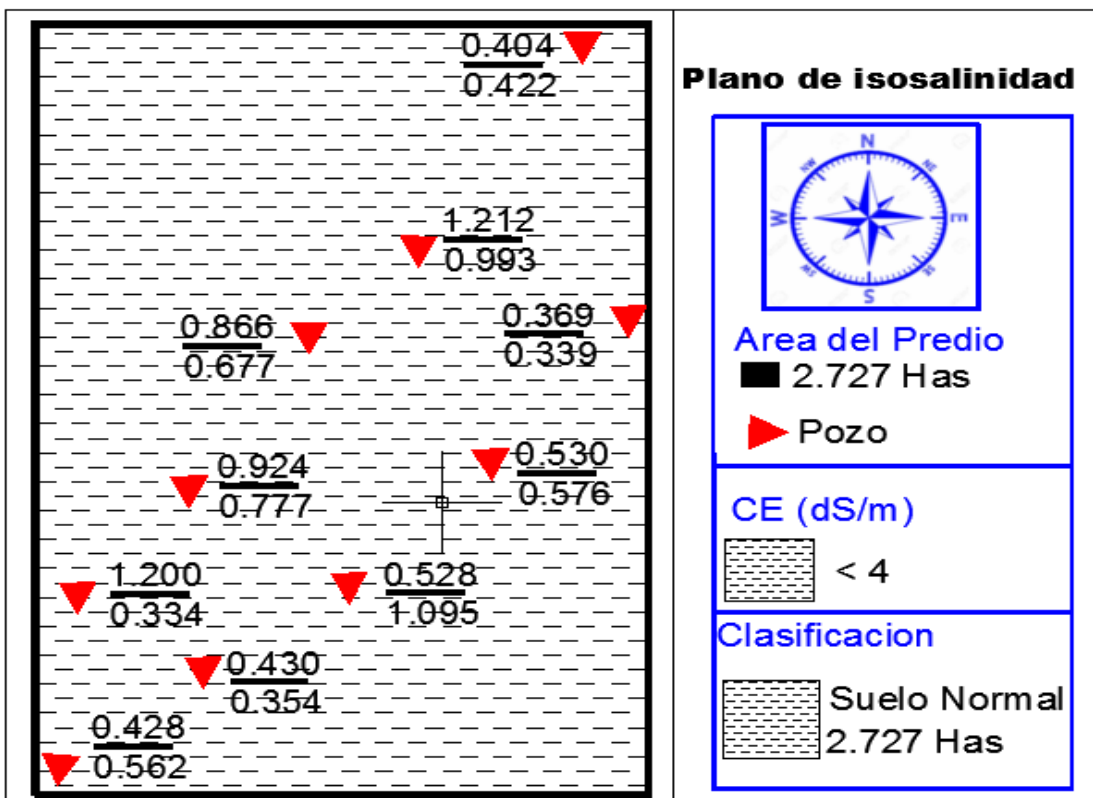


Figura 4.5. Plano de Salinidad Analizada (Segundo Horizonte)

V. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

- Se concluye que para el Predio el Coyote el suelo es salino, puesto a que representa el 86.87 por ciento total del mismo, ya que en sus dos horizontes predomina la salinidad.
- La trascendencia de la salinidad en el perfil suelo es de manera ascendente ya que en el segundo horizonte (subsuperficial) presenta el 91.17 por ciento afectado, mientras que el primero (superficial) es del 75.14 por ciento.
- El Predio Ombligo de Pilo es un suelo normal, no presenta problemas de salinidad. Por lo cual es apto para cualquier cultivo adaptable a dicha zona.
- Se recomienda establecer cultivos como maíz, trigo para el Predio Ombligo de Pilo. Ya que son cultivos que tienen mayor producción y generan mayores ganancias, en estas zonas de Ocampo, Coah.
- Se recomienda establecer cultivos resistentes para el Predio el Coyote como el algodnero ya que resiste una conductividad eléctrica de 7.7 dS/m. lo cual se podría establecer en 3.131 hectáreas de las 3.435 disponibles del predio.
- Se recomienda realizar otro muestreo para observar el comportamiento del ensalitramiento en el perfil del suelo, ya que el suelo es virgen y el problema puede agravarse si se hace mal manejo del mismo.

