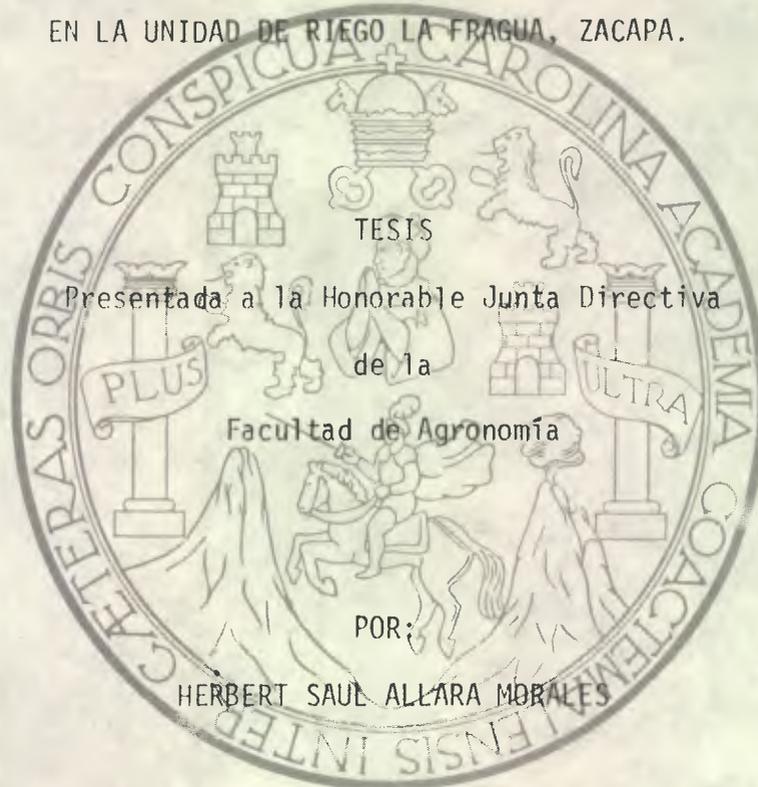


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

ESTUDIO PRELIMINAR DE SUELOS SALINOS Y SODICOS
EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA.



En el acto de investidura como:

INGENIERO AGRONOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

En el grado académico de

LICENCIADO

Guatemala, noviembre de 1,990.

DL
01
T(1125)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Ing. Agr. Aníbal Martínez
Vocal primero	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez
Vocal segundo	Ing. Agr. Efraín Medina
Vocal tercero	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada
Vocal cuarto	P. Agr. Hernán Perla González
Vocal quinto	P. Agr. Julio López Maldonado
Secretario	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio.

Ciudad de Guatemala,
24 de septiembre de 1,990.

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
USAC

Honorables señores:

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO PRELIMINAR DE SUELOS SALINOS Y SODICOS
EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA.

Presentandolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado.

respetuosamente, Sin otro particular, me suscribo



P. Agr. Herbert S. Allara M.

C O N T E N I D O

RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
3.1 Clasificación de los suelos salinos y sódicos	3
3.2 Origen y evolución de los suelos salinos y sódicos	3
3.3 Métodos para determinar la salinidad del suelo	6
3.4 Determinación del sodio intercambiable (PSI)	7
3.5 Métodos de levantamiento de suelos	8
3.6 Pronóstico de la salinidad y sodicidad	9
3.7 Distribución de los suelos salinos y sódicos en Guatemala	10
3.8 Características de los suelos de La Fragua	11
3.9 Características del agua subterránea	14
3.10 Calidad del agua de riego	15
3.11 El uso del agua en la unidad de riego La Fragua	19
4. MATERIALES Y METODOS	20
4.1 Descripción general del área	20
4.2 Metodología	23
5. RESULTADOS Y DISCUSION	27
5.1 Afloramientos salinos	27
5.2 Capas impermeables	27
5.3 Conductividad eléctrica	29
5.4 Porcentaje de sodio intercambiable	29
5.5 Cationes intercambiables	32
5.6 Cationes y aniones presentes en el extracto de pasta saturada	38
5.7 Características texturales	43
5.8 Calidad del agua de riego	46
6. CONCLUSIONES	49
7. RECOMENDACIONES	51
8. BIBLIOGRAFIA	53
ANEXO	



INDICE DE CUADROS

1	Clasificación de tierras para riego en el Oeste de los Estados Unidos.	3
2	Características físicas de los suelos en los sitios de muestreo.	13
3	Promedios de conductividad eléctrica, pH y relación de adsorción de sodio, de febrero de 1,984 a enero de 1,985, en la unidad de riego La Fragua.	16
4	Balance hídrico para el valle de La Fragua.	21
5	Determinaciones efectuadas en la fase de laboratorio.	25
6	Análisis químico del afloramiento salino en el sitio de muestreo No. 7.	28
7	Conductividad eléctrica (C. E.), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y pH por horizonte en los sitios estudiados.	30
8	Resultado de los análisis químicos de las muestras de suelo tomadas en los sitios de muestreo 4, 6, 10 y 13.	36
9	Elementos extraíbles para las muestras de suelo tomadas en los sitios 4, 6, 10 y 13.	36
10	Cationes y aniones presentes en el extracto de pasta saturada en cada horizonte.	39
11	Características físicas de los suelos en los sitios Nos. 4, 6, 10 y 13.	44

INDICE DE FIGURAS

1	Clasificación de tierras para riego con base en el porcentaje de sodio intercambiable y la conductividad eléctrica.	4
2	Promedios de C. E., pH y R. A. S. en 24 muestras de agua tomadas a la salida del desarenador en la unidad de riego La Fragua, Zacapa, para el año 1,984.	17
3	Promedios de C. E., pH y R. A. S. en 24 muestras de agua tomadas en el puente de recursos hidraulicos en la unidad de riego La Fragua, Zacapa, para el año 1,984.	18
4	Distribución de los suelos muestreados en relación con los límites críticos de salinidad y sodicidad del laboratorio del U.S.D.A.	31
5	Conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada en relación con la profundidad de los horizontes del suelo.	33
6	Porcentaje de sodio intercambiable en relación con la profundidad de los horizontes de suelo.	34
7	Cationes y aniones cambiables en el suelo en relación con la profundidad para los sitios 4, 6, 10 y 13.	37
8.	Cationes y aniones presentes en el extracto de pasta saturada en relación con la profundidad, para el sitio No. 8.	40
9	Cationes y aniones presentes en el extracto de pasta saturada en relación con la profundidad, para el sitio No. 9.	41

10	Cationes y aniones presentes en el extracto de pasta saturada en relación con la profundidad, para el sitio No. 6.	42
11	Distribución de tamaño de partículas para los sitios 4, 6, 10 y 13.	45
12	Relación entre los cationes y aniones del agua de riego, del afloramiento salino en el sitio No. 7 y el extracto de pasta saturada en otros sitios.	47

ESTUDIO PRELIMINAR DE SUELOS SALINOS Y SODICOS
EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA.

PRELIMINARY STUDY OF SALINITY AND ALKALINITY IN
LA FRAGUA, ZACAPA IRRIGATION UNIT.

RESUMEN (SUMMARY)

El presente estudio responde al llamado de atención que representan ciertos análisis y estudios que con anterioridad se han hecho en la región del valle de La Fragua, los cuales señalan esta región como una de las más pro pensadas a presentar problemas de salinidad y sodicidad a nivel nacional. Este trabajo pretende estudiar el problema de salinidad y sodicidad en la unidad de riego La Fragua, Zacapa, considerando parámetros cuantitativos del suelo, como conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable y pH.

