



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



**IDENTIFICACIÓN DE SUELOS CON PROBLEMAS DE SODICIDAD EN**  
**VILLA DE RAMOS, SAN LUIS POTOSÍ**

Por

**Fidel Alvarado Torres**

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de  
Maestro en Producción Agropecuaria



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



**IDENTIFICACIÓN DE SUELOS CON PROBLEMAS DE SODICIDAD EN  
VILLA DE RAMOS, SAN LUIS POTOSÍ**

Por:

**Fidel Alvarado Torres**

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de  
Maestro en Producción Agropecuaria

Asesores:

M.C. José Carmen Soria Colunga

Dra. Catarina Loredó Osti

Dr. Jesús Tapia Goné

Soledad de Graciano Sánchez. S.L.P.

Diciembre de 2011

El trabajo titulado “**Identificación de Suelos con Problemas de Sodicidad en Villa de Ramos, San Luis Potosí**” fue realizado como requisito parcial para obtener el grado de “**Maestro en Producción Agropecuaria**” en el área de Sistemas de Producción de Hortalizas, fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

M. C. José Carmen Soria Colunga

---

Dra. Catarina Loredo Osti

---

Dr. Jesús Tapia Goné

---

Ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. a los 5 días del mes de diciembre de 2011.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a mis hermanas Verónica y Mayra Cristina y en especial a mi madre que me dió la vida y ha estado conmigo en todo momento y sobre todo porque me ha dado esta carrera tan maravillosa para mi futuro y sobre todo por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el poder contar con ustedes en todo momento.

A mi familia entera por sus palabras de aliento y motivación que hicieron posible darme cuenta que la mejor manera de superación es el estudio.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y a la Facultad de Agronomía que me forjaron como profesional y a todos los maestros que transmitieron sus conocimientos.

Para poder realizar esta tesis de la mejor manera posible fue necesario el apoyo de muchas personas a las cuales quiero agradecer infinitamente.

En primer lugar a mi madre por su apoyo moral el cual me sirvió para esforzarme y poder lograr el término de esta maestría y hacer que sienta orgullo por mí.

A mis asesores de la presente tesis, el M.C. José Carmen Soria Colunga, que gracias a sus conocimientos y a su carácter me ha forjado como profesional. A la Dra. Catarina Loredó Osti, que gracias a su paciencia y alientos han hecho que concluya estos estudios. Y como olvidar al Dr. Jesús Tapia Goné, que con sus sabios consejos y ayuda me motivaron a concluir el trabajo de investigación.

Y como olvidar a mis grandes amigos Lilia y Chepe que con ellos aprendí los que es el compañerismo y amistad sincera, el poder trabajar en equipo, siempre serán especiales en mi vida.

A mis amigas bibliotecarias Ilda, Jessy y Perla, que siempre me brindaron el apoyo necesario en las investigaciones y tareas encomendadas por los profesores.

## CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMARY.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Específicos.....	1
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Generalidades.....	3
Suelo.....	3
Suelos Salinos.....	5
PSI y RAS.....	5
Suelos Sódicos.....	6
Efectos del Sodio.....	7
Causas del sodio en el suelo.....	7
Causas Antrópicas.....	7
Tolerancia de los cultivos al sodio intercambiable.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Localización de los Sitios de Estudio.....	9
Fisiografía.....	10
Clima.....	10
Vegetación.....	11
Provincia Geológica.....	11

Muestreo de Suelos.....	11
Análisis de Laboratorio.....	12
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>14</b>
Suelos Predominantes.....	14
Ap 0-20 cm.....	14
B/a 20 35 cm.....	14
Bk (w) 35-65 cm.....	14
Cb 65-80 cm.....	15
Ck 80-x.....	15
Ap 0-35.....	18
Bw 35-55.....	18
Bk 55-90.....	19
Ap 0-45.....	22
A 45-85.....	22
Ab 85-130.....	23
Bk 130-160.....	23
Irrigación.....	27
Calidad del Agua.....	27
Drenaje Agrícola.....	28
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Categorías de suelo por salinidad y sodicidad.....	6
2	Vegetación predominante en los sitios de estudio.....	11
3	Descripción morfológica del perfil PSLP-204-2010, Rancho Los Rodríguez, Villa de Ramos, San Luis Potosí.....	16
4	Los Rodríguez, Villa de Ramos, S.L.P. PSLP-204-2010. Resultados del análisis completo de suelo.....	17
5	Descripción morfológica del perfil PSLP-206-2010, Rancho Lagunillas, Villa de Ramos, San Luis Potosí.....	20
6	Lagunillas, Villa de Ramos, S.L.P. PSLP-206-2010. Resultados del análisis completo de suelo.....	21
7	Descripción morfológica del perfil PSLP-208-2010, Rancho El Cuervo, Villa de Ramos, San Luis Potosí.....	24
8	El Cuervo, PSLP-208-2010". Resultados del análisis completo de suelo. .	26
9	Análisis de agua del Rancho Los Rodríguez.....	29
10	Análisis de agua del Rancho Lagunillas.....	30
11	Análisis de agua del Rancho El Cuervo.....	31
12	Matriz de coeficiente de correlación de los resultados de los análisis de suelos de las zonas hortícolas de Villa de Ramos, San Luis Potosí.....	33



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización del área de estudio.....	9
2	Distribución de la precipitación y temperatura de la estación San Rafael, Villa de Ramos, S.L.P.....	10
3	Vegetación predominante del perfil edáfico Los Rodríguez, Villa de Ramos, San Luis Potosí.....	18
4	Vista panorámica en el Rancho Lagunillas, Villa de Ramos, San Luis Potosí.....	22
5	Vegetación existente en Rancho El Cuervo, Villa de Ramos, San Luis Potosí.....	27
6	Gráfica de la relación entre CE y Na.....	32
7	Gráfica de la relación entre Na <sup>+</sup> y SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .....	34
8	Gráfica de relación entre CE y Ca <sup>2+</sup> .....	35
9	Gráfica de relación entre CE y SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .....	35
10	Gráfica de relación entre PSI y Na <sup>+</sup> .....	36

## RESUMEN

La identificación de la presencia de suelos sódicos en las zonas hortícolas más importantes de Villa de Ramos, San Luis Potosí, nos permite conocer la problemática de los productores en cuanto a su baja producción causada por este tipo de suelos; la mayoría de ellos desconocen la causa de su baja producción y más aun la solución para remediar los problemas de sodicidad de las zonas agrícolas mediante el uso de mejoradores como el yeso agrícola.

Se desarrolló un estudio en las zonas de mayor producción de hortalizas en el municipio de Villa de Ramos para identificar la presencia de sodio en los suelos cultivados. El periodo de estudio comprendió de abril de 2010 a mayo de 2011. Se realizaron perfiles edáficos que se describieron en campo; las muestras de cada perfil se enviaron a laboratorio para realizar un análisis completo de suelo donde se determinaron las propiedades físicas y químicas más importantes. Además se tomaron muestras de agua de los pozos que abastecen los cultivos de cada zona muestreada; los datos obtenidos sirvieron como referencia para identificar el origen de la sodicidad presente en las zonas de estudio. Los sitios estudiados presentaron pocos problemas de sodicidad, aunque cabe destacar el Rancho Lagunillas, donde los índices de sodio fueron altos (PSI=17) después de los 35 cm de profundidad. El PSI en las zonas de estudio “El Cuervo” y “Los Rodríguez” fueron en promedio de 11, lo que nos indica que no existen problemas de sodio en el suelo. Los problemas en los cultivos pueden estar relacionados con aguas de riego de mala calidad con índices de salinidad altos.

## SUMMARY

The identification of the presence of sodic soils in the horticultural areas from Villa de Ramos, San Luis Potosi, lets us know the problems of producers in terms of its low production caused by these soils, most of them know the cause its low production and moreover the solution to fix the agricultural areas through the use of enhancers such as agricultural gypsum.

A study was conducted in the producing land areas from Villa de Ramos to identify the sodium presence. The study period comprised since April 2010 to May 2011. The profiles were performed soil as described in the field, samples of each profile is sent to laboratory to perform a complete analysis of soil where they determined the physical and chemical properties important. Also, samples of water from the wells supplying each zone crops sampled data obtained were used as reference for identifying the origin of sodicity present in the study area. The areas studied had few sodicity problems, but include the “Lagunillas” site, where rates of sodium were high (PSI = 17) after 35 cm depth. The PSI for the study areas, “El Cuervo” and “Los Rodríguez” were an average of 11, which indicates that there are no sodium ground where the problem lies in the water by high salinity.

## INTRODUCCIÓN

En el estado de San Luis Potosí, el municipio de Villa de Ramos es uno de los principales productores de chile seco, dado que cuenta con la mayor superficie de riego en el estado (INEGI, 2002). En general, el inadecuado manejo de los recursos de suelo y agua en esta región, aunado a la pobre fertilidad del suelo y la mala calidad del agua han ocasionando el deterioro del suelo, provocando una baja producción de los cultivos hortícolas de la región, sin embargo, San Luis Potosí se encuentra entre los principales productores a nivel nacional en la producción de chile seco, donde destaca el municipio de Villa de Ramos (INEGI, 2002).

Los suelos sódicos se desarrollan en las regiones áridas, donde el lavado de sales es de naturaleza local y las sales solubles no pueden ser transportadas muy lejos. Esto no solo ocurre en zonas donde hay poca precipitación para lavar y transportar las sales, sino también a consecuencia de la elevada evaporación, característica de los climas áridos, que tiende a concentrar las sales en los suelos y en el agua superficial (Díaz, 1991).

En San Luis Potosí existe poco conocimiento de los problemas que causan los suelos sódicos. Esta limitante ha conllevado a la degradación de los suelos en las zonas hortícolas de Villa de Ramos, lo cual limita el desarrollo de los principales cultivos hortícolas predominantes de la región. El conocimiento de las características físicas y químicas del suelo, así como de la calidad del agua es fundamental para identificar el tipo de suelo con el cual están trabajando los agricultores y poder determinar el grado de sodicidad de los suelos.

### **Objetivo General**

identificar los suelos denominados sódicos en tres sitios de estudio en el municipio de Villa de Ramos, San Luis Potosí.

### **Objetivos Específicos**

1. Identificar y caracterizar los suelos con problemas de sodio en las zonas hortícolas de Villa de Ramos, San Luis Potosí.
2. Determinar las características físicas, químicas y morfológicas de los suelos sódicos de Villa de Ramos, S. L. P.

### **Hipótesis**

En las áreas hortícolas del municipio de Villa de Ramos, existen problemas de sodicidad en los suelos.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades

#### Suelo

La palabra suelo tiene varios significados. En general se refiere a la superficie suelta de tierra que se distingue de la roca sólida. El nombre de suelo se deriva de la palabra latina *solum*, la cual significa piso o superficie de la tierra. El suelo se refiere al material que alimenta y sostiene el crecimiento de las plantas, donde todos los suelos son capaces de sustentar vida vegetal (Foth y Turk, 1985).