VI. LITERATURA CITADA

- Albert V., F. G. 2012. Restauración del Paisaje. Características edafológicas. Ediciones Paraninfo. S. A. España. Pp.4.
- Allbed, A. and Kumar, L. 2013. Soil Salinity Mapping and Monitoring in Arid and Semi-arid Regions using Remote Sensing Technology: a Review. Advances in Remote Sensing. Environmental and Rural Science, University of New England. Armidale, Australia. Pp.373.
- Apcarian., A.; Aruani., M. C.; Curetti., M.; Holzmann., R.; Irisarri., J.; Sánchez., E. y Schmid., P.2010. Manual Para el Productor y el Empacador. Pera Williams Capítulo 6. Manejo del suelo y Fertilización. Pp. 44.
- Balvanera., P. F.; Castellarini, C.; Pacheco, U. y Carrillo. 2008. Escurrimiento Medio Natural Superficial de México. Catálogo de Metadatos Geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional del Agua. Ocampo, Coahuila, México.
- Barkla J., B.; Vera E., R.; Balderas., E. y Pantoja., O. 2007. Mecanismos de Tolerancia a la Salinidad en Plantas. Biotecnología Vol.14. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.264.
- Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Tercera edición 2014, Actualización 2015. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. Pp. 44-57. 186-189.
- Bolívar D., M. 2012. Apuntes de Suelos Salinos y Sódicos. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo. Coahuila, Mexico. Pp.23.
- Castellanos, J.Z., 2006. Manual de interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Editorial Intagri. México. Pp. 3-4.

- Chávez., L. y L. M. González. 2009. Mecanismos moleculares involucrados en la tolerancia de las plantas a la salinidad. Vol. 105 Num.4. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Granma. Cuba. Pp. 231-233.
- Comunidades Europeas. 2009. Salinización y Sodificación. Agricultura sostenible y conservación de los suelos. Procesos de degradación del suelo. Ficha informativa No. 4. Continente, Europeo. Pp. 1-3.
- Coras M., P. M.; Ontiveros C., R. y Diakite D., L. 2014. Movimiento del Agua Freática y Concentración de Sales en suelos Agrícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 5, Núm. 4. Texcoco, México. Pp.538
- Cortés J., J. M. 2008. Metodo de Campo Para Determinar la Salinidad en Suelos Agrícolas. INIFAP.Centro de Investigacion Regional del Noroeste. Campo experimental Valle del Yaqui. Sonora, Mexico. Pp.2962.
- Cuervo R., A. P.; Téllez V., O.; Gómez A., M. A.; Venegas B., C. S.; Manjarrez., J. y Martínez M., E. 2014. Precipitación Anual de México. Catálogo de Metadatos Geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ocampo, Coahuila, México.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Pp. 1-48.
- Dorronsoro F., C. y F. I. García. 2000. Contaminación del Suelo. Tema 12 Contaminación por Sales Solubles. Departamento de edafología y Química Agrícola. Universidad Granada. España. Pp.3.
- Ferreira G, R.; Tavora F, J. F. and Ferreyra H, F. F. 2001. Dry matter partitioning and mineral composition of roots, stems and leaves of guava grown under salt stress conditions. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Vol.36, Num. 1. Pp.79.