La información presentada es el resultado del análisis de campo y de laboratorio de 15 sitios de la unidad de riego La Fragua, cuya realización incluyó la delimitación de las áreas con mayor probabilidad de presentar altos niveles de sales y sodio, tomando en cuenta datos de campo y antecedentes de los terrenos, para luego distribuir dentro de ellas los sitios de muestreo. Posteriormente se integraron los resultados de diversas investigaciones que involucran el área estudiada.

Pese a los diversos factores que apuntan hacia una posible salinización y/o sodificación de la unidad de riego, tales como la calidad del agua de riego, las características del agua subterránea y del subsuelo, así como la elevada evapotranspiración característica de la zona, los resultados obtenidos indican que los suelos de la unidad de riego La Fragua no son salinos ni sódicos. Sin embargo, existen dos sitios en donde se encontraron horizontes inferiores salinos y con elevado porcentaje de sodio intercambiable. Estos suelos se consideran con riesgo de salinización y sodificación, aunque los mismos se detectaron en menos del 2 % del área estudiada.

Otros indicios de salinización fueron detectados en el 9 % del área, en forma de deposiciones de cristales de sal de color blanco en la superficie del suelo, distribuyéndose dentro del terreno irrigado en una forma relacionada con los límites de propiedad, con lo cual se infiere que el manejo de los suelos ha incidido en las características actuales del suelo.

Es importante tomar en cuenta las características de los suelos de esta área para el manejo adecuado de los mismos y no dejar de lado la prevención de los procesos de salinización y sodificación que en alguna medida se están dando en el área.

1. INTRODUCCION

Los problemas de salinidad y sodicidad son de importancia en la producción agrícola, por lo que su prevención y control deben contemplarse dentro de los programas de manejo de suelos, sin olvidar que las áreas afectadas por sales y sodio también están expuestas a otra gama de factores que pueden afectar en forma diversa.

En Guatemala son muy escasos los estudios llevados a cabo sobre suelos salinos y sódicos; sin embargo, las investigaciones realizadas por Aragón (1,983) y Vásquez (1,986), confirman que las zonas con déficit de precipitación son las más propensas a presentar este problema, acentuándose cuando las mismas son sometidas a riego continuo con agua de mala calidad, afectando el valor agrícola de los suelos y reduciendo la posibilidad de elección de cultivos. Los estudios revelan que la región del valle de La Fragua, Zacapa, es una de las que tienen mayores índices de salinidad y sodicidad a nivel nacional, por lo tanto, un estudio más detenido de estos suelos es de gran utilidad para el manejo adecuado de los mismos, cuyo potencial productivo es elevado, considerando que cuenta con el suministro de agua de las unidades de riego La Fragua, LLano de Piedras y El Guayabal que están entre las más grandes del país.

El área de este estudio comprende la unidad de riego La Fragua, con una superficie de diseño de 2,600 ha que cuenta con 37 ramales alimentados por gravedad. Dentro de esta unidad el área regada es menor que el área de diseño y se estima en 1,500 ha.

Con esta investigación se pretende contribuir profundizando en las características de los suelos, en el entendido que no sólo se necesita identificar plenamente el problema, sino también de terminar las medidas de manejo más adecuadas y, recomendar inicialmente las mejores opciones.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL:

Estudiar el problema de salinidad y/o sodicidad de los suelos de la unidad de riego La Fragua, Zacapa.

2.2. ESPECIFICOS:

2.2.1 Determinar las causas de la salinidad y/o sodicidad y el grado en que las sales y el sodio afectan las características de los suelos de la unidad de riego La Fragua, Zacapa.

2.2.2 Establecer y cuantificar las áreas que presentan problemas de salinidad y/o sodicidad en la unidad de riego La Fragua.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS.

Los procedimientos empleados en el Oeste de los Estados Unidos (20) para hacer levantamientos de suelos se basan en el contenido de sales neutras*, para lo cual utilizan una tabla de clasificación de los suelos, como se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. CLASIFICACION DE TIERRAS PARA RIEGO EN EL OESTE DE LOS ESTADOS UNIDOS. De acuerdo a Thorne y Peterson (20)

Concentración de sales neutras	Clasificación de Salinidad del suelo
0 - 0.02%	No salino
0.02 - 0.35%	Con poca concentración de sales
0.35 - 0.65%	Concentración moderada de sales
0.65 % o más	Concentración fuerte de sales

El laboratorio de salinidad de los Estados Unidos (5), ha establecido un criterio de clasificación basándose en las sales solubles presentes en la solución del suelo, expresadas como conductividad eléctrica y el porcentaje de la capacidad de intercambio ocupada por iones de sodio, o sea el porcentaje de sodio intercambiable. Con esto se han establecido 3 grupos para los suelos que presentan problemas de salinidad y/o sodio intercambiable, denominándolos: suelos salinos, suelos sódicos y suelos salino-sódicos. (figura 1)

* Sales neutras: Son las que en medios acuosos producen dos iones de cargas opuestas y equilibradas.

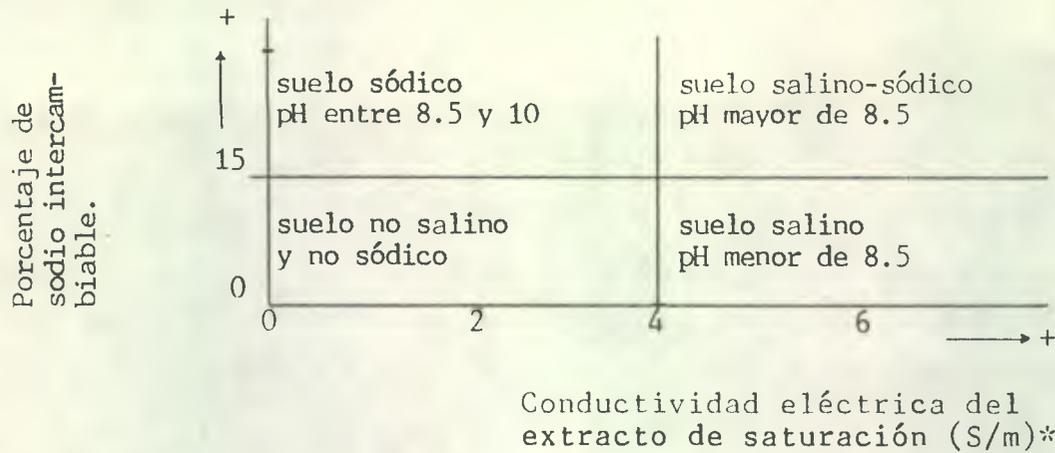


Fig. 1 Clasificación de suelos con base en el porcentaje de sodio intercambiable y la conductividad eléctrica.

La clasificación francesa se refiere a estos suelos de la siguiente manera: suelos sódicos con estructura no degradada, son aquellos que poseen del 85 al 90% de calcio en el complejo de intercambio iónico, mientras que los suelos sódicos con estructura degradada son aquellos en los que el sodio se encuentra en más del 10% del complejo de intercambio; en general, del 30 al 50% (3).

Los nombres rusos para los suelos álcali negro o sódico y álcali blanco o salinos son Solonetz y Solonchak, respectivamente (11)

3.2 ORIGEN Y EVOLUCION DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS.

Los elementos solubles del suelo son normalmente los cationes calcio, magnesio y sodio y los aniones cloruro y sulfato; además el catión potasio y los aniones carbonato, bicarbonato y nitrato (5).

Las fuentes principales de sales son las siguientes:

- a) Minerales primarios.
- b) Aguas superficiales y subterráneas.
- c) El océano.

Los suelos salinos y sódicos se dan generalmente en las regiones áridas, donde la lluvia no es suficiente para remover los elementos solubles liberados por el material materno o aportados por corrientes superficiales o subterráneas (5).