El suelo se considera como el medio natural para el desarrollo de las plantas y está limitado en profundidad hasta donde penetran las raíces. Para el productor nacional el término “tierra” es equivalente a “suelo”. El suelo es la capa donde se desarrollan los cultivos. Los suelos a diferencia de las plantas, con frecuencia no muestran límites bien definidos sino que en muchos casos se aprecia una variación continua y sus límites son establecidos por una definición que resulta útil desde el punto de vista de su uso y manejo (Ortiz y Ortiz, 1987).

Los suelos se desarrollan como resultado de la interacción de cinco factores: material madre, clima, organismos, topografía y tiempo. Los primeros cuatro son factores tangibles que interactúan en el tiempo para crear cierto número de procesos específicos que conducen a la diferenciación de horizontes y a la formación del suelo. Algunos investigadores, han tratado de demostrar, en forma nada convincente, que esos factores son variables independientes; esto es, que cada uno de ellos puede cambiar y variar de un lugar a otro sin influencia de ninguno de los otros. Solo el tiempo puede considerarse como una variable independiente; los otros cuatro dependen en mayor o menor grado uno de otro, del suelo mismo o de algún otro factor (Fitzpatrick, 1984).

El proceso de formación del suelo puede ocurrir en un sitio o puede ser resultado de los fenómenos de transporte. En el primer caso, el suelo presenta afinidad con la roca subyacente de la cual se originó; en el segundo, el suelo se forma por la deposición de partículas minerales arrastradas por el viento y las corrientes fluviales o producidas por erupciones volcánicas (Fortanelli, 1999).

La mejor manera de acercarse al conocimiento de las características de un suelo, es iniciar la observación del perfil; esto se logra cavando un pozo o calicata, preferentemente con tres paredes verticales y una escalonada: las paredes deben tener por lo menos 70 cm de anchura. El corte debe de hacerse de ser posible hasta alcanzar la roca de la cual originó, en suelos muy profundos suele ser suficiente una excavación de 180 cm. El perfil puede mostrar una serie de divisiones, orientadas normalmente a una tendencia horizontal a manera de estratos, los cuales se corresponden con segmentos del suelo de rasgos peculiares. En la ciencia del suelo estos estratos son conocidos como horizontes. Cada horizonte es el resultado de acciones y combinaciones específicas de los elementos formadores del suelo (clima, roca madre, organismos, topografía y tiempo) a lo largo de su evolución (Fortanelli, 1999).

Se han hecho muchos intentos para demostrar que algunos factores son más importantes que otros y, por lo tanto, desempeñan un papel principal en la formación de los suelos. Esos esfuerzos en realidad no son muy realistas ya que cada factor es absolutamente esencial y ninguno de ellos puede considerarse más importante que otro, pero localmente un factor puede ejercer una influencia mucho más fuerte (Fitzpatrick, 1984).

La creciente demanda de alimentos para una población en crecimiento con patrones de consumo más intensos, constituye una enorme fuente de presión sobre los ecosistemas naturales (para ser transformados en terrenos agrícolas o pecuarios), lo que favorece el deterioro del suelo. La degradación de los suelos se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana. En la degradación de suelos se reconocen dos procesos: 1) el que implica el desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causal a la erosión hídrica y la eólica y 2) el que se refleja en un detrimento de la calidad del suelo, tal como la degradación química, física y biológica. La degradación de los suelos se refiere al impacto negativo sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo que altera su capacidad de sustentar la producción de biomasa, de infiltrar el agua y de capturar carbono (SEMARNAT/CONOFOR/INE, 2007).

## **Suelos Salinos**

Los suelos salinos se encuentran de un modo natural y en equilibrio con su medio ambiente. En la clasificación de la FAO se les denomina Solonchaks. Las sales como agente contaminante, son el resultado de un mal uso por parte del hombre, en la inmensa mayoría de los casos son consecuencia del uso de aguas de riego de mala calidad. La concentración de sales confiere al suelo unas propiedades muy particulares con efectos muy nocivos para los cultivos. La conductividad eléctrica ha sido el parámetro utilizado en la estimación de la salinidad. Se basa en la velocidad con que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales en solución. Se mide a 25°C en un conductímetro y las medidas se expresan en dS/m (Dorronsoro y García, 2002).

## **PSI y RAS**

La concentración de sodio se puede medir, bien en la disolución del suelo o bien en el complejo de cambio. En el primer caso se denomina relación 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 calcio o por el contrario sodio). El porcentaje de sodio respecto a los demás cationes adsorbidos se denomina porcentaje de sodio intercambiable (PSI) (Dorronsoro y García, 2002).

$$\text{PSI} = 100 \times \text{Na}^+ / \text{CIC}$$

Se considera que un suelo puede empezar a sufrir problemas de sodificación y dispersión de la arcilla cuando el PSI > 15%.

A partir del RAS se puede calcular el porcentaje de sodio intercambiable (PSI):

$$\text{PSI} = 100 (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS}), \text{ dividido entre } 1 + (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})$$



Cuadro 1. Categorías de suelos por salinidad y sodicidad.

<b>Tipos de Suelos</b>	<b>CEs</b>	<b>Temperatura</b>	<b>PSI</b>
Suelos normales	CEs < 4 dSm	25°C	PSI < 15%
Suelos salinos	CEs > 4 dSm	25°C	PSI < 15%
Suelos sódicos	CEs < 4 dSm	25°C	PSI > 15%
Suelos salino-sódicos	CEs > 4 dSm	25°C	PSI > 15%

Fuente: Dorronsoro y García, 2002

### **Suelos Sódicos**

Los suelos sódicos son aquellos que contienen suficiente sodio intercambiable para que afecte adversamente la producción de los cultivos y la estructura de la mayoría de los suelos. Estos suelos corresponden a los Solonetz de la WRB, 1998. La problemática de estos suelos se conoce desde hace más de dos siglos y sus bases conceptuales fueron establecidas a finales del siglo XIX y a principios del siglo XX por Hilgard, Desigmond, entre otros. No obstante fue hasta 1954, con la publicación del libro "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils" por el personal del United States Salinity Laboratory de Riverside (Richards *et al.*, 1969), que sientan las bases teóricas y prácticas para el diagnóstico y para el asesoramiento acerca de cómo manejar los suelos (Porta *et al.*, 2003).

Este tipo de suelos origina una destrucción de su estructura, y por tanto al disminuir su porosidad, utilizar el lavado para su corrección no es muy aconsejable, debido a la deficiencia de su drenaje. La recuperación, tiene que ser abordada mediante la eliminación de sodio aplicando yeso, entre otros productos, que reaccionarían con el carbonato sódico, formando carbonato cálcico y sulfato sódico (Ibáñez, 2008).

Los suelos sódicos son aquellos que tienen un horizonte subsuperficial (endopendion nátrico), arcilloso (arcilla aluviada), con estructura maciza, que a veces puede ser columnar, con sedes de intercambio en una proporción igual o superior al 15%. El pH del suelo se mantiene por debajo del 8.5 (Porta *et al.*, 2008).

Los suelos sódicos se forman a partir de materiales no consolidados, sedimentos de textura fina, a veces depósitos de sedimentos marinos o aluviales salinos, que se han drenado o secado de forma natural, suelen estar asociados a terrenos planos o suavemente ondulados en climas con veranos cálidos y secos, en regiones

semiáridas, templadas o subtropicales. El riego continuo con agua salino-sódica, junto con una precipitación anual escasa y una elevada evapotranspiración, pueden aumentar de forma significativa la sodicidad del suelo. Esto se traducirá en un deterioro de la estructura y propiedades físicas asociadas a ella, en especial el movimiento del agua, del aire y la erosión del suelo, así como un deficiente crecimiento de la mayoría de las plantas (Porta *et al.*, 2008).

Estudios recientes han indicado que tales recomendaciones (uso de mejoradores) no son suficientes y que una aplicación indiscriminada puede provocar pérdidas de estructura del suelo. Suárez *et al.*, (1984) demostraron que el pH era un factor importante en la conductividad hidráulica y dispersión de los suelos. Recientemente Pratt y Suárez (1989) demostraron que en suelos áridos no era posible la utilización de una única relación entre conductividad eléctrica y sodicidad para la predicción de la estabilidad del suelo debido a la gran variabilidad entre tipos de suelos.

### **Efectos del Sodio**

Un contenido elevado de sodio, determina una condición física inadecuada en el perfil del suelo, reduciendo la infiltración del agua. Induce condiciones químicas y nutricionales no deseables. La dispersión de agregados y la reducción del tamaño de poros disminuyen la permeabilidad del suelo al aire y al agua. Los Iones  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  contrarrestan los efectos del sodio. La evaluación de la condición de suelo sódico se basa en la relación de adsorción de sodio (RAS) de extracto de pasta saturada (Honorato, 2000).

### **Causas del sodio en el suelo**

Existen causas naturales tales como roca madre con alto contenido de sales solubles, partes bajas del relieve con manto freático cercano a la superficie, zonas de recepción de aguas de escorrentía o suelos de textura fina con mal drenaje. Zonas próximas al mar o lagos salados.

También existen causas antrópicas como: riego con sales o fertilizaciones excesivas, actividad industrial por medio de la contaminación atmosférica o mediante las aguas de la cuenca y remosiones de mantos que afloran las rocas salinas en la superficie del terreno.

### **Tolerancia de los cultivos al sodio intercambiable**

Los efectos del sodio intercambiable pueden ser directos por la interacción del sodio en la fisiología de la planta, que es lo que estudió Pearson (1960) e indirectos. En este segundo caso los efectos derivan de la influencia del sodio intercambiable sobre propiedades físicas del suelo. El medio para el crecimiento de las raíces y para el movimiento del agua se hace más desfavorable.

La tolerancia del sodio ha sido menos estudiada con respecto a la salinidad, no disponiéndose de información acerca de la disminución esperada en el rendimiento.

La tolerancia a las condiciones de sodicidad varían con: la variedad, estadio de crecimiento, condiciones del medio y el nivel de manejo (Porta *et al.*, 2003).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización de los Sitios de Estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el municipio de Villa de Ramos, San Luis Potosí, donde se cuenta con importantes zonas hortícolas localizadas en suelos con posibles problemas de sodicidad. Se seleccionaron tres predios productores de chile seco en los cuales se hizo un perfil edáfico en cada uno de ellos, los sitios de estudio fueron: Rancho Los Rodríguez con las siguientes coordenadas  $23^{\circ}00'43.1''$  latitud N y  $102^{\circ}08'17.4''$  longitud W, altitud de 1995 msnm. Rancho Lagunillas con las coordenadas de  $23^{\circ}02'29''$  latitud N y  $102^{\circ}11'39.1''$  longitud W, con una altitud de 1991 msnm. Rancho El Cuervo, que se encuentra entre las coordenadas  $23^{\circ}03'23.6''$  latitud N y  $102^{\circ}11'42.7''$  longitud W, con una altitud de 1988 msnm.