- Francisco F., N. y M. A. Benavides. 2014. Impacto de la Salinidad y la Temperatura Diurna Sobre la Fluorescencia de la Clorofila en Fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.5 Núm.1. INIFAP. Ciudad de México. Pp. 158.
- García A., E. 2001. Clasificación Climática de Köppen a las Condiciones Particulares de la República Mexicana. Catálogo de Metadatos Geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ocampo, Coahuila, México.
- González R., S. L.; Quero C., A. R.; Franco M., O.; Ramírez A., C.; Ortega E., H. M. y Trejo L., C. 2011. Efecto de la Salinidad y la Temperatura Sobre el Crecimiento del Pasto Banderita. *Bouteloua curtipendula*. *Michx. Ciencia Ergo Sum*, Vol. 18, Núm. 1. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Pp. 60.
- Grigore M. N.; Toma C y Zamfirache M. M. 2010. An ecological approach for proposing and describing a new type of soil salinization. In: *World Soil Resources Reports* No. 105. FAO, Rome. Pp. 21
- Grover S., J.; Nguyen. T., H.; Sharp E., R. y Lee D., J. 2014. Desarrollo de Soya con Tolerancia a Grandes Estrés Bióticos. Publicado en *Pasturas de América*. University of Missouri Columbia. Pp. 1
- Hernández A., Y. y Soto P., N. 2014. Salinidad en la Soya. *Glycine max. L.* Merrill y Avances en el Estudio de los Mecanismos de Tolerancia. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 2014, Vol. 35, Núm. 2. Cuba. Pp. 61.
- Hernández Z., R. D.2002. Química de los Procesos Pedogeneticos del Suelo. Capítulo 3. La solución del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Pp. 80.
- Horneck. D. A.; Ellsworth J.W.; Hopkins. B. G.; Sullivan. D. M. and Stevens. R. G.2007. Managing saltaffected soils for crop production. *A Pacific*

Northwest Extension publication PNW 601-E. Oregon State University.
U.S. Pp. 3.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2012. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ocampo, Coahuila, México.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2001. Interpretación de Tipo de Suelos Edafología de México. Catálogo de Metadatos Geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ocampo, Coahuila, México.

Lamz P., A. y M. C. González C. 2013. La Salinidad Como Problema en la Agricultura, la Mejora Vegetal una Solución Inmediata. Cultivos Tropicales, Vol. 34, Núm. 4. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba. Pp. 35.

Manzano B., J. I.; Rivera O., P.; Briones E., F. y Zamora T., C. 2014. Rehabilitación de Suelos Salino-Sódicos, Estudio de Caso en el Distrito de Riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. Terra Latinoamericana, vol. 32, núm. 3. Chapingo, México. Pp. 211.

Martínez B., O. U. y G. J. Lara G. 2003. Potencial productivo de áreas de temporal en el estado de Coahuila. Una propuesta de conversión productiva. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación Especial Núm. 1. Coahuila, México. Pp. 3-22

Martínez V., N.; López A., C. V.; Basurto S., M. y Pérez L., R. 2011. Efecto por salinidad en el desarrollo vegetativo. Revista Tecnociencia Chihuahua, Vol. 5, Núm. 3. Chihuahua, México. Pp. 157-158.

Mata V., H.; Rodríguez M., V. H. y Patishtán P., J. 2014. Manejo Integral de Caña de Azúcar. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentaria. Monterey, México .Pp.53- 55.