* 1S/m=1mmhos/cm

La evolución que se describe a continuación caracteriza una sucesión continua en el tiempo, no prosigue necesariamente hasta su término; unas veces se alcanza el equilibrio en la fase inicial, otras, la evolución prosigue hasta la fase de acidificación final (3).

- a) Los suelos salinos suelen originarse por procesos de transferencia que movilizan las sales de los horizontes inferiores hacia arriba, resultando en una deposición de sales en la superficie del suelo, producida por movimiento capilar (11). Esto ocurre en climas con regímenes cortos de lluvias o en presencia de capas freáticas cercanas a la superficie (3), produciendo la formación de horizontes salinos si las sales que predominan son neutras como cloruros y sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio; si son alcalinas como carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, se forman horizontes sódicos (11).
- b) Cuando el ión sodio predomina en el complejo adsorbente, durante los períodos de humedad, las arcillas se hidrolizan, el pH se eleva hasta 9 o más y la estructura se destruye. Si el complejo adsorbente posee una cantidad considerable de sodio pero existe una alta concentración de sales, las arcillas se hidrolizan poco, el pH no se eleva exageradamente (de 8 a 8.5) y la degradación de la estructura solo es parcial, se trata de un suelo salino-sódico (3).
- c) Sin embargo, los suelos con álcalis salados o salinos-sódicos pueden evolucionar por desalado de la capa superficial hacia suelos con álcalis no salados (sódicos); igual que el caso precedente, el pH se eleva mucho y la estructura se destruye. (3).
- d) En los suelos con arcillas saturadas de sodio se forma un horizonte B con fisuraciones verticales, a consecuencia del alto grado de contracción de los minerales arcillosos que generalmente son del tipo 2:1, cuando es favorecido por la alternancia de períodos húmedos y secos (3).
- e) Los suelos del caso anterior pueden evolucionar hacia una acumulación del humato sódico en la superficie o hacia su acumulación en el horizonte B columnar, dependiendo del régimen de humedad, transformándolo en un horizonte nátrico.

Cuando la humedad del clima es aún más fuerte, el lavado de las arcillas se complica con una acidificación en superficie(3).⁶

3.3 METODOS PARA DETERMINAR LA SALINIDAD DEL SUELO.

3.3.1 Conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada.

Consiste en extraer la solución que resulta de saturar una porción de suelo con agua destilada, usando para el efecto un filtro de succión y obteniendo una cantidad suficiente de extracto por vacío para hacer las determinaciones de conductividad.

La ventaja de este método es que resulta bastante exacto y que la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada se puede relacionar directamente con el porcentaje de sales en la solución del suelo. También es fácilmente relacionable con los distintos valores de humedad de campo; en un suelo franco el porcentaje de humedad en la saturación es aproximadamente 4 veces el porcentaje de humedad a 15 atmósferas y aproximadamente 2 veces el límite inferior de agua aprovechable. El extracto de saturación puede servir para hacer el análisis de cationes y aniones y su conductividad eléctrica puede relacionarse con la presión osmótica de la solución.

La desventaja es que es un método relativamente tardado, necesitando el uso de equipo especial, lo que dificulta su aplicación en análisis rápidos y numerosos. La metodología de laboratorio se describe en el manual de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (5).

3.3.2 Conductividad eléctrica de extractos 1:5.

Las estimaciones de salinidad basadas en la conductividad eléctrica de extractos de relación suelo-agua 1:5 extraídos sin vacío ni presión, filtrados solo por gravedad, son muy convenientes para determinaciones rápidas. La conductividad de estos extractos se pueden usar para estimar la concentración de sales por medio de gráficas que relacionan estos dos parámetros. Sin embargo, no ofrece las mismas ventajas que

El método del extracto de pasta saturadas. Este método se describe en el manual de suelos del departamento de suelos del U.S.D.A.

3.3.3 Evaluación de salinidad conociendo la resistencia eléctrica de la pasta saturada del suelo.

Es uno de los métodos más antiguos para estimar la salinidad de los suelos. El procedimiento de laboratorio aparece en detalle en el manual de suelos del U.S.D.A.

En este caso la salinidad se puede expresar como la resistencia eléctrica o como la conductividad eléctrica de la pasta saturada. La resistencia eléctrica de la pasta saturada se puede relacionar directamente con el porcentaje de sales neutras por medio de una tabla elaborada por Davis y Bryan. (5).

3.4 DETERMINACION DEL SODIO INTERCAMBIABLE. (PSI)

Para caracterizar un suelo en términos de sodio intercambiable, es necesario conocer el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) el cual se puede determinar en forma directa a partir del sodio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico, por medio de la relación: $PSI = (SI/CIC)100$. Donde, PSI = porcentaje de sodio intercambiable, SI = sodio intercambiable en meq/100 g y CIC = capacidad de intercambio catiónico en meq/100 g.

El PSI también se puede determinar en forma indirecta, partiendo de la relación de adsorción de sodio (RAS), calculada a partir del extracto de saturación, por medio de la siguiente relación:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}}$$

Donde, Na^+ , Ca^{++} , y Mg^{++} son concentraciones de cationes solubles, expresados en meq/l

Según Richards (5), el PSI y el RAS se pueden relacionar en forma satisfactoria utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{PSI} = \frac{100 (-0.0126 + 0.01475)}{1 + (-0.0126 + 0.01475)}$$

3.5 METODOS DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS.

En la actualidad no existen metodologías específicas para el mapeo de áreas salinas; sin embargo, algunos métodos de pronóstico de salinidad y sodicidad pueden ser utilizados.

Según Vink (15), las diferentes clases de levantamientos de suelos usados son las siguientes: (a) El levantamiento de "Cuadrícula rígida" que contiene observaciones de campo a intervalos determinados en ambas direcciones; (b) el levantamiento de "Cuadrícula con observaciones de campo en la correlación fisiográfica de suelos", con observaciones adicionales de los mismos. Vink (15), señala que las observaciones de cuadrícula proporcionan una descripción muy sistemática de los suelos, si ésta se utiliza por científicos de suelos capacitados, aunque es muy laboriosa. Este método proporciona límites de suelos más exactos. (c) El levantamiento de "Cuadrícula con algunas observaciones fisiográficas, seguidas de fotointerpretación". Este método es muy laborioso, muchas de las ventajas de la fotointerpretación de suelos se pierden debido a que es usada después de que los trabajos de campo han sido completados. (d) El "fisiográfico", sin fotointerpretación pero con uso óptimo de mapas topográficos y sus curvas a nivel, mapas de uso de la tierra, mapas geológicos e hidrogeológicos, etc. Esta clase de levantamientos de suelos es adaptable a todos aquellos países que tienen material de alta calidad para la información básica. (e) El levantamiento de suelos "Con fotointerpretación", usando cualquiera de los procedimientos anteriormente mencionados. Este método proporciona resultados más eficientes en casi todas las ocasiones en donde se utilizan aerofotografías de buena calidad. El costo adicional de las fotografías aéreas se compensa con el aumento de eficiencia en el levantamiento de suelos (15)

3.6 PRONOSTICO DE LA SALINIDAD Y SODICIDAD.

El pronóstico de la salinidad y sodicidad de los suelos es un tema al que se ha dado poca importancia, comparado con el control y enmienda de los suelos salinos y sódicos. Sin embargo, este tipo de estudios debiera ser parte de las investigaciones previas para toda área a ser irrigada, considerando que estos fenómenos son grandemente afectados por la influencia del hombre en las zonas bajo riego. (16)

Para la predicción y monitoreo de los procesos de salinización deben considerarse los siguientes aspectos.