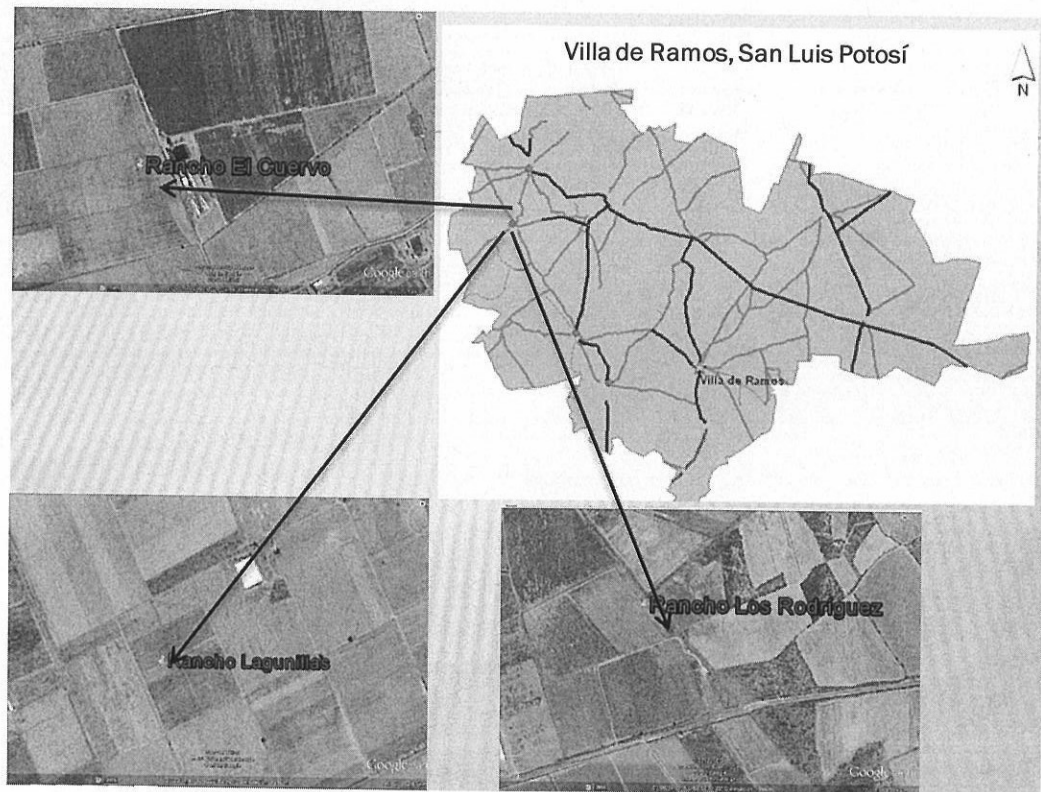


Figura 1. Localización del área de estudio

## Fisiografía

Los sitios de muestreo se ubican en la región del altiplano (mesa del centro). Este paisaje senil, sugiere que el área ha sufrido los efectos del clima árido durante largos periodos. El viento es posiblemente el responsable, en gran parte, del modelado del relieve actual (Rzedowski, 1961).

## Clima

La temperatura máxima promedio anual es de 39.5°C, la temperatura media promedio es de 15.7°C y la temperatura mínima promedio es de 7.8°C. La precipitación promedio anual es de 292.7 mm (Medina *et al.*, 2005).

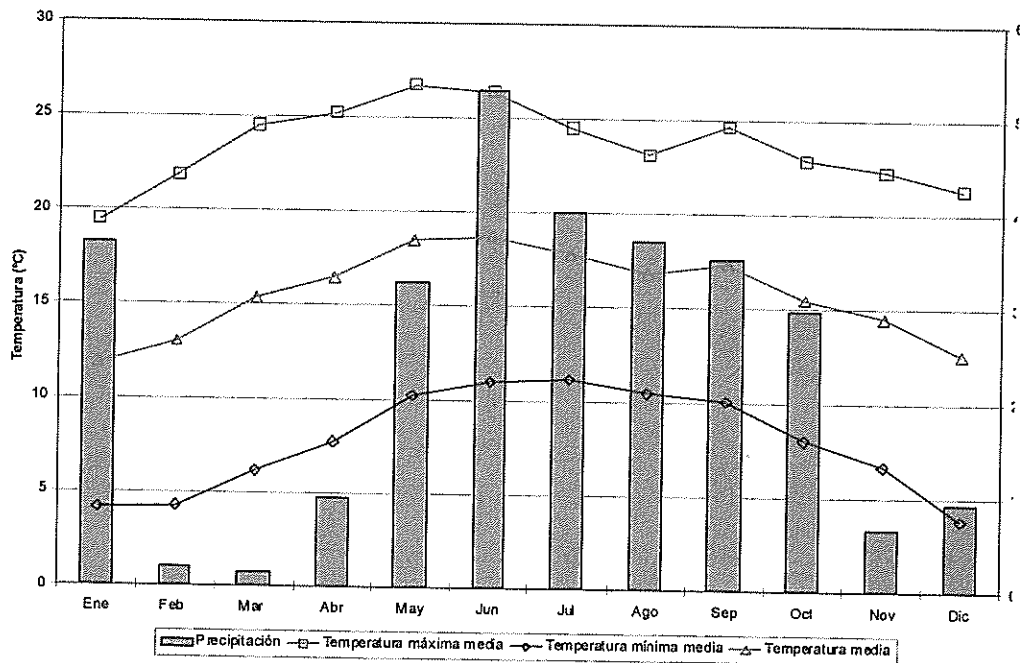


Figura 2. Distribución de la precipitación y temperatura de la estación San Rafael, Villa de Ramos, S. L. P.

## Vegetación

En la zona de estudio del municipio, se clasificó la vegetación como matorral desértico micrófilo. Este tipo de vegetación crece preferentemente en terrenos planos y las principales especies se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Vegetación predominante en los sitios de estudio.

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>
Nopal	<i>Opuntia sp.</i>
Cardón	<i>Opuntia leucotricha</i>
Huizache	<i>Acacia pennatula</i>
Palma china	<i>Yucca filifera</i>

## Provincia Geológica

Este municipio que fue seleccionado para realizar la toma de muestras se encuentra en la provincia geológica zacatecana (Ortega-Gutiérrez, 1992). Esta zona es de un aluvión de la era cuaternaria.

Los perfiles estudiados en este municipio corresponden a los siguientes claves: PSLP-204-2010, Los Rodríguez, PSLP-206-2010, Lagunillas, PSLP-208-2010, El Cuervo, todos en el municipio de Villa de Ramos S.L.P.

## Muestreo de Suelos

Se realizaron tres perfiles edáficos o calicatas con posibles problemas de sodicidad a una profundidad de 1.60 o en su caso al encontrar la roca madre antes de dicha profundidad, de cada perfil se tomaron muestras de los horizontes identificados. Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Pico, pala, pica, bolsas de plástico, cinta canela, cinta métrica, libreta, GPS, cámara fotográfica, marcadores, tubos de ensaye, tablas de Munsell, placa de porcelana, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 8%, HCl, (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) al 5%, (BaCl<sub>2</sub>),

Para los sitios de estudio del municipio de se abrieron perfiles edáficos, por una superficie de 100 cm de ancho por 1.60 m de profundidad o hasta topar con el material originario del suelo, dando la orientación de la cara de la toma de muestras al norte, excavando verticalmente en forma manual con pala y pico. Para elegir la ubicación de cada uno de los perfiles, se consideraron aquellos sitios representativos.

Una vez abiertos los perfiles, se describieron mediante la toma de datos externos e internos del mismo.

Se identificó el tipo de vegetación, la pendiente del sitio, para poder determinar el grado y tipo de erosión, esto se hizo con un nivel de mano, se tomó la presencia de pedregosidad superficial y el uso actual del suelo al momento de realizar el perfil. Del interior de los perfiles se determinó la profundidad y el espesor de los horizontes morfogenéticos, el color en seco y en húmedo con el apoyo de las tablas de Munsell, la textura al tacto, la estructura, la adhesividad, la porosidad, la plasticidad, la cantidad y tamaño de las raíces, los carbonatos totales utilizando para su determinación una muestra de suelo sobre una placa de porcelana y agregando unas gotas de ácido clorhídrico (HCl) al 10%.

La materia orgánica se determinó agregando unas gotas de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) al 8%, para la determinación de sulfatos, cloruros y yeso, se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 5 gramos, agregando 50 ml de agua destilada, una cucharadita de carbón activado, agitándola y dejándola reposar durante 30 minutos, después filtrar y repitiendo el filtrado en tres tubos de ensaye, uno para cada prueba química.

Para el caso de los sulfatos se agregó al tubo de ensaye de tres a cinco gotas de cloruro de bario ( $BaCl_2$ ) 1N y se observó el precipitado. Para la prueba de yeso, se agregó al tubo una parte igual a la del filtrado de acetona al 99%, se tapó y agitó de forma vigorosa durante un minuto, se dejó de agitar y reposar 15 minutos y se observó el precipitado. Para la determinación de los cloruros se agregó al tubo de diez a quince gotas del indicador dicromato de potasio ( $K_2CrO_4$ ) al 5%, se agitó y agregó nitrato de plata ( $AgNO_3$ ) y se observó el precipitado. Una vez determinados estos datos se procedió a tomar muestras de suelo en bolsas de plástico debidamente selladas y rotuladas (2 kg) de cada uno de los horizontes identificados (Soria, 2010).

### **Análisis de Laboratorio**

Una vez colectadas las muestras de suelo de los perfiles edáficos, fueron secadas a temperatura ambiente, tomando las precauciones necesarias para evitar contaminarlas. Las muestras se enviaron al laboratorio de suelos y aguas del INIFAP de Celaya, Guanajuato. Se solicitó un análisis completo para dictaminar la problemática de sodio de los sitios estudiados. Los principales datos que se

solicitaron fueron características físicas y químicas del suelo, fertilidad, salinidad-sodicidad (RAS, PSI, CIC, CEE, pH).



## RESULTADOS Y DISCUSION

### Suelos Predominantes

Según la carta edafológica F13B49 escala 1:50000, el suelo predominante para los sitios de estudio de Villa de Ramos, son Xerosol haplico asociado a suelo Xerosol luvico con una textura media (INEGI, 1982).

A continuación se realiza una descripción por horizonte del Perfil PSLP-204-2010, Los Rodríguez, Villa de Ramos, San Luis Potosí.

Para este perfil edáfico, se encontraron 5 horizontes (Ap, B/A, Bk (w), CB y Ck).

#### Ap 0-20 cm

Textura, limo-arcillosa, color en seco, 5/3, café, color en húmedo 2.5/3, marrón muy oscuro. Estructura, migajosa, débil muy fina. Plasticidad, ligeramente plástico. Adhesividad, ligeramente adhesivo. Raíces, muy abundantes. Poros, detríticos. Carbonatos totales, muy ligero calcáreo. Materia orgánica, media. Sulfatos, bajo. Yeso, bajo. Cloruros, si hay cloruros (Cuadro 3).