- Medina, C. A.; Salazar C., T. E. y Álvarez P., J. L. (2010). Fisiografía y suelos. Gobierno del Estado de Veracruz. Veracruz, México. Pp. 42
- Méndez D., F. y González., J. 2009. Evaluación de la calidad del agua de riego usada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué (Tolima, Colombia). Revista Tumbaga. Pp.76.
- Niborski C., M. 2000. El exceso de sales y sodio en los suelos de las regiones áridas y semiáridas. Apuntes de conservación y planificación del uso de la tierra II. Universidad de Buenos Aires. Argentina. Pp. 1.
- Otero., L.; Francisco., A.; Gálvez., V.; Morales., R.; Sánchez. I.; Labaut., M.; Vento., M.; Cintra., M. y Rivero., L. 2007. Caracterización y Evaluación de la Salinidad. Ministerio de la Agricultura. Cuba. Pp. 3.
- Palacio., S.R.; Ramírez O., R.; Núñez T., R; López C., V. 2010. Evaluación de la salinidad potencial de aguas para riego en la cuenca del Cauto. Centro de Estudio para Agroecosistemas Áridos. Universidad de Holguín. Cuba. Pp. 2.
- Pastor M., J.; Martínez., A. y Rivas., W. 2014. Degradación Química de Suelos Agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. Revista Suelos Ecuatoriales, Vol. 44, Num.1. Venezuela. Pp.23.
- Porta C., J.; López A., R.; Poch C., R. M. 2014. Edafología, Uso y Protección de Suelos. Tercera Edición Mundi-prensa. 608 P. Madrid, España. Pp. 324-510
- Rivera M., G.; Palomo R., M.; Delgado G., R.; Estrada A. y Muñoz V., J. A. 2014. Evaluación de la Tolerancia a Salinidad y sódicidad de Cuatro Especies de Pasto en un Suelo Salino-Sódico de un Bosque Urbano. Agrofaz, Vol.14, Num.2. Cenid-Raspa, Inifap. Durango. Campo Experimental laguna, Inifap. Coahuila. México. Pp. 80.

- Rodríguez G., M. L.; Mata F., I.; López B., J.; Vela C., G. 2014. Dinámica de la Salinidad en los Suelos. Revista del Departamento el Hombre y su Ambiente, Vol.1, Num.5. Coyoacán, México. Pp. 34-35.
- Rodríguez M., V. M.; Ruíz C., J. A.; Padilla Ramírez., J. S. y Silva S., M. M. 2016. Mapeo Espacial de la Salinidad del Suelo a Través de Sensores Remotos, Estudio de Caso Norte de Tamaulipas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Núm. 13. INIFAP. Estado de México. Pp. 2579.
- Rojas B., J. R1.; Guerra F. A.; Arévalo G., J. A.; Guerrero J., L. y Leiva., F. R. 2015. Sensor de Conductividad Eléctrica Aparente para Definir Zonas Homogéneas de Manejo en Suelos Salinos. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, Vol. 9, Núm. 1. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Pp.87-88.
- Sánchez P., I.; Flores O., H. y Valdés., J. 1999. La Familia Amaranthaceae en la Flora Halófila y Gipsofila de México. Serie Botánica Num.70. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México. Pp.30.
- Saracho., M.; Jalabert., P.; Flores., M. y Carrizo., N. 2014. Correlación Entre Indicadores de Calidad Agronómica del Agua Residual Depurada de la Capital de Catamarca. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 18. Catamarca, Argentina. Pp. 28.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Salinidad del Suelo. Folleto Técnico, Núm. 6. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Nayarit, México. Pp. 30-31.
- Urrutia M., J.; Beltrán L., S.; Loredó O., C.; Díaz D., M. O. y Gámez V., H. G. 2007. Chamizo: Forrajero de calidad en Zonas Semiáridas. Folleto Técnico, Num.30. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental San Luis. México. Pp. 1-4.

- Vanegas B., C. M. 2011. Manejo de Suelos Salinos y Sódicos. Centro de Investigación y Estudio del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua. Pp. 3-4.
- Villa C., M.; Catalán V., E. A.; Inzunza I, M. A. y Ulery, A. L. 2006. Absorción y Translocación de Sodio y Cloro en Plantas de Chile Fertilizadas con Nitrógeno y Crecidas con Estrés Salino. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 29, núm. 1. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. Pp. 80.
- Villarreal Q., J. A. y D J. A. Encina. 2005. Plantas Vasculares Endémicas de Coahuila y Algunas Áreas Adyacentes, México Acta Botánica Mexicana, núm. 70. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, México. Pp. 6. 19-46.
- Wahome, P. K.; Jesch, H. H. and Grittner, I. 2001. Mechanisms of Salt Stress Tolerance in Two Rose Rootstocks: Rosa Chinensis Major and R. Rubiginosa. Scientia Horticulture. Pp.207-208.
- Zamudio G., B.; López P., L.; Alcántar G., G.; González E., D. R.; Ruiz C., J. A. y Castellanos Z., J. 2004. Delimitación de Áreas Salinas en el Distrito de Riego de Caborca, Sonora, México. Terra Latinoamericana, Vol. 22, Núm. 1. Chapingo, México. Pp. 92.
- Zapata H., R. D. 2006. Química de los Procesos Pedogenéticos. Aportes al Desarrollo de la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Pp.152.