- a) Las fuentes principales de sales solubles. Tanto en el agua de irrigación, agua subterránea y agua superficial, como en capas profundas de suelo salino.
- b) Caracterización de las principales propiedades del régimen de sales (balance de sales). su distribución vertical y horizontal, variación estacional, movimiento de solutos en los suelos saturados; difusión, cambios de solubilidad; interacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa del suelo.
- c) El efecto global de los factores naturales. Considerando las condiciones meteorológicas, geográficas, geológicas, geoquímicas, geomorfológicas, hidrológicas e hidrogeológicas, y sin excluir los aspectos considerados en los incisos anteriores.
- d) El impacto de la actividad humana. Especialmente en lo referente a la irrigación y drenaje, cuyo efecto debe ser determinado y pronosticado.

Actualmente no existen metodologías bien establecidas para evaluar el peligro de salinización y sodificación de los suelos. Sin embargo, se han hecho importantes investigaciones tendientes a identificar y cuantificar el riesgo de salinización.

Van der Molen (16), emplea modelos matemáticos para simular el movimiento del agua por capilaridad y percolación. Modelos similares son presentados por Laudelout (16), para el movimiento de las sales a través del perfil del suelo y por Brooks (16), para estimar el grado de sodificación, partiendo de la calidad del agua de riego. También se han desarrollado ecuaciones para determinar el balance de sales a partir de diversos factores tanto naturales como antrópicos.

Se han desarrollado nuevas metodologías para la detección de salinidad y capas freáticas, midiendo la resistencia eléctrica del suelo con instrumentos de campo (Rhoades, (16)).

Estas y otras metodologías aun deben ser refinadas, pero resulta más importante concentrar los esfuerzos en obtener la información básica que permita su aplicación, pues las sales y el sodio de los suelos aumentan a medida que los sistemas de riego son usados con mayor intensidad ante una creciente demanda en la producción agrícola, especialmente en las regiones áridas. (16)

3.7 DISTRIBUCION DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS EN GUATEMALA.

Según Aragón (2), basándose en el atlas climatológico e hidrológico del istmo centroamericano (IPGH-1,976), los departamentos de Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jalapa y Jutiapa son los que presentan déficit de humedad durante casi todos los meses del año, a la vez que el déficit puede llegar hasta a los 1,200 mm por año. Esto, acompañado por una temperatura elevada característica de la región, puede ser factor determinante para el apareamiento de suelos afectados por procesos de salinización y acumulación de sodio.

En relación a las fuentes de agua, Aragón (2), indica que en el departamento de Zacapa el 45% de las muestras provenientes de aguas subterráneas y el 18% de las aguas superficiales presentan niveles medios de salinidad y bajos niveles de sodio.

Con respecto a la presencia de sodio en el suelo, Aragón (2) consideró los resultados de 43,477 muestras procedentes de todo el país, analizadas en el laboratorio del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas durante el quinquenio 1,979-1,983. El análisis de presencia de sodio mostró que el departamento de la república con mayor presencia de sodio es Zacapa con un 35% de las muestras analizadas presentando de mediana a muy alta presencia de sodio.

El porcentaje de muestras que presentó mediana presencia de sodio fue 22.2% con un pH promedio de 7.4; 10.0% presentaron alta presencia de sodio y un pH promedio de 7.8, mientras que solo un 2.8% de las muestras tenían muy alta presencia de so-

dio, con un pH promedio de 8.5. El total de muestras analizadas en este departamento, Zacapa fue de 2,021.

3.8 CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE LA FRAGUA.

En 1,950 Simmons y Tárano (17), realizaron un estudio detallado de los llanos de La Fragua, Zacapa, financiado por el Instituto de Fomento de la Producción (INFOP), a efecto de que sirviera de base para establecer métodos de manejo incluyendo la irrigación.

Simmons y Tárano, suponen que este valle fue un lago o brazo de mar en la época del Pleistoceno, a juzgar por ciertos materiales que parecen haber sido depositados en el agua y que forman una capa continua en la mayor parte del valle y a restos fósiles de dicha época que fueron encontrados en este material cerca de Estanzuela. "El material es de reacción alcalina y posee características de salinidad. En efecto, cuando está expuesto este material, el ganado lo lame para obtener sal", afirman los autores.

Sin embargo, los suelos directamente relacionados con este material se reducen a una pequeña proporción en el valle de La Fragua; son los suelos Orotapa que en su mayoría no presentan problemas de salinidad, pues son suelos bien drenados.

Según este estudio, en el área de trabajo se encuentran principalmente las series Chicaj arcilla, Chicaj franco arcilloso y Tempisque, que se caracterizan por poseer poca permeabilidad y un elevado contenido de arcilla en los estratos superficiales. Aparentemente estos suelos no poseen un contenido excesivo de sales o sodio, pero su drenaje interno deficiente puede ser un agravante si el agua de riego es de mala calidad. También se encuentra en menor proporción las siguientes series de suelo: Cortí franco arcilloso arenoso, sinaneque franco arenoso, Chirrum franco arcilloso, Teculután franco arenoso fino, Chiquimula franco arcilloso arenoso y Salamá arena franca fina. Utilizando como base el trabajo de Simmons y Tárano (17), Wyld y Lara (23), realizaron un estudio denominado "Caracterización de los principales suelos de los llanos de la Fragua". Este

Trabajo se llevó a cabo a nivel de series de suelos, en él se tomaron en cuenta las características de perfil del suelo, tales como profundidad, textura, color, estructura, consistencia y presencia de raíces. Estos datos son de importancia no solo por la información intrínseca que aportan, sino también porque permiten una identificación apropiada de los suelos. En el cuadro 2 se presentan los contenidos de arena, limo, y arcilla reportados por Wyld y Lara (23), para las diferentes series de suelos correspondientes a los sitios estudiados en el presente trabajo.

Las series de Chirrum, Cortí, Chicaj, Tempisque, Chiquimula, Teculután y Sinaneque fueron consideradas en un estudio de porosidad efectuado en 1,980 por González (9), en el valle de La Fragua. González, señala que la porosidad total fue mayor en los horizontes superficiales, predominando en ésta la porosidad estructural, la cual a veces fue excesiva incluso en suelos arcillosos como en el horizonte Ap de la serie Chicaj. En 1,986 Vásquez (21), realizó un trabajo de análisis de suelos en el que se tomaron en cuenta datos de fertilidad, pH y presencia de sodio. Estas determinaciones se hicieron en el laboratorio del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. En dicho estudio el total de muestras analizadas fue de 444 y en ellas están representados la mayoría de los terrenos de la unidad de riego La Fragua, a nivel de propietarios. Este estudio comprendió 2,088.86 ha. De los análisis realizados se derivó la siguiente información:

Mediana presencia de sodio	24.21%
Alta presencia de sodio	2.78%
Muy alta presencia de sodio	2.24%

Estos datos son similares a los que presenta Aragón (2), para el departamento de Zacapa, lo cual indica que el valle de La Fragua y, a la vez, la unidad de riego La Fragua están bien representados en dicho estudio.