#### B/a 20-35 cm

Textura, arcilloso. Color en seco, 4/4, café, color en húmedo 2.5/3, marrón muy oscuro. Estructura, migajosa, débil muy fina. Plasticidad, ligeramente plástica. Adhesividad, ligeramente adhesivo. Raíces, finas abundantes. Poros, tubulares. Carbonatos totales, muy ligero calcáreo. Materia orgánica, media. Sulfatos, no detectable. Yeso, no detectable. Cloruros, si hay cloruros (Cuadro 3).

#### Bk (w) 35-65 cm

Textura, arenoso. Color en seco, 6/6, amarillo rojizo, color en húmedo 5/8, pardo fuerte. Estructura, bloques subangulares, moderada escasa. Plasticidad, no plástico. Adhesividad, no adhesivo. Raíces, muy finas, abundantes. Poros, vesiculares. Carbonatos totales, muy calcáreo. Materia orgánica, baja. Sulfatos, bajo. Yeso, bajo. Cloruros, si hay cloruros (Cuadro 3).

**Cb 65-80 cm**

Textura, arenoso. Color en seco, 8/3, rosa, color en húmedo, 6/8, amarillo rojizo. Estructura, bloques subangulares, fuerte gruesa. Plasticidad, no plástico. Adhesividad, ligeramente adhesivo. Raíces, muy fina, abundante. Poros, intersticiales. Carbonatos totales, muy calcáreo. Materia orgánica, no detectable. Sulfatos, bajo. Yeso, bajo. Cloruros, si hay cloruros (Cuadro 3).

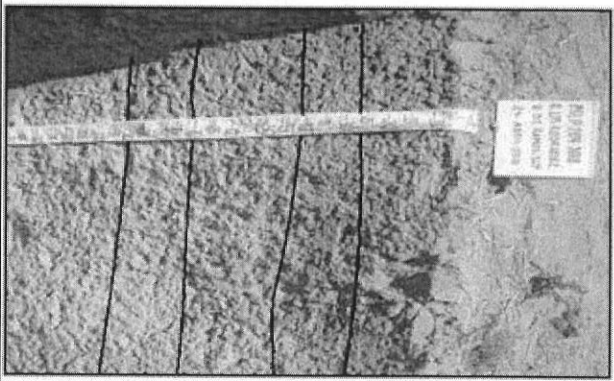
**Ck 80-x**

Textura, arenoso. Color en seco, 7/4, rosa, color en húmedo, 6/4, marrón claro. Estructura, bloques subangulares, fuerte gruesa. Plasticidad, no plástica. Adhesividad, no adhesivo. Raíces, muy finas, abundantes. Poros, intersticiales. Carbonatos totales, muy calcáreo. Materia orgánica, no detectable. Sulfatos, bajo. Yeso, bajo. Cloruros, si hay cloruros (Cuadro 3).

En el cuadro 4 se presentan los resultados del análisis completo de fertilidad y salinidad realizada para los horizontes del perfil PSLP-204-2010. Ahí se observa que todos los horizontes presentan una conductividad eléctrica menor a 4 ds/m y un PSI menor de 15% lo cual indica que en el sitio no se presenta problemas de salinidad ni sodicidad en el suelo. El problema de la baja productividad de este sitio de estudio, es la mala calidad del agua de riego que está clasificada como un C<sub>3</sub> (alta en salinidad).

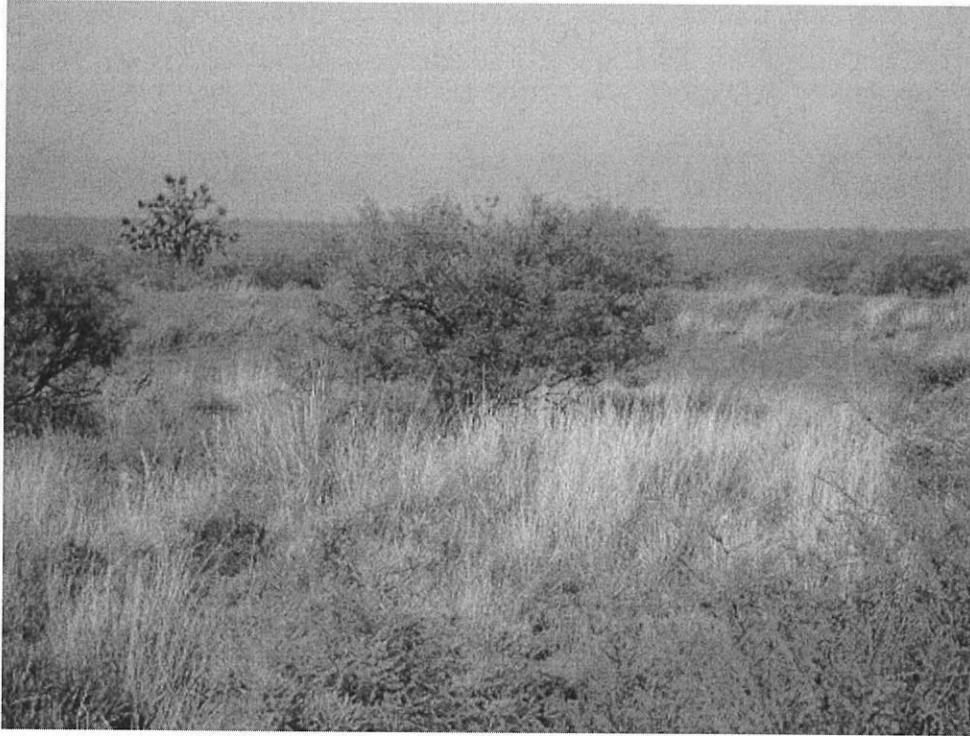
**Cuadro 3. Descripción morfológica del perfil PSLP-204-2010, Rancho Los Rodríguez, Villa de Ramos, San Luis Potosí.**

Altitud: 2232 msnm	Coordenadas: 23°00'43.1"N; 102°08'17.2"O		Clima: semi seco templado				
PPMA: : 429.6mm	Tma: 17.6°C máx: 30.45°C y mín: 7°C	Origen: Aluvial		Geología: Cuaternario			
Material basal	Topografía: Ondulada		Pedregosidad:				
Uso actual del suelo: Preparación de barbecho	Erosión: Eólica severa		Salinidad: Moderado, presencia de zación alcalino				
Vegetación nativa: Nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ), palma ( <i>Phoenix theophrasti</i> ), huizache ( <i>Acacia farnesiana</i> ), mezquite ( <i>Prosopis velutina</i> ), gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> )	Cultivos: chile, avena, cebada						
Horizontes de diagnóstico: Ocrico y cámbico	Clasificación USDA: Entisol		Clasificación WRB/AO: Cambisol				
Esquema/imagen	Horizontes de Genéticos						
	Denominación	Ap	B/A	Bk (w)	CB	CK	
	Prof. (Cm)	0-20	20-35	35-65	65-80	80-x	
	Textura (tacto)	Limo-arcilla	Arcilloso	Arenoso	Arenoso	Arenoso	
	Color	Seco 5/3 Café	Húmedo 2.5/3 Very dark brown	4/4 Café 2.5/3 Very dark Brown	6/6 rojizo amarillento 5/8 Strong brown	8/3 Rosa 6/8 Reddish yellow	7/4 Rosak 6/4 Light brown
	Estructura	Migajosa, débil-muy fina	Migajosa, débil-muy fina	Bloques subangulares moderada gruesa	Bloques subangulares fuerte gruesa	Bloques subangulares fuerte gruesa	
	Plasticidad	Ligeramente plástico	Ligeramente plástico	No plástico	No plástico	No plástico	
	Adhesividad	Ligeramente adhesivo	Ligeramente adhesivo	No adhesivo	Ligeramente adhesivo	No adhesivo	
	Raíces	Fina- abundante	Fina-abundante	Muy fina-abundante	Muy fina-abundante	Muy fina-abundante	
	Poros	Detriticos	Tabulares	Vesiculares	Intersticiales	Intersticiales	
	Carbonatos totales	Muy ligero calcáreo	Muy ligero calcáreo	Muy calcáreo	Muy calcáreo	Muy calcáreo	
	M.O.	Media	Media	Baja	No detectable	No detectable	
	Sulfatos	Bajo	No detectable	Bajo	Bajo	Bajo	
	Yeso	Bajo	No detectable	Bajo	Bajo	Bajo	
	Cloruros	Si hay cloruros	Si hay cloruros	Si hay cloruros	Si hay cloruros	Si hay cloruros	



**Cuadro 4. Los Rodríguez, Villa de Ramos, S.L.P. PSLP-204-2010. Resultados del análisis completo de suelo.**

Horizonte	Ap	B/A	Bkw	Cb	Ck
Profundidad en (cm)	0-20	20-35	35-65	65-80	80-X
Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	1.52	1.24	1.11	1.17	1.28
Textura					
Arena	78.92%	63.84%	78.92%	86.92%	87.92%
Limo	15.0%	28.0%	16.0%	9.0%	8.0%
Arcilla	6.08%	8.16%	5.08%	4.08%	4.08
Clase textural	Areno Franco	Franco Arenoso	Areno Franco	Areno Franco	Arena
pH relación 1:2. en agua	9.0	9.22	9.13	8.97	8.69
Materia orgánica (%)	0.52	0.93	1.25	0.31	0.39
Sodio (ppm)	477	719	1058	925	669
Nitrógeno total (ppm)	14.1	7.04	12	9.86	9.15
Potasio (ppm)	1002	1556	1295	1191	1092
Fosforo aprovechable (ppm)	17.3	8.92	0.45	0.20	0.55
Punto de saturación (%)	23.0	40.0	56.4	48.0	44.0
Iones solubles (meq L <sup>-1</sup> )					
HCO <sub>3</sub>	2.64	0.52	1.88	0.76	10.2
Cl <sup>-</sup> (%)	7.29	3.38	4.04	3.15	8.09
SO <sub>4</sub>	5.31	0.01	3.86	3.96	0.01
Na <sup>+</sup>	10.9	3.47	7.91	6.08	9.86
K <sup>+</sup>	1.07	0.33	0.35	0.33	0.81
Ca <sup>+2</sup>	4.38	1.51	4.02	2.47	6.39
Mg <sup>+2</sup>	1.62	0.92	2.25	1.29	2.83
Iones intercambiables (meq/100gr)					
Na <sup>+</sup>	2.07	3.13	4.06	4.02	2.91
K <sup>+</sup>	2.82	3.98	3.31	3.05	2.79
Ca <sup>+2</sup>	15.6	23.3	24.5	18.8	15.5
Mg <sup>+2</sup>	1.89	4.01	6.11	4.63	5.02
Carbonatos totales como CaCO <sub>3</sub> (%)	1.93	2.94	16.8	38.3	44.6
Extracto de saturación					
CEe (dS/m)	1.64	0.55	1.21	0.98	1.79
pHe	8.22	8.45	8.11	8.13	7.91
RAS	11.7	14.2	19.9	19.9	15.5
PSI	9.24	9.10	11.9	13.2	11.1
CIC	22.4	34.4	38.5	30.5	26.2



**Figura 3. Vegetación predominante del Perfil edáfico Los Rodríguez, Villa de Ramos, San Luis Potosí.**

A continuación se realiza una descripción por horizonte del Perfil PSLP-206-2010, Lagunillas, Villa de Ramos, San Luis Potosí.