Internet

http://www.fertiyeso.cl/docs/bibliografia/salinidad_suelos.pdf

http://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quim2/quimicall/L_1_lonesensuelo.pdf

<http://earth.google.com>

ANEXO A

Ejido Juan de la Cruz Borrego "Predio el Coyote" Ocampo, Coahuila.

Zona: 13 R	Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator)		
Predio (A=3.435 Ha)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
Punto 1	669034.98 m	3120210.35 m	1055 msnm
Punto 2	669034.60 m	3120332.75 m	1054 msnm
Punto 3	669316.07 m	3120331.71 m	1056 msnm
Punto 4	669316.18 m	3120209.98 m	1053 msnm

Coordenadas de los Pozos

Pozo	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
1	669045.34 m	3120318.48 m	1055 msnm
2	669077.98 m	3120325.1 m	1055 msnm
3	669092.14 m	3120288.36 m	1056 msnm
4	669130.14 m	3120301.21 m	1056 msnm
5	669160.4 m	3120283.17 m	1055 msnm
6	669171.43 m	3120274.09 m	1055 msnm
7	669190.43 m	3120280.52 m	1055 msnm
8	669223.64 m	3120247.13 m	1054 msnm
9	669259.04 m	3120250.71 m	1054 msnm
10	669305.88 m	3120217.51 m	1053 msnm

Ejido Santa Elena "Predio Ombligo de Pilo" Ocampo, Coahuila.

Zona: 13 R	Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator)		
Predio (A= 2.727 Ha)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
Punto 1	697382.91 m	3087222.55 m	1095 msnm
Punto 2	697383.32 m	3087422.00 m	1098 msnm
Punto 3	697519.90 m	3087421.98 m	1099 msnm
Punto 4	697519.39 m	3087222.37 m	1096 msnm

Coordenadas de los Pozos

Pozo	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
1	697387.86 m	3087227.65 m	1096 msnm
2	697392.57 m	3087273.91 m	1097 msnm
3	697420.22 m	3087255.89 m	1096 msnm
4	697416.73 m	3087302.01 m	1097 msnm
5	697452.68 m	3087277.97 m	1097 msnm
6	697443.42 m	3087342.48 m	1097 msnm
7	697485 m	3087309.29 m	1097 msnm
8	697467.68 m	3087364.43 m	1098 msnm
9	697514.47 m	3087346.72 m	1098 msnm
10	697502.37 m	3087417.34 m	1098 msnm

ANEXO B

Datos de Laboratorio Ejido Juan de la Cruz Borrego "Predio el Coyote" Ocampo, Coahuila.