Se encontró que el fósforo se presentaba en cantidades aceptables en el 91.6% del área y deficiente en el 8.4%. El potasio se consideró aceptable en el 54.8% del área y deficiente en el 45.2%. En cuanto al calcio y el magnesio, se presentaron en cantidades aceptables en:

Cuadro 2. CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO

No. sitio	Serie según Simmons (17)	Hte.	TAMAÑO DE PARTICULAS %			Clase textural
			Arena	Limo	Arcilla	
1	-	1	-	-	-	Arcilla
2 y 4	Sinaneque	1	73.60	18.34	8.06	F. arenoso
		2	53.68	22.71	20.61	F. arcillo-arenoso
		3	68.37	19.32	12.29	F. arenoso
3	Teculután	1	62.32	19.56	18.12	F. arenoso
		2	58.77	17.80	23.43	F. arcillo-arenoso
		3	55.04	27.08	17.28	F. arenoso
5 y 6	Chicaj	1	30.74	24.79	44.47	Arcilla
		2	26.62	14.52	58.86	Arcilla
		3	40.52	31.18	28.30	F. arcilloso
7	Cachil	1	-	-	-	F. arenoso
8	Cachil	1	-	-	-	F. arcilloso
9 y 10	ChicaJ	1	42.86	26.07	31.03	F. arcilloso
		2	44.74	25.72	31.53	F. arcilloso
		3	4.53	29.92	65.65	Arcilla
11 y 12	Tempisque	1	58.55	20.81	20.64	F. arcillo-arenoso
		2	35.82	15.51	48.67	Arcilla
		3	55.78	22.83	21.39	F. arcillo-arenoso
12	Cachil	1	-	-	-	F. arcilloso
13	Chirrum	1	38.06	15.07	46.87	Arcilla
		2	37.92	12.89	49.19	Arcilla
		3	49.63	24.97	25.40	F. arcillo-arenoso
14	Tempisque	1	54.59	23.87	21.54	F. arcillo-arenoso
		2	35.82	15.51	48.67	Arcilla
		3	55.78	22.83	21.39	F. arcillo-arenoso

Adaptado de Wyld y Lara (23)

la totalidad del área, aunque la relación calcio/magnesio es considerada baja en un 32.4% del área.

Los suelos de la serie Chicaj (Simmons y Tárano, (17)), se encuentra entre los más problemáticos del valle de La Fragua, debido a su textura pesada, razón por la que fueron objeto de un estudio de drenaje interno por parte del Programa Regional de Agrometeorología (PRA), del C.A.T.I.E (8). En este trabajo, realizado en 1,988, se trató de caracterizar o tipificar el movimiento del agua a través del perfil del suelo, utilizando ten_{so}ímetros, sonda aspersora de neutrones y el método gravimétrico para las determinaciones de laboratorio.

Los resultados indican que los suelos de la serie Chicaj poseen capas de difícil penetración para la humedad, dado su alto contenido de arcilla en todo el perfil. Las determinaciones muestran que en las parcelas de prueba cubiertas para evitar la evapotranspiración, la percolación es prácticamente nula, especialmente a profundidades mayores de 45 cm; mientras que en las parcelas descubiertas las pérdidas registradas se deben casi exclusivamente a la evapotranspiración. De lo anterior se infiere que la conductividad hidráulica de esta serie de suelos es muy baja.

3.9 CARACTERISTICAS DEL AGUA SUBTERRANEA

Existen numerosos pozos en el valle de La Fragua, uno de ellos fue considerado por Velásquez (22), junto a otras fuentes de agua subterránea de la cuenca del Río Grande de Zacapa. Los tres pozos muestreados fueron: Cunori, Chiquimula; ICTA, Zacapa y aldea SOS, Jocotán, Chiquimula. Las dos primeras fuentes se clasificaron C_2S_1 , por lo que se catalogan como aguas de salinidad media y bajo contenido sodio. Sin embargo, la tercera fuente mencionada se clasifica como C_3S_1 , lo que la ubica como agua altamente salina y baja en sodio. Es de hacer notar que todas las aguas de los pozos de esta región presentan temperaturas altas de alrededor de 50-60°C al momento de salir al exterior debido a que ésta es una región de muchas fallas geológicas y con influjo de actividad volcánica relativamente reciente.

3.10 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.

El agua utilizada en la unidad de riego La Fragua proviene del río grande; esta fuente fue estudiada por Velásquez (22), en cuanto a su calidad. Según el estudio de Velásquez (22), de las fuentes de agua superficial que aportan agua al río Grande, es el río San José el que aporta una cantidad de sales disueltas significativamente mayor que los otros afluentes. Velásquez supone que el material geológico sobre el que escurre esta fuente (calizas principalmente) es la causa de este comportamiento.

Una situación similar se observa para otras propiedades químicas de las fuentes de agua superficial de la cuenca de río Grande, es decir que los sólidos en solución, suma de cationes, suma de aniones, relación de adsorción de sodio y carbonato de sodio residual también son mayores en el río San José, especialmente cuando hay menor precipitación pluvial.

Valores menores son presentados por Velásquez (22), para muestreos en la presa (río Grande), donde los elementos solubles se encuentran más diluídos. Sin embargo, Fernández (7), al hacer un análisis más detallado de las aguas del canal, a lo largo de un año, muestra valores similares a los que se presentan en el río San José que se mantienen durante la mayor parte del año, como se observa en las figuras 2 y 3. Esto nos indica que hay una reconcentración de las sales por evaporación en el canal de riego.

En el cuadro 3 y las figuras 2 y 3 se presentan los datos analíticos obtenidos por Fernández (7), para dos puntos de muestreo en el canal principal de la unidad de riego La Fragua, durante el año 1,984. En las figuras citadas se puede observar que las tres características presentadas se comportan de manera similar y parecen tener una relación con el régimen de lluvias, habiendo valores más altos en los meses de menor precipitación y valores más bajos en los meses más lluviosos.

Cuadro 3. PROMEDIOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, pH Y RELACION DE ADSORCION DE SODIO DE FEBRERO DE 1,984 A ENERO DE 1,985, EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA.

PTO. DE MUESTREO		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Salida del desarenador	C.E.	297.5	318.3	326.5	331.4	300	214
	pH	7.77	8.05	8.22	8.07	7.63	7.70
	RAS	0.38	0.35	0.47	0.46	0.36	0.33
Puente de recursos hidráulicos	C.E.	301	310.9	316.2	331.6	304	223
	pH	7.65	7.68	8.25	8.08	7.53	7.78
	RAS	0.38	0.43	0.48	0.47	0.46	0.32
PTO. DE MUESTREO		JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
Salida del desarenador	C.E.	215	218	169	284.5	269.5	265
	pH	7.80	7.98	7.90	8.15	8.12	8.21
	RAS	0.30	0.34	0.32	0.37	0.36	0.38
Puente de recursos hidráulicos	C.E.	224	215	213	278	275	262
	pH	8.05	8.02	7.92	8.02	8.19	8.21
	RAS	0.30	0.35	0.32	0.37	0.36	0.38

Adaptado de Fernández (7)