Para este perfil edáfico, se encontraron 3 horizontes (Ap, Bw y Bk).

#### **Ap 0-35 cm**

Textura, arena arcillosa. Color en seco, marrón amarillento, color en húmedo, marrón amarillento. Estructura, laminar. Plasticidad, ligeramente plástica. Adhesividad, ligeramente adhesivo. Raíces, finas, abundantes. Poros, vesicular. Carbonatos totales, no detectables. Sulfatos, no detectable. Yeso, no detectable. Cloruros, medio (Cuadro 5).

#### **Bw 35-55 cm**

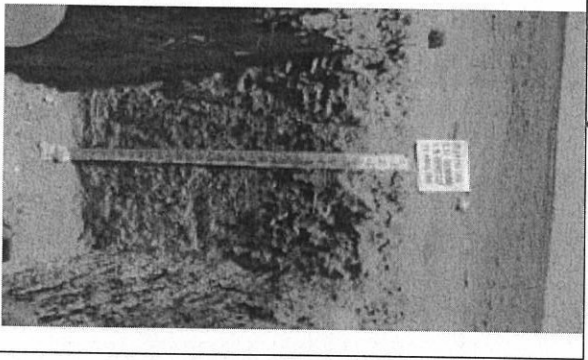
Textura, arena arcillosa. Color en seco, marrón oscuro, color en húmedo, amarillo muy oscuro. Estructura, prismática. Plasticidad, no plástica. Adhesividad, ligeramente adhesivo. Raíces, muy gruesas, medias y comunes. Poros, tubulares. Carbonatos totales, no detectables. Materia orgánica, alto. Sulfatos, no detectable. Yeso, no detectable. Cloruros, medio (Cuadro 5).

**Bk 55-90 cm**

Textura, arena arcillosa. Color en seco, marrón amarillento, color en húmedo, marrón oscuro. Estructura, laminar. Plasticidad, ligeramente plástica. Adhesividad, adhesivo. Raíces, finas, medias, gruesas, comunes. Poros, tubulares. Carbonatos totales, altos. Materia orgánica, altos. Sulfatos, no detectable. Yeso, no detectable. Cloruros, medio (Cuadro 5).

En el cuadro 6 se presentan los resultados del análisis completo de fertilidad y salinidad realizada para los horizontes del perfil PSLP-206-2010. Ahí se observa que todos los horizontes presentan una conductividad eléctrica menor a 4 ds/m y un PSI mayor de 15% en después de los 35 cm de profundidad por lo que se considera un suelo con severos problemas de sodicidad, motivo por el cual su de baja producción, aunado a esto la mala calidad de agua de riego, donde se clasifico como un C<sub>5</sub> (extremadamente alto en salinidad) que la explotación de productos hortícolas en este sitio de estudio.

**Cuadro 5. Descripción morfológica del perfil PSLP-206-2010, Rancho Lagunillas, Villa de Ramos, San Luis Potosí.**

Altitud: 1991msnm	Coordenadas: 23°02'29"N	102°11'39,1"W	Clima: Seco (BSW)	
PPMA: 293,8mm	Tma: 17°C	Origen: Aluvial.	Geología: Cuaternaria	
Material basal: Roca sedimentarias clásticas.	Topografía: Plana.	Erosión: Eólica ligera	Pedregosidad: Nula	
Uso actual del suelo: Agrícola		Cultivos: Frijol	Salinidad: Nula	
Vegetación nativa: Nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ), palma ( <i>Phoenix theophrasti</i> ), huizache ( <i>Acacia farnesiana</i> ), mezquite ( <i>Prosopis velutina</i> ), gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> )				
Horizontes de diagnóstico: Ocrico y Cambico	Clasificación USDA: Aridisol		Clasificación WRB/FAO: Calcisol	
Esquema/Imagen				
				
		Horizontes de Genéticos		
Denominación	Ap.	Bw.	Bk.	
Prof. (Cm)	0-35	35-55	55-90	
Textura (tacto)	Arena arcillosa	Arena arcillosa.	Arena arcillosa.	
Color	Seco	Dark yellowish brown.	Dark, yellowish brown	
	Húmedo	Dark, yellowish brown	Dark, brown.	
Estructura	Laminar	Prismática.	Liminal.	
Plasticidad	Ligeramente plástica.	No plástica.	Ligeramente plástica.	
Adhesividad	Ligeramente adhesivo.	Ligeramente adhesivo.	Adhesivo.	
Raíces	Finas, abundantes.	Muy gruesas, medias y comunes.	Medias gruesas, finas y comunes.	
Poros	Vesicular.	Tubular.	Tubular.	
Carbonatos totales	No detectables.	No detectables.	Altos.	
M.O.	Alto	Alto.	Alto.	
Sulfatos	No detectable.	No detectable.	No detectable.	
Y eso	No detectable.	No detectable.	No detectable.	
Cloruros	Medio.	Medio.	Medio.	

**Cuadro 6. Lagunillas, Villa de Ramos, S.L.P. PSLP-206-2010. Resultados del análisis completo de suelo.**

Horizonte	Ap	Bw	Bk
Profundidad en (cm)	0-35	35-55	55-90
Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	1.61	1.36	1.33
Textura			
Arena	78.92%	77.92%	61.84%
Limo	15.0%	13.0%	16.0%
Arcilla	6.08%	9.08%	22.16%
Clase textural	Areno Franco	Franco Arenoso	Franco Arcillo Arenoso
pH relación 1:2.5: en agua	8.82	9.52	9.26
Materia orgánica (%)	0.61	0.65	0.83
Sodio (ppm)	224	938	1531
Nitrógeno total (ppm)	12.7	10.6	7.04
Potasio (ppm)	898	684	434
Fosforo aprovechable (ppm)	14.3	1.69	0.35
Punto de saturación (%)	21.0	31.0	38.0
Iones solubles (meq L <sup>-1</sup> )			
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.78	1.38	0.46
Cl <sup>-</sup> (%)	3.24	3.07	4.51
SO <sub>4</sub>	3.05	3.63	22.4
Na <sup>+</sup>	2.91	3.63	26.0
K <sup>+</sup>	0.51	0.19	0.20
Ca <sup>+2</sup>	5.70	6.93	12.2
Mg <sup>+2</sup>	3.56	2.83	4.40
Iones intercambiables (meq/100gr)			
Na <sup>+</sup>	0.97	4.08	6.66
K <sup>+</sup>	2.3	1.75	1.11
Ca <sup>+2</sup>	14.3	15.3	16.5
Mg <sup>+2</sup>	1.89	1.93	2.49
Carbonatos totales como CaCO <sub>3</sub> (%)	0.80	1.18	10.5
Extracto de saturación			
CEe (dS/m)	1.03	0.98	3.50
pHe	8.21	8.41	8.0
RAS	5.71	23.1	36.1
PSI	4.97	17.7	24.9
CIC	19.5	23.1	26.8





**Figura 4. Vista panorámica en el Rancho Lagunillas, Villa de Ramos, San Luis Potosí.**

A continuación se realiza una descripción por horizonte del **Perfil PSLP-208-2010**, El Cuervo, Villa de Ramos, San Luis Potosí. Para este perfil edáfico, se encontraron 4 horizontes (Ap, A, Ab y Bk).

#### **Ap 0-45 cm**

Textura, arcillo-arenoso. Color en seco, 10YR 4/4, color en húmedo, 5YR 3/4. Estructura, granular, moderada, media. Plasticidad, no plástica. Adhesividad, muy adhesivo. Raíces, pocas, muy finas. Poros, abundantes detríticos. Materia orgánica, moderada. Sulfatos, bajo. Yeso, nd. Cloruros, baja (Cuadro 7).

#### **A 45-85 cm**

Textura, arcillo-arenoso, Color en seco, nd, Color en húmedo, nd. Estructura, migajosa, fuerte, gruesa. Plasticidad, ligeramente plástica. Adhesividad, muy adhesivo. Raíces, pocas, muy finas. Poros, abundantes macro y micro. Materia orgánica, moderada. Sulfatos, nd. Yeso, nd. Cloruros, baja (Cuadro 7).

**Ab 85-130 cm**

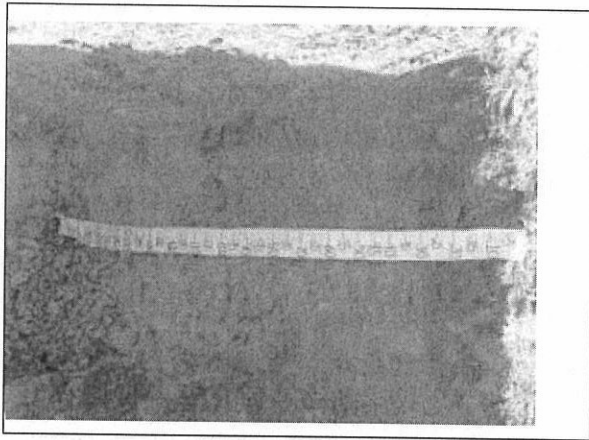
Textura, franco-arcilloso. Color en seco, nd, color en húmedo, nd. Estructura, migajosa, moderada, media. Plasticidad, ligeramente plástica. Adhesividad, muy adhesivo. Raíces, pocas y finas. Poros, abundantes, vesiculares. Carbonatos totales, nd. Materia orgánica, ligera. Sulfatos, nd. Yeso, nd. Cloruros, baja (Cuadro 7).

**Bk 130-160 cm**

Textura, franco-limoso. Estructura, granular, moderada, gruesa. Plasticidad, ligeramente plástica. Adhesividad, muy adhesivo. Raíces, pocas, muy finas. Poros, abundantes, vesiculares. Carbonatos totales, ligera, cloruros, baja (Cuadro 7).

En el cuadro 8 se presentan los resultados del análisis completo de fertilidad y salinidad realizada para los horizontes del perfil PSLP-208-2010. Ahí se observa que todos los horizontes presentan una conductividad eléctrica menor a 4 ds/m y un PSI menor de 15%, lo cual nos indica que no existen problemas de sodio en este sitio de estudio, el problema de la baja productividad es la mala calidad de agua que está clasificada como C3 (alto en salinidad) lo cual merma la cosecha final del productor.