Muestra	Prof. cm	pH	CE ds/m	Mg+2 Meq/lto	Ca+2 Meq/lto	CO3- Meq/lto	HCO3- Meq/lto	Cl- Meq/lto	SO4- Meq/lto	Clasificación del Suelo
Profundidad 0-30 cm										
1	30	7.45	5.44	16.5	22	0.2	9	53.3	10.71	Salino
2	30	7.75	23	48.4	149	0	12	180.3	24.07	Salino
3	30	8.09	3.97	10.12	15.4	0.2	6	36.8	17.47	Normal
4	30	8.37	7.38	64.38	15.6	0.1	6	73.6	15.85	Salino
5	30	8.16	3.54	5.5	14	0.3	5	46	21.76	Normal
6	30	8.09	8.02	61.6	6.6	0.3	9	72.6	9.16	Salino
7	30	7.75	1.88	6.38	6.82	0.2	5	15.6	19.96	Normal
8	30	8.04	5.69	8.36	22.8	0.4	10	56.1	16.96	Salino
9	30	8.13	9.39	101.6	22.8	0.2	6	113.1	18.76	Salino
10	30	8.05	6.03	145	28.1	0.3	5	56.1	14.9	Salino
Profundidad 30-60 cm										
1	60	6.44	6.93	45.1	23.1	1	10	58.8	19.62	Salino
2	60	6.86	14.65	120.5	53.2	3.6	36	148.1	11.99	Salino
3	60	7.29	6.04	26.1	20	0.9	12	53.3	18.25	Salino
4	60	7.35	11.85	107.8	42.2	1.2	20	124.2	7.88	Salino
5	60	7	4.73	17.3	9	1.1	9	45	10.79	Salino
6	60	7.86	7.54	56.7	24.2	1.9	24	64.4	26.04	Salino
7	60	7.06	0.64	7.4	2.2	0.6	8	6.44	18.76	Normal
8	60	7.22	6.38	33.66	18	1	21	47.8	20.22	Salino
9	60	7.41	4.29	18.4	7.4	1.2	18	39.5	9.85	Salino
10	60	7.18	11.3	106.9	45.7	2.9	39	130.6	7.71	Salino

ANEXO C

Datos de Laboratorio Ejido Santa Elena "Predio Ombligo de Pilo" Ocampo, Coahuila.

Muestra	Prof. cm	pH	CE ds/m	Mg+2 Meq/lto	Ca+2 Meq/lto	CO3- Meq/lto	HCO3- Meq/lto	Cl- Meq/lto	SO4- Meq/lto	Clasificación Del Suelo
Profundidad 0-30 cm										
1	30	7.36	0.428	4.06	2.3	0.5	2	2.3	8.28	Normal
2	30	7.8	0.43	1.4	3.8	0.5	2	2.3	8.7	Normal
3	30	7.83	0.598	2.2	3.3	0.75	3	2.7	7.36	Normal
4	30	7.94	0.53	3.5	2.2	0.75	2.5	2.7	9.85	Normal
5	30	7.73	0.369	2.5	1.3	0.75	2	1.3	6.9	Normal
6	30	8.06	0.562	2.5	3.1	0.5	1.5	1.8	8.45	Normal
7	30	8.08	0.354	2.6	1.1	0.75	2	2.3	9.62	Normal
8	30	7.98	1.095	1.2	9.9	1.5	1.5	1.3	11.53	Normal
9	30	7.92	0.576	2.4	3	0.5	2.5	2.3	9.85	Normal
10	30	8.02	0.339	2	1.2	0.5	1.5	1.3	6.31	Normal
Profundidad 30-60 cm										
1	60	7.54	1.2	5.5	9.9	0.25	3	2.7	11.87	Normal
2	60	7.72	0.924	2.2	9.9	0.75	2.5	4.1	5.39	Normal
3	60	7.87	0.866	1.8	9.2	1	2.5	2.3	9.7	Normal
4	60	7.88	1.212	4	13.2	1.25	3	3.6	10.42	Normal
5	60	7.85	0.404	1.5	2.8	0.5	1.5	1.8	7.08	Normal
6	60	8.07	0.334	2.3	1.2	0.75	2	2.3	6.27	Normal
7	60	7.98	0.777	1.7	7	0.5	2.5	2.7	10.7	Normal
8	60	7.95	0.677	6.1	3	1.25	2	1.8	9.7	Normal
9	60	7.87	0.993	2	9.4	1	3	2.7	10.82	Normal
10	60	8	0.422	1.7	2.4	0.75	2	1.8	7.27	Normal