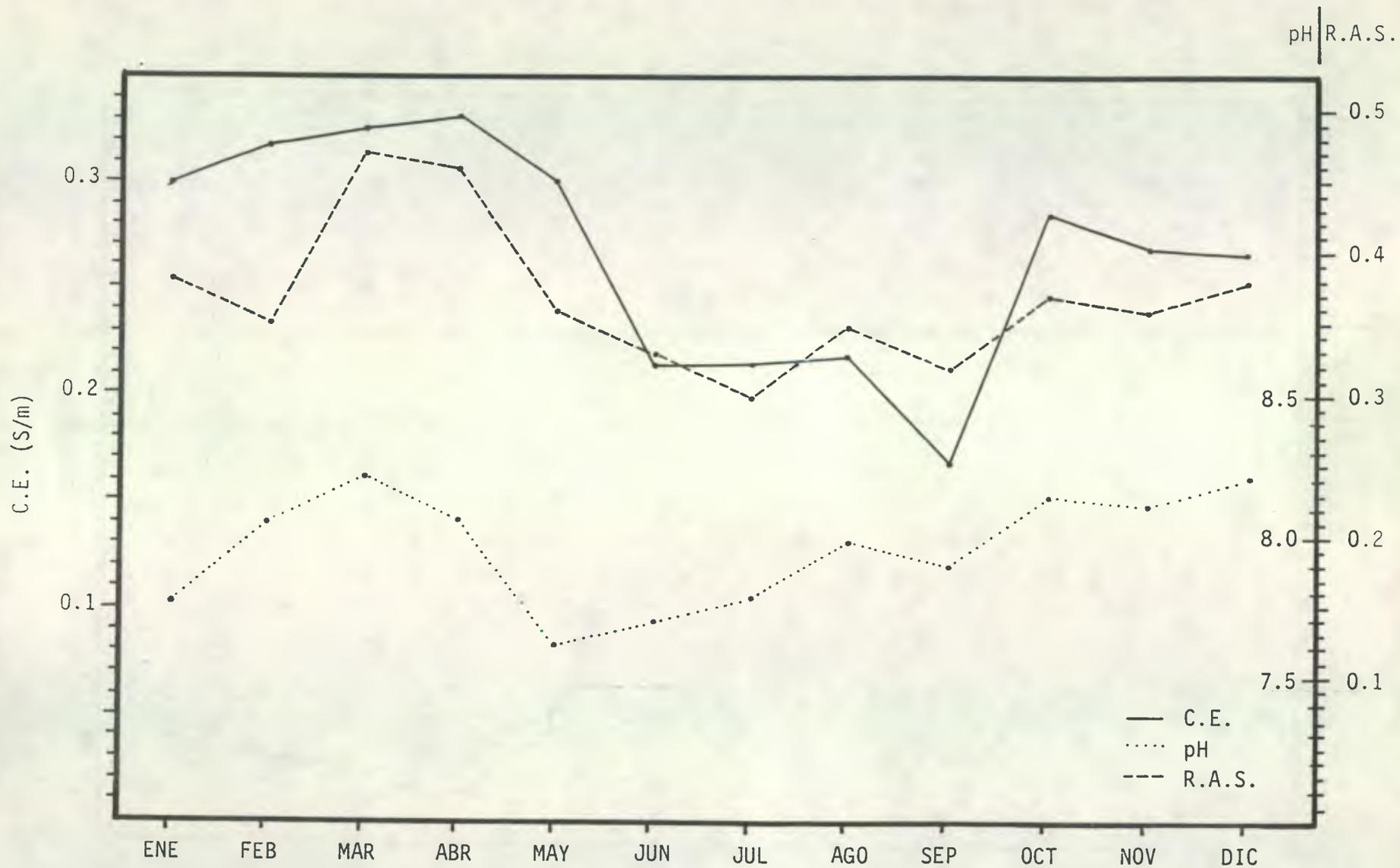


Fig. 2 PROMEDIOS DE C. E., pH Y R. A. S. EN 24 MUESTRAS DE AGUA TOMADAS A LA SALIDA DEL DESARENADOR EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA, PARA EL AÑO 1,984. Adaptado de Fernández (7).

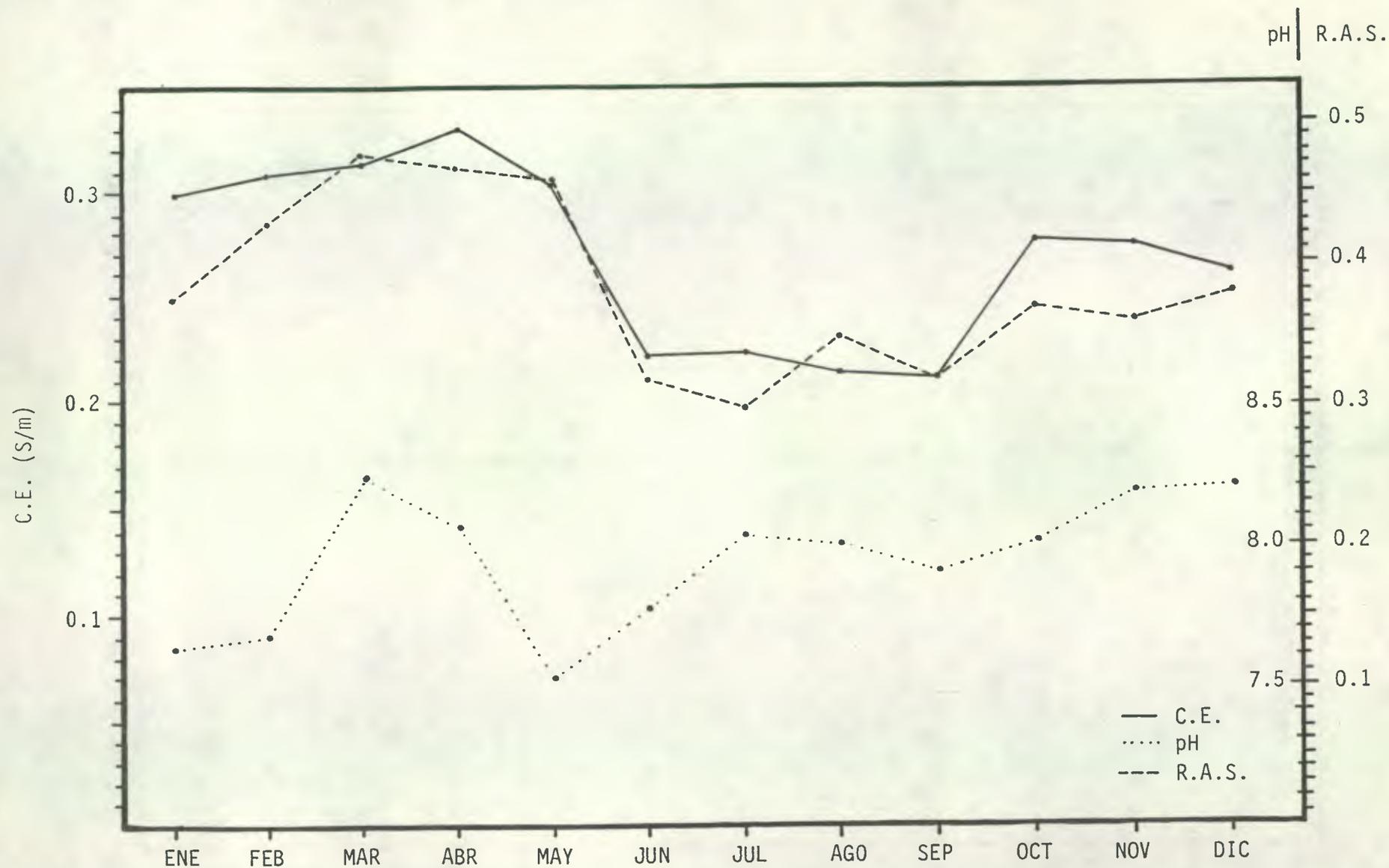


Fig. 3 PROMEDIOS DE C. E., pH Y R. A. S. EN 24 MUESTRAS DE AGUA TOMADAS EN EL PUENTE DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA, PARA EL AÑO 1,984. Adaptado de Fernández (7).

3.11 EL USO DEL AGUA EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA

Según Martínez (12), en el quinquenio 1,979-1982 el área máxima bajo riego fué de 934.73 ha en diciembre de 1,979 y la mínima fue de 322,17 ha en agosto de 1,980, por lo que se deduce que no se tiene un aprovechamiento óptimo del agua, ya que el área de diseño es de 2,600 ha. (12)

El mismo autor reporta que la lámina bruta aplicada para el mes de enero de 1,984 fue la siguiente en diversos ramales de la unidad de riego La Fragua:

NOMBRE DEL CANAL:	D-22	D-18	D-21	D-7
	0.510	0.691	0.494	0.432
	MEDIA = 0.532 m			

La eficiencia global del sistema se puede calcular basándose en estos datos y tomando en cuenta la lámina neta requerida para el mes de enero, al considerar el déficit que aparece en el balance hídrico (cuadro 4). De esta manera se obtiene la eficiencia global del sistema que es de "21 %".