**Cuadro 7. Descripción morfológica del perfil PSLP-208-2010, Rancho El Cuervo, Villa de Ramos, San Luis Potosí.**

Altitud: 1991	Coordenadas: N 23°03'23.84" W 102°11'42.6"		Clima: Seco	
PPMA: 345.7	Tma: 17.4	Origen:	Geología:	
Material basal	Topografía:		Pedregosidad: Nula	
Uso actual del suelo: Agricultura de riego permanente	Erosión: Eólica		Salinidad: Moderada	
Vegetación nativa: mezquite ( <i>Prosopis velutina</i> ) Nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ), palma ( <i>Phoenix theophrasti</i> ), huizache ( <i>Acacia farnesiana</i> ) gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> )	Cultivos: Chile, Avena y Alfalfa		Horizontes de Diagnóstico	
Horizontes de diagnóstico: 2 Ocríco	Clasificación USDA: Entisol		Clasificación WRB/FAO: Cambisol	
Esquema/imagen				
Denominación	Ap	A	Ab	Bk
Prof. (Cm)	0-45 cm	45-85 cm	85-130 cm	130-160 cm
Textura (tacto)	Arcillo-arenoso	Arcillo-arenoso	Franco-arcilloso	Franco-limoso
Color	Seco Húmedo	10YR 4/4 5YR 7/4		
Estructura	Granular, moderada, media	Migajosa, fuerte, gruesa	Migajosa, moderada, media	Granular, moderada, gruesa
Plasticidad	No plástica	Ligeramente plástica	Ligeramente plástica	Ligeramente plástica
Adhesividad	Ligeramente adhesivo	Muy adhesivo	Muy adhesivo	Muy adhesivo
Raíces	Pocas, muy finas	Pocas, muy finas	Pocas, finas	Pocas, muy finas
Poros	Abundantes dendríticos	Abundantes macro y micro	Abundancia vesiculares	Abundancia vesiculares
Carbonatos totales				
M.O.	Xx moderada	Xx moderada	X ligera	X ligera
Sulfatos	X bajo	Nd	Nd	nd
Yeso	Nd	Nd	Nd	Nd
Cloruros	Baja	Baja	Baja	Baja

**Cuadro 8. El Cuervo, PSLP-208-2010. Resultados del análisis completo de suelo.**

Horizonte	Ap	A	Ab	Bk
Profundidad en (cm)	0-45	45-85	85-130	130-160
Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	1.39	1.25	1.18	1.12
Textura				
Arena	61.84%	59.84%	47.84%	47.84%
Limo	24%	26.0%	28.0%	30.0%
Arcilla	14.16%	14.16%	24.16%	22.16
Clase textural	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco	Franco
pH relación 1:2.5: en agua	8.96	9.28	8.72	8.44
Materia orgánica (%)	1.35	1.16	0.47	0.10
Sodio (ppm)	560	455	289	224
Nitrógeno total (ppm)	12.7	12.0	18.3	11.3
Potasio ( ppm)	1136	848	761	644
Fosforo aprovechable (ppm)	14.6	0.35	0.25	0.20
Punto de saturación (%)	36.2	42.2	47	52.0
Iones solubles (meq L <sup>-1</sup> )				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.52	1.96	1.68	1.14
Cl <sup>-</sup> (%)	2.34	2.84	2.78	3.24
SO <sub>4</sub>	1.29	0.01	2.33	2.16
Na <sup>+</sup>	2.08	2.60	3.47	2.91
K <sup>+</sup>	0.28	0.20	0.32	0.35
Ca <sup>+2</sup>	3.11	1.61	2.27	3.03
Mg <sup>+2</sup>	1.79	0.64	1.67	1.35
Iones intercambiables (meq/100gr)				
Na <sup>+</sup>	2.43	1.98	1.26	0.97
K <sup>+</sup>	2.91	2.17	1.95	1.65
Ca <sup>+2</sup>	20.9	21.7	18.6	14.6
Mg <sup>+2</sup>	3.29	2.95	2.72	3.25
Carbonatos totales como CaCO <sub>3</sub> (%)	2.19	16.8	35.7	57.2
Extracto de saturación CEE (dS/m)	0.60	0.46	0.72	0.71
pHe	8.30	8.45	8.29	8.10
RAS	11.7	9.39	6.41	5.50
PSI	8.24	6.88	5.14	4.73
CIC	29.5	28.8	24.5	20.5



**Figura 5. Vegetación existente en Rancho El Cuervo, Villa de Ramos, San Luis Potosí.**

### **Irrigación**

En lo que se refiere al riego en los sitios de estudio, se aplica mediante sistema de riego por goteo, debido a que los ranchos cuentan buena infraestructura y con pozos para abastecer los cultivos establecidos durante los ciclos agrícolas.

### **Calidad del Agua**

Los resultados de los análisis del agua de riego de los sitios bajo estudio, que corresponden a los pozos de Los Rodríguez y El Cuervo, se clasificaron como  $C_3$  y  $S_1$ , es decir son aguas salinas, con bajo contenido de sodio, por lo que se recomienda usarse para cultivos tolerantes a la sales, sin limitaciones con respecto al sodio (Cuadros 9 y 11).

Para el pozo de Lagunillas, los resultados los clasificaron como  $C_5$  y  $S_2$ , es decir son aguas extremadamente salinas, con un grado medio de sodicidad, por lo que se recomienda solo usarse para cultivos muy tolerantes a las sales y con relación al sodio solo en suelos de textura gruesa y buena permeabilidad . Cuadro 10).

### **Drenaje Agrícola**

En cuanto al drenaje agrícola de los sitios de muestreo, se consideró como eficiente dadas las condiciones físicas del suelo en la mayoría de los horizontes de cada perfil estudiado.

**Cuadro 9. Análisis de Agua del Rancho Los Rodríguez.**

**Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y  
Nutrición Vegetal del INIFAP  
ANÁLISIS DE AGUA**

INFORMACION GENERAL			
No. Registro :	2632	Rancho :	La Dulce Grande, Sitio 3.
Fecha Recepción :	07/30/2009	Profundidad (m) :	ND
Fecha Entrega :	08/03/2009	Municipio :	Los Rodríguez
Cliente :	Universidad Autónoma de San Luis	Estado :	Villa de Ramos
Propietario :	Potosí UASLP	Tipo Agua :	Temp. Agua : ND
			Cultivo (s) : Chile guajillo o Mirasol

pH :	7.65	CE :	1.28 dS/m	RASaj :	7.45	Clasf. :	Alto en Salinidad Bajo en Sodicidad
------	------	------	-----------	---------	------	----------	--

CATIONES				
Extremadamente Alto				
Muy Alto				
Alto				
Mod. Alto				
Mediano				
Mod. Bajo				
Bajo				
Muy Bajo				
Extremadamente Bajo				
Cación	Ca	Mg	Na	K
Unidades : meq/l	3.31	1.84	8.56	0.62
Unidades : ppm	66.3	22.4	197	24.2

ANIONES				
Extremadamente Alto				
Muy Alto				
Alto				
Mod. Alto				
Mediano				
Mod. Bajo				
Bajo				
Muy Bajo				
Extremadamente Bajo				
Anión	CO3	HCO3	Cl	SO4
Unidades : meq/l	0	5.38	2.80	4.57
Unidades : ppm	0	328	99.3	219

CARACTERÍSTICAS DE SALINIDAD /SODICIDAD						
Extr. Alto						
Muy Alto						
Alto						
Mod. Alto						
Mediano						
Mod. Bajo						
Bajo						
Muy Bajo						
Extr. Bajo						
Determinación	CE	SE	PSP	C.S.R.	RAS	RASaj
Unidades :	dS/m	meq/l	%	%		
Resultados :	1.28	9.18	93.2	0.23	5.33	7.45

DETERMINACIONES			
B	Fe	Mn	N-NO3
ppm	ppm	ppm	ppm
1.04	0.01	0.01	8.40

COMENTARIOS	ATENTAMENTE
Agua C3 S1 Salinidad Efectiva (SE): 2ª Clase Carbonato de Sodio Residual (C.S.R.): Apropiaada NO RECOMENDABLE para riego por Salinidad y Sodicidad.	I.B.Q. MA. ELENA HERNÁNDEZ M. ENCARGADO(A) DE LABORATORIO

**Cuadro 10. Análisis de agua del Rancho Lagunillas.**

**Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y  
Nutrición Vegetal del INIFAP  
ANÁLISIS DE AGUA**

INFORMACION GENERAL			
No. Registro	: 2634	Rancho	: La Dulce Grande, Pozo 110, Profundidad (m) : ND
Fecha Recepción	: 07/30/2009		Las Lagunillas
Fecha Entrega	: 08/03/2009	Municipio	: Villa de Ramos Temp. Agua : ND
Cliente	: Universidad Autónoma de San Luis	Estado	: San Luis Potosí Cultivo (s) : Chile guajillo o Mirasol
Propietario	: Potosí UASLP	Tipo Agua	:

pH : 7.65	CE : 5.19 dS/m	RASaj : 15.0	Clasf. : Extr. Alto en Salinidad Sodicidad Media
-----------	----------------	--------------	--

CATIONES				
Extremadamente Alto				
Muy Alto				
Alto				
Mod. Alto				
Mediano				
Mod. Bajo				
Bajo				
Muy Bajo				
Extremadamente Bajo				
Catión	Cu	Mg	Na	K
Unidades : meq/l	14.2	2.94	18.2	0.48
Unidades : ppm	285	35.8	417	18.8

ANIONES				
Extremadamente Alto				
Muy Alto				
Alto				
Mod. Alto				
Mediano				
Mod. Bajo				
Bajo				
Muy Bajo				
Extremadamente Bajo				
Anión	CO3	HCO3	Cl	SO4
Unidades : meq/l	0	9.92	5.25	6.17
Unidades : ppm	0	605	186	296

CARACTERISTICAS DE SALINIDAD /SODICIDAD						
Extr. Alto						
Muy Alto						
Alto						
Mod. Alto						
Mediano						
Mod. Bajo						
Bajo						
Muy Bajo						
Extr. Bajo						
Determinación	CE	SE	PSP	C.S.R.	RAS	RASaj
Unidades :	dS/m	meq/l	%	%		
Resultados :	5.19	25.9	70.2	0	6.20	15.0

DETERMINACIONES			
B	Fe	Mn	N-NO3
ppm	ppm	ppm	ppm
5.93	0.02	0.01	10.2

COMENTARIOS	ATENTAMENTE
Agua C5 S2 Salinidad Efectiva (SE): 3ª Clase Carbonato de Sodio Residual (C.S.R.): Apropia da NO RECOMENDABLE para riego por Salinidad y Sodicidad.	I.B.Q. MA. ELENA HERNÁNDEZ M. ENCARGADO(A) DE LABORATORIO



**Cuadro 11. Análisis de agua del Rancho El Cuervo.**  
**Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y**  
**Nutrición Vegetal del INIFAP**  
**ANÁLISIS DE AGUA**