Al comparar el área regada con el área de diseño y al observar la eficiencia de riego, se concluye que no se tiene un aprovechamiento óptimo del recurso del agua.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 DESCRIPCION GENERAL DEL AREA.

4.1.1 Localización del área de estudio.

El área de estudio comprende la unidad de riego La Fragua que pertenece al distrito de riego No. 7 de la Dirección General de Servicios Agrícolas. Geográficamente esta unidad de riego está completamente dentro del valle de La Fragua en la Zona Nor-Oriental del país y se encuentra ubicada entre los 14°54'08" y 15°00'08" de la latitud N y a los 89°01'01" y 89°06'47" de longitud. Politicamente se encuentra parcialmente dentro de los municipios de Zacapa y Estanzuela, abarcando parte de las aldeas Santa Lucía, Santa Rosalía, La Fragua, Llano de Piedras, El Guayabal y la cabecera de Estanzuela. La elevación media del valle es de 200 msnm. (1)

La zona de vida es Monte Espinoso Subtropical, la vegetación natural está compuesta por plantas adaptadas al déficit de humedad que implican la escasa precipitación pluvial y la elevada evapotranspiración características de la región: Entre las principales especies naturales se encuentran las siguientes: de la familia Cactáceae: Tuno (Stenocereus longispinus), Viejito canoso (Pilosocereus maxonii), Nopal (Opuntia thurbarii) y Manzanote (Pereskia autumnalis). De la familia Leguminosae: Subín (Acacia farnesiana), Orotoquaje (Acacia deamii), y Aripín (Caesalpinia velutina). De la familia Bignoniaceae, Morro (Crescentia alata), De la familia Theophrasteaceae, Duruche (Jacquinia aurantiaca). (1)

4.1.2 Clima

Según datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en el valle de la Fragua, la precipitación pluvial de esta región es de 665.6 mm promedio anual, con una media de 83.6 días de lluvia al año. La temperatura media máxima es de 38.2°C, la temperatura media mínima es de 17.8°C, mientras que la media general es de 26.25°C.

La humedad relativa oscila entre un máximo de 97.77% y un mínimo de 26.8%, con una media de 68.9%. La velocidad del viento tiene un promedio de 9.5 km/h, con una dirección predominante N-E, mientras que la oscilación varía desde 51% en

octubre hasta 72% en marzo.

Según el balance hídrico presentado por Martínez (12), en este valle no existe exceso de humedad natural en ninguno de los meses del año, siendo el menor déficit en junio, con 67.27 mm y el máximo en marzo con 156.88 mm, mientras que la media es de 112.09 mm/mes y el total es de 1,344.82 al año.

A continuación se presenta el balance hídrico para el valle de La Fragua, el cual fue obtenido por Martínez (12), utilizando datos registrados en la estación meteorológica ya mencionada, correspondientes al quinquenio 1,979-1,983 (cuadro 4).

Cuadro 4. BALANCE HIDRICO PARA EL VALLE DE LA FRAGUA

	pp. (mm)	E.T.P (mm)	Déficit (mm)
ENERO	2.78	126.18	-123.40
FEBRERO	2.34	125.70	-123.36
MARZO	6.38	163.26	-156.88
ABRIL	16.05	171.67	-155.62
MAYO	71.81	185.41	-121.32
JUNIO	99.06	166.33	- 67.27
JULIO	78.54	170.26	- 91.72
AGOSTO	83.28	164.48	- 81-20
SEPTIEMBRE	93.25	150.80	- 57.25
OCTUBRE	41.58	156.70	-115.12
NOVIEMBRE	10.32	135.22	-125.00
DICIEMBRE	7.96	134.64	-126.68

Fuente: Martínez (12).

pp. = Precipitación pluvial efectiva
E.T.P.= Evapotranspiración potencial

Sin embargo, Velásquez (22), reporta una evapotranspiración potencial para la misma región, de 624.3 mm al año, utilizando la fórmula de Turc. A su vez, Morales (13), afirma que ninguno de los métodos indirectos para estimar la evapotranspiración potencial en la región se adapta para el efecto, al compararlos con la evapotranspiración medida en el campo con el tanque tipo "A".

4.1.3 Geología.

En general el material geológico de la región comprende rocas del período cuaternario, con una duración aproximada de un millón de años. En el valle de La Fragua se presenta aluvión cuaternario como material parental de los suelos, entre los cuales se incluyen cenizas volcánicas, sedimentos arenosos, sedimentos coluvio-aluviales de naturaleza mixta (17).

4.1.4 Hidrografía.

El área estudiada se encuentra dentro de la cuenca del río Grande de Zacapa y cuenta con varias corrientes intermitentes que drenan dicho río, siendo las principales la quebrada San Juan, la quebrada Seca y la quebrada Los Yajes. (1)

4.1.5 Procesos Productivos:

La principal actividad productiva es la agricultura y en mucho menor grado la ganadería y la industria.

Los principales cultivos de la unidad de riego son el maíz, el tabaco, el tomate, el melón, la okra y los pastos naturales. Generalmente los agricultores aplican bastantes productos agro-químicos y preparan el suelo con maquinaria, pero la eficiencia del riego es baja, estimándose en un 21%

En cuanto a la tenencia de la tierra, se puede decir que no existe un marcado contraste entre minifundio y latifundio, aunque sí se dan fincas de gran extensión. La mayor parte de los agricultores trabajan como arrendatarios y el resto trabajan como propietarios o en medianía.

Existen en el área algunas industrias como lo son: una fábrica de ladrillos de barro y 3 empacadoras de melón, cuya actividad principal es la exportación de éste producto. (1)

4.2 METODOLOGIA.

La realización del trabajo comprendió las siguientes fases:

- a) Estudios de antecedentes y planificación .
- b) Trabajo de campo.
- c) Trabajo de laboratorio.
- d) Fase final de gabinete.

4.2.1 Estudio de Antecedentes y Planificación.

En esta fase se recopiló la información general del área y especialmente la que tiene relación con los suelos y el agua del área estudiada, tales como resultados de análisis de suelos y calidad de agua, así como estudios relacionados con la cantidad de sales o sodio del lugar. La información obtenida fue tomada en cuenta para planificar el muestreo de campo, delimitando las áreas con mayor probabilidad de presentar problemas de sales o acumulación de sodio.

4.2.2 Trabajo de Campo.

Comprendió los siguientes pasos:

4.2.2.1 Reconocimiento preliminar del problema:

Se inspeccionaron en diferentes épocas los terrenos bajo cultivo con el propósito de observar preliminarmente afloramientos de sales en la superficie del suelo, previo análisis de uno de dichos afloramientos, con lo que se constató la naturaleza salina de los mismos, como se aprecia en el cuadro 6. También se observó el comportamiento de los cultivos, a fin de detectar algún posible síntoma relacionado con el exceso de sales o sodio en el caso de cultivos susceptibles, así también posibles desbalances nutricionales.

Las áreas identificadas se fueron ubicando en un mapa base de la unidad de riego a escala 1:10,000; utilizando para el efecto el padrón de usuarios correspondiente.