INFORMACION GENERAL			
No. Registro	: 2635	Rancho	: El Barril, Muestra 6, El Cuervo Profundidad (mt) : ND
Fecha Recepción	: 07/30/2009	Municipio	: Villa de Ramos
Fecha Entrega	: 08/03/2009	Temp. Agua	: ND
Cliente	: Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Estado	: San Luis Potosí
Propietario	: UASLP	Cultivo (s)	: Chile guajillo o Mirasol
		Tipo Agua	:

pH : 7.30	CE : 2.01 dS/m	RASaj : 7.34	Clasf : Alto en Salinidad Bajo en Sodicidad
-----------	----------------	--------------	--

CATIONES				
Extremadamente Alto				
Muy Alto				
Alto				
Mod. Alto				
Mediano				
Mod. Bajo				
Bajo				
Muy Bajo				
Extremadamente Bajo				
Catión	Ca	Mg	Na	K
Unidades : meq/l	3.51	3.54	10.5	0.29
Unidades : ppm	70.3	43.0	241	11.3

ANIONES				
Extremadamente Alto				
Muy Alto				
Alto				
Mod. Alto				
Mediano				
Mod. Bajo				
Bajo				
Muy Bajo				
Extremadamente Bajo				
Anión	CO3	HCO3	Cl	SO4
Unidades : meq/l	0	11.6	2.65	5.80
Unidades : ppm	0	708	94.0	279

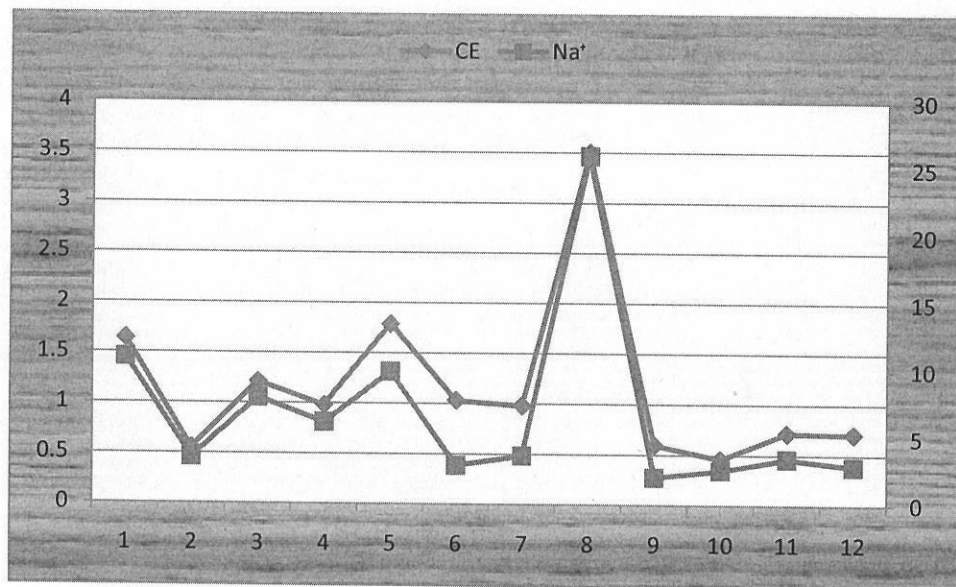
CARACTERÍSTICAS DE SALINIDAD /SODICIDAD						
Extr. Alto						
Muy Alto						
Alto						
Mod. Alto						
Mediano						
Mod. Bajo						
Bajo						
Muy Bajo						
Extr. Bajo						
Determinación	CE	SE	PSP	C.S.R.	RAS	RASaj
Unidades :	dS/m	meq/l	%	%		
Resultados :	2.01	10.8	97.3	4.56	5.58	7.34

DETERMINACIONES			
B	Fe	Mn	N-NO3
ppm	ppm	ppm	ppm
2.96	0.01	0.01	3.20

COMENTARIOS	ATENTAMENTE
Agua C3 S1 Salinidad Efectiva (SE): 2ª Clase Carbonato de Sodio Residual (C.S.R.): No Apropinda NO RECOMENDABLE para riego por C.S.R., Salinidad y Sodicidad.	I.B.Q. MA. ELENA HERNÁNDEZ M. ENCARGADO(A) DE LABORATORIO

Para este trabajo se realizó un estudio de correlación, correspondiente a los sitios de estudio en las zonas hortícolas de Villa de Ramos, San Luis Potos. Las variables incluidas fueron: CE, carbonatos, RAS, PSI, CIC, pH en agua, pH en extracto, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, CO<sub>3</sub>,HCO<sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup>y SO<sub>4</sub>.En el cuadro 12 , se presenta la matriz de correlación simple, donde nos indica las variables que son altamente significativas en r (0.05) y r (0.01). En las figuras 6, 7 y 8 y 9 se presentan las correlaciones altamente significativas de las variables en estudio.

En la figura 6 se presenta la gráfica con la variable que tiene más correlación de las muestras de suelo de los perfiles estudiados para la identificación de suelos sódicos. Entre los más destacados están la CE y Na<sup>+</sup>, donde indica que existe una correlación altamente significativa con un valor de r<sup>2</sup>= 0.959.



**Figura 6. Relación entre CE y Na<sup>+</sup>**

**Cuadro 12. Matriz de coeficiente de correlación de los resultados de los análisis de suelos de las zonas hortícolas de Villa de Ramos, San Luis Potosí.**

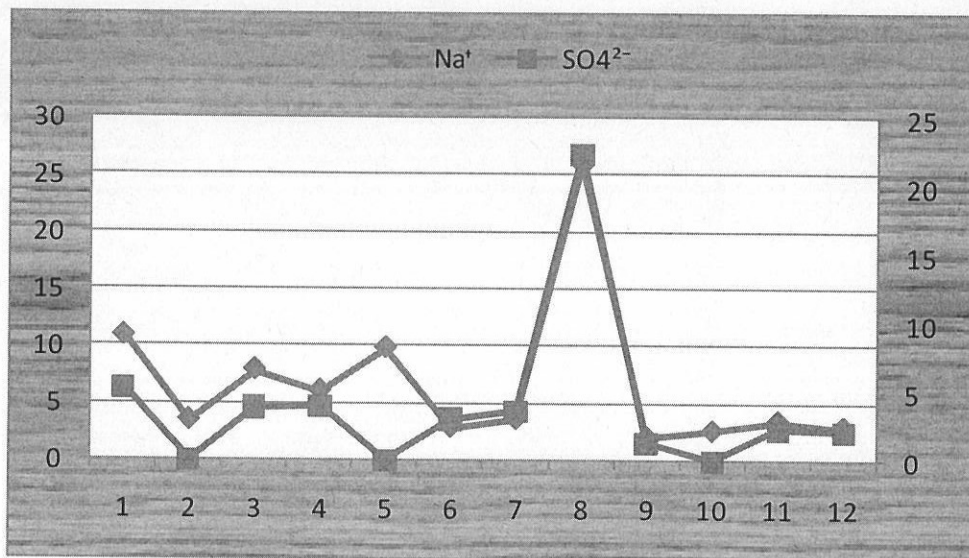
	CE	carbonatos Totale	RAS	PSI	CIC	pH en Agua	pHe	Ca*	Mg*	Na*	K*	CO3	HCO3	Cl-	SO4
CE	1														
Carbonatos Totales	-0.075182539	1													
RAS	0.7523658346374	-0.221058202	1												
PSI	0.771777453	-0.237428669	0.697565738	1											
CIC	-0.090569862	-0.119297761	0.329327243	0.190202765	1										
pH en Agua	0.151193532	-0.705839175	0.604957095	0.606495534	0.387909565	1									
pHe	-0.656797222	-0.520111533	-0.315922065	-0.296158184	0.089952122	0.497462518	1								
Ca*	0.899973115	-0.202601137	0.752931265	0.788931163	-0.261875917	0.24815021	-0.525096221	1							
Mg*	0.763441712	-0.232155752	0.555647789	0.601040419	-0.286868583	0.11206837	-0.525802152	0.925255963	1						
Na*	0.97927173	-0.072171393	0.781447962	0.782838312	0.038809348	0.207767964	-0.595676853	0.617717214	0.640232326	1					
K*	0.182222416	0.027114713	-0.260487148	-0.233794644	-0.292415216	-0.369746593	-0.357722222	0.0171362	0.017767704	0.125747971	1				
CO3	0.069198792	-0.398022411	0.45519258	0.371860838	0.627031377	0.37646428	-0.069681349	0.074457116	0.143769926	0.087022332	-0.096430548	1			
HCO3	0.177244092	0.337851794	-0.124057343	-0.106178384	-0.162586353	-0.350399215	-0.508921432	0.160627878	0.210174839	0.072709649	0.60731779	-0.239483901	1		
Cl-	0.521079934	0.1235532	0.15590911	0.174701293	-0.128409169	-0.178101517	-0.578125581	0.348288004	0.246165136	0.475141776	0.890166757	-0.082612392	0.758627363	1	
SO4	0.888954648	-0.179719785	0.760754785	0.786615515	-0.071993733	0.27813249	-0.415203526	0.82227807	0.679794995	0.907469702	-0.158817511	0.099510031	-0.274434243	0.111365967	1

n=12

r(0.05)= 0.576 Correlacion al 0.05 de significancia

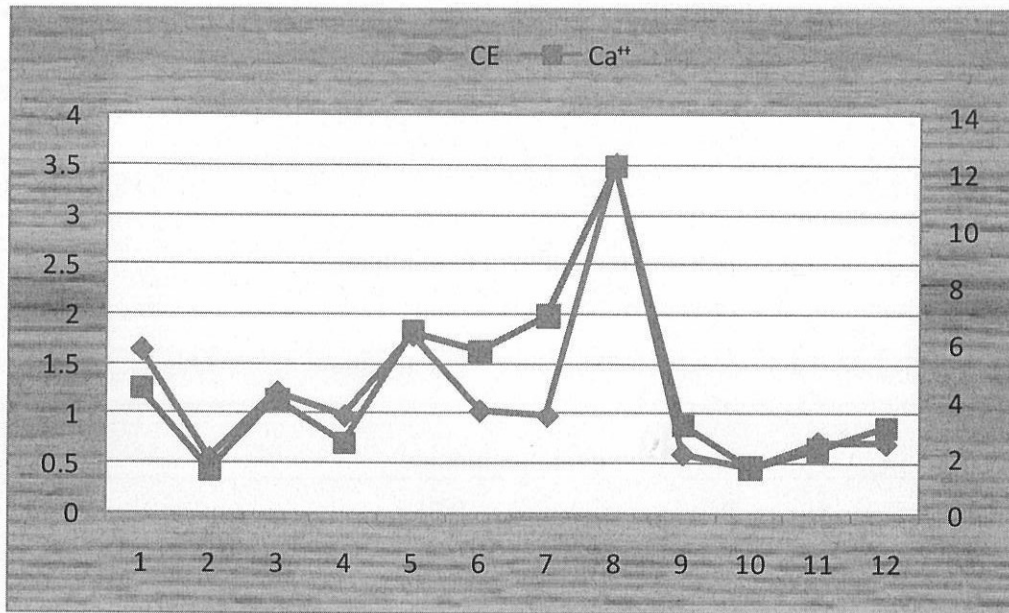
r(0.01)= 0.708 Correlacion al 0.01 de significancia

La correlación existente entre  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Na}^+$  (figura 7), indica que es altamente significativa, con un valor de  $r^2= 0.823$ , típico de suelos salinos. Estos suelos acumulan sal en la superficie. La capa superior de 5 a 10 cm, tienen una estructura muy suelta, con granos simples. Estando las partículas del suelo floculadas en granos del tamaño de arena, la superficie tiene con frecuencia una costra delgada que evita que el suelo sea arrastrado por el viento (Pizarro, 1978).



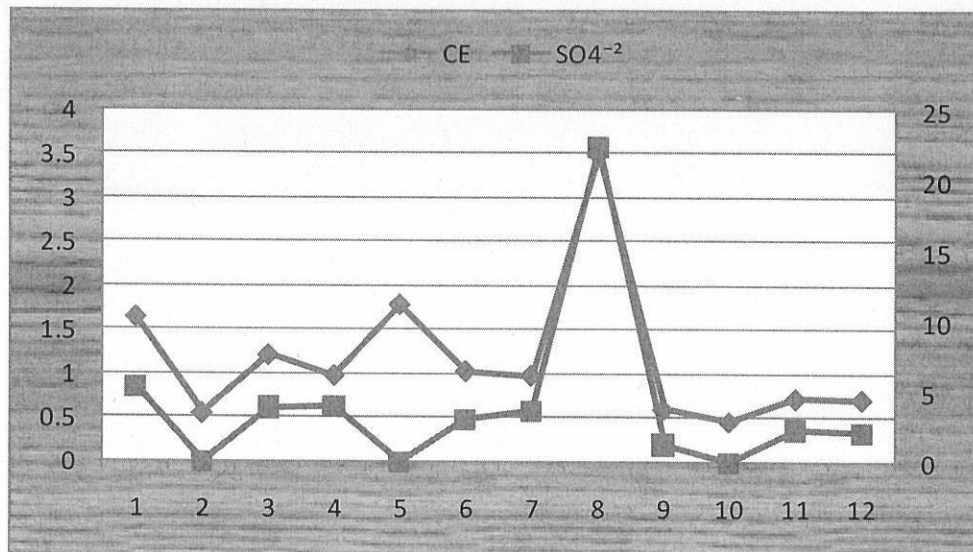
**Figura 7. Relación entre  $\text{Na}^+$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ .**

Otra de las variables que tienen relación de las muestras de suelo de los perfiles estudiados para la identificación de suelos sódicos, están la CE y  $\text{Ca}^{++}$ , donde indica que existe una correlación altamente significativa con un valor de  $r^2= 0.81$  (Figura 8).



**Figura 8. Relación entre CE y Ca<sup>++</sup>.**

La correlación existente entre la CE y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> es altamente significativa con un valor de r<sup>2</sup>= 0.79, indicador que los sitios de estudio tienen problemas de salinidad (Fig. 8).



**Figura 9. Relación entre CE y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.**

La relación existente en cuanto al PSI con el  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Na}^{++}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , resulto significativa con valores de  $r^2= 0.61$  y  $0.62$ , indicador que los resultados de las muestras de suelo estudiadas, no presentaron graves problemas de sodicidad que pueda verse reflejado en las cosechas de los productores, pero si presenta problemas de salinidad en el suelo, mismos que afectan de manera significativa en la producción del cultivo de chile seco.

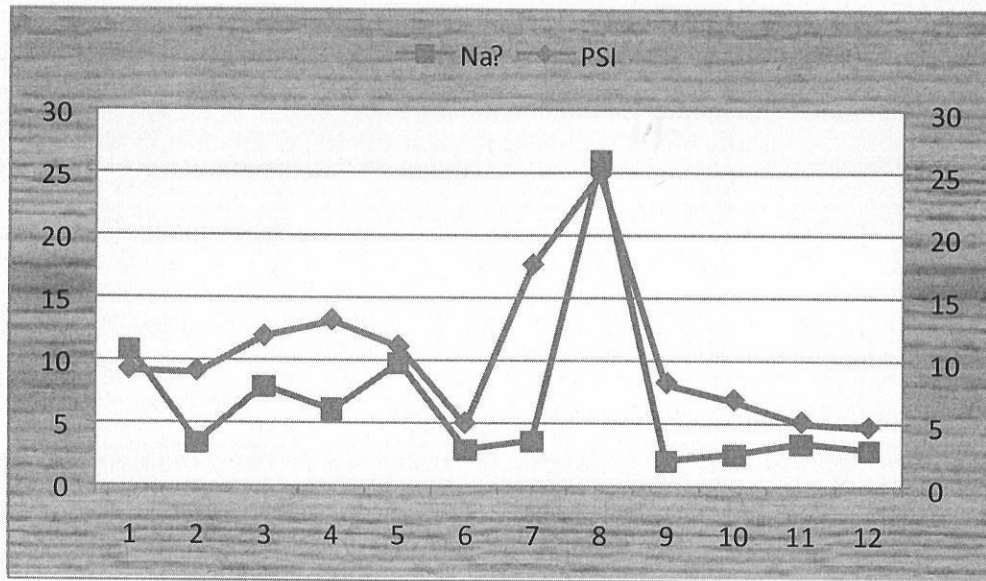


Figura 10. Relación entre PSI y  $\text{Na}^+$ .

## CONCLUSIONES

El perfil edáfico localizado en Los Rodríguez presentó problemas de salinidad, no presentó problemas de sodicidad, los horizontes identificados en este sitio de estudio presentaron en promedio 10% de PSI, indicador que en este sitio el problema del bajo rendimiento del chile seco no es el suelo, el problema reside en el agua de riego, que presenta valores altos de salinidad (C<sub>3</sub>) y valores bajos de sodio (S<sub>1</sub>), que a largo plazo presentara serios problemas de salinidad.

Para el perfil edáfico de Lagunillas se identificaron 3 horizontes, donde se reportaron como suelos sódicos a partir de los 30 cm de profundidad, donde los valores reportados en promedio fueron de 20% de PSI, clasificándolos como suelos sódicos, aunado al serio problema que presenta el agua donde se clasificó como salinidad muy alta (C<sub>4</sub>) y los valores de sodio medio (S<sub>2</sub>).

En cuanto al perfil edáfico El Cuervo se identificaron 3 horizontes, donde los valores promedio fueron de 7% de PSI, donde nos indica que este suelo no presenta problemas de sodio, aun cuando si presenta problemas de salinidad. Además el agua de riego tiene valores altos de salinidad (C<sub>3</sub>) y valores bajos de sodicidad (S<sub>1</sub>), lo cual repercute directamente en la producción final del chile seco.

## LITERATURA CITADA

- Díaz M. E. Junio, 1991. Agricultura y Suelos Salinos. Fundación Chile. [Online] [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/pa/arquitectura\\_y\\_urbanismo/d20028221720jul191.pdf](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/pa/arquitectura_y_urbanismo/d20028221720jul191.pdf) (Septiembre, 2011).
- Dorronsoro C., García I. 2002. Contaminación del Suelo. Departamento de edafología y química agrícola. Universidad de Granada, España. Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. [Online] <http://edafología.ugr.es/conta/tema00/progr.htm> (Mayo, 2011).
- Fitzpatrick E. A. 1984. Suelos, Su Formación, Clasificación y Distribución. Editorial Continental. p. 25.
- Fortanelli M. J. 1999. El suelo y los problemas de uso en el Estado de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 68-69.
- Foth H.D., Turk L.M. 1985. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Editorial Continental. p.13-14
- Honorato P. R. 2000. Manual de edafología. 4ª Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. P. 171.
- Ibáñez, J.J. 2008. Sodicidad y Suelos Sódicos versus Acidez y Suelos Ácidos. [Online] <http://www.madrimas.org/blogs/universo/2008/04/26/90137> (julio, 2011).
- INEGI, 1971. Carta edafológica 1:50,000. Hernández, F13-B-49.
- INEGI, 2002. Síntesis de Información Geográfica del Estado de san Luis Potosí.
- Martínez M. J.F. 2005. Un Enfoque Multiescala en la Cartografía y Génesis de Suelos Yesosos de San Luis Potosí, México.
- Medina G. G., Díaz P. G., Loredó O. C., Serrano A. V., Cano G. M.A., 2005. Estadísticas Climatológicas del Estado de San Luis Potosí (periodo 1961-2001).
- Medina G. G., Díaz P. G., Loredó O.C., Serrano A.V., Cano G.M.A. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de San Luis Potosí (Periodo 1961-2001). p. 244.
- Ortega- Gutiérrez. 2009. Contenidos Geoquímicos Anómalos del Relieve Mexicano. Servicio Geológico Mexicano. Carta Geológica. Servicio Geológico Mexicano.
- Ortiz V. B., Ortiz S. C.A. 1987. Edafología. 6ª Edición. Departamento de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, México.



- Ortiz V. B., Ortiz S. C.A. 1988. Edafología 7ª. Edición. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Pearson, G. A. Tolerance of crops to exchangeable sodium . U.S.D.A. Int. Bull, n.º 216,4 p. 1960.
- Pizarro F. 1978. Drenaje Agrícola y recuperación de Suelos Salinos. Editora Agrícola Española, S.A. Madrid. P. 75.
- Porta J., López-Acevedo, M. y Roquero, C.: Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 960 pp. Madrid, 2003. P 727 y 759.
- Porta J., López-Acevedo, M.y Poch,R. M. 2008. Introducción a la Edafología: Uso y Protección del Suelo. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Pratt, P.F., and D.L. Suarez. 1989. Irrigation water quality assessment. p. 220-230. In K. K. Tanji (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management American Society of Civil Engineers, New York, N. Y.
- Richards, L.A. (Ed) Saline and alkali soils. Diagnosis and improvement of alkali soils. Agriculture Handbook N° 60. USDA, 160 pp. 1954 (traducción Limusas. México).
- Rzedowski J. 1961. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de México.
- SEMARNAT/CONAFOR/INE MÉXICO. 2007. Reporte sobre las variaciones Climáticas y las Actividades Humanas en la Degradación de Tierras en México. [Online] <http://www.slidshare.net/ginosmit/-mexico.desertification-efectosde-variación-climática-y-del-hombre-en-la-degradación-de-tierras>. (Mayo, 2010).
- Soria C. 2010. Manual Para la Descripción de Perfiles en Campo. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 54 p.
- Suarez D.L., J. D. Rhoades, R. Lavado, and C.M. Grieve. 1984. Effect of pH on saturated hydraulic conductivity and soil dispersion. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:50-55.