4.2.2.2 Planificación del Muestreo:

Una vez identificadas las áreas con mayor probabilidad de presentar altos niveles de sales y sodio, por medio de la inspección de campo y con la ayuda del estudio de Vázquez (21), utilizando también el apoyo del mapa de series de suelos escala 1:9000 elaborado por Simmons y Tárano (17), se ubicarón en el mapa base para delimitar las áreas que presentan estas características y distribuir dentro de ellas los puntos de muestreo. Los niveles de calcio y magnesio fue un criterio secundario para reducir el número de puntos de muestreo, dando prioridad a los sitios con mayores niveles de calcio y magnesio. Se estudiaron 15 sitios, tomando 3 muestras de suelo en cada uno, una representativa de cada horizonte genético.

4.2.2.3 Estudio de Pedones y Muestreo.

Consistió en el estudio de un pedón por cada sitio identificado, por medio de la calicatas de aproximadamente 1.00 m de largo por 1.00 m de ancho, por una profundidad variable, dependiendo de la profundidad del material original, el cual fue encontrado generalmente a menos de 1.50 m de profundidad.

En cada sitio se hizo una descripción de los horizontes (hoja de anotaciones forma HT-1-184 en el anexo). Las características estudiadas fueron: Profundidad, color, textura, consistencia, estructura, porosidad, contenido de raíces y límite.

Se tomó una muestra por cada horizonte principal, anotándose el número correspondiente a la hoja de descripción respectiva y a la profundidad a que fue tomada.

4.2.3 Trabajo de Laboratorio.

4.2.3.1 Procesamiento de las muestras:

Consistió en el secado al aire y tamizado de las muestras.

4.2.3.2 Análisis de las Muestras;

Las determinaciones efectuadas se muestran en el cuadro 5. Los procedimientos utilizados se describen detalladamente en el manual de laboratorio del U.S.D.A.(5)

Una vez efectuadas las determinaciones 1 a 11 (cuadro 5) en todas las muestras, se procedió a seleccionar sitios cuyas características representaran toda la gama de variación observada en los análisis anteriores. Las determinaciones 12 a 16 (cuadro 5), que se efectuaron sobre las 4 muestras seleccionadas se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, mientras que las determinaciones 1, 2 y 3 se efectuaron en el laboratorio de Patología Vegetal y Análisis de suelos distrito de riego No. 7, Zacapa y las determinaciones 4 a 11 se llevaron a cabo en el laboratorio de la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento (DIRYA).

Cuadro 5. DETERMINACIONES EFECTUADAS EN LA FASE DE LABORATORIO

No.	DETERMINACION	METODO
1	pH pasta saturada	Potenciómetro
2	C. E. pasta saturada	Puente estándar de Weathstone
3	Extracto de pasta saturada	Filtración al vacío
4	C. E. extracto de pasta saturada	Puente estándar de Weathstone
5	Ca ⁺⁺ en el extracto	Titulación con EDTA
6	Mg ⁺⁺ en el extracto	Titulación con EDTA
7	Na ⁺ en el extracto	Fotometría de llama
8	K ⁺ en el extracto	Fotometría de llama
9	CO ₃ = en el extracto	Titulación con H ₂ SO ₄
10	HCO ₃ ⁻ en el extracto	Titulación con H ₂ SO ₄
11	Cl ⁻ en el extracto	Titulación con AgNO ₃
12	Capacidad de intercambio catiónico	Método de Peech
13	Cationes intercambiables (Ca, Mg, Na y K)	Fotometría de llama
14	Materia orgánica	Método de Walkley-Black
15	Tamaño de partículas	Hidrómetro de Bouyoucos
16	Densidad aparente	Método de la probeta

Las siguientes fórmulas se utilizaron para obtener el porcentaje de sodio intercambiable y la relación de adsorción de sodio.

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

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

$$\text{PSI} = \frac{\text{SI}}{\text{CIC}} \times 100$$

En donde:

RAS = Relación de adsorción de sodio

Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} = Cationes presentes en el extracto

PSI = Porcentaje de sodio intercambiable

CIC = Capacidad de intercambio catiónico

SI = Sodio intercambiable

4.2.4 Fase Final de Gabinete.

Se hizo el vaciado de la información obtenida en un mapa a escala 1:10,000; identificando las áreas estudiadas por medio de simbología apropiada. Posteriormente se redujo el mapa a una escala de 1:20,000.

4.2.4.2 Análisis e Interpretación de resultados:

Consistió en la ordenación de la información obtenida en las fases anteriores, incluyendo la información procedente de fuentes bibliográficas.

Posteriormente se procedió a la elaboración de las gráficas y cuadros correspondientes para la presentación adecuada de los datos.

El siguiente paso consistió en la integración e interpretación de la información existente por medio de la discusión de los resultados. Finalmente se concluyó en relación a los aspectos significativos de la investigación y se hicieron las recomendaciones que se consideraron necesarias.

5. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1 Afloramientos Salinos:

En 13 de los 15 sitios estudiados se presentan afloramientos salinos, es decir, deposición de cristales de sal en la superficie del suelo, ocupando un 8.7% del área. El análisis del afloramiento (raspado) en el sitio No. 7 presenta una salinidad de 7.33 S/m* y 15.61 % de sodio intercambiable, los suelos sobre los que se encuentra este y el resto de afloramientos, no presentan niveles excesivos en cuanto a conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable en la capa de labranza agrícola, como se observa en el cuadro 6, por lo que pueden ser clasificados como suelos no salinos, no sódicos. Los suelos estudiados no poseen capas salinas inferiores, lo que deja al agua de riego como la fuente principal de las sales contenidas en los afloramientos citados.

La presencia de estos afloramientos está ligada al régimen de humedad de los suelos pues se manifiestan en aquellos terrenos donde el agua de riego permanece por más tiempo, como ocurre con suelos poco permeables o adyacentes a un canal no revestido. Las labores agrícolas al hacer variar la microtopografía pueden cambiar la distribución de la humedad en el suelo, haciendo que los afloramientos salinos varíen en su intensidad desde lo casi imperceptible hasta darle una clara coloración blanquecina al suelo. Una variación similar se observa de un terreno a otro pero se debe, ya no únicamente a la humedad momentánea, sino también a los diferentes grados de acumulación de sales.

5.2 Capas Impermeables.

Los suelos muestrados presentan drenaje interno restringido en la capa superficial debido a su textura arcillosa y estructuras gruesas y fuertes, raras veces se encuentra una capa endurecida que interrumpa en forma drástica la penetración de la humedad y las raíces en los horizontes subyacentes, ya que durante el muestreo solo se observaron capas duras en los sitios números 9 y 12 sin estar asociadas a una capa freática ni a horizontes salinos.

* 1S/m = 1mmhos/cm

Cuadro 6. ANALISIS QUIMICO DEL AFLORAMIENTO SALINO EN EL SITIO DE MUESTREO NUMERO 7.

Conductividad eléctrica a 25°C (S/m)	7.33
Porcentaje de sodio intercambiable	15.61
pH	6.65
Suma de cationes (meq/l)	19.31
Suma de aniones (meq/l)	73.47

Cationes (meq/l)	Ca ⁺⁺	29.39
	Mg ⁺⁺	25.10
	Na ⁺	24.15
	K ⁺	0.67

Aniones (meq/l)	CO ₃ ⁼	0.0
	HCO ₃ ⁻	1.25
	Cl ⁻	5.65
	NO ₃ ⁻	----
	SO ₄ ⁻	66.57

5.3 Conductividad Eléctrica.

En general de acuerdo a los resultados de los análisis de laboratorio muestra que el área estudiada no presenta problemas de alta concentración de sales, ya que la capa de labranza agrícola presenta conductividades eléctricas por debajo del nivel crítico de 4 S/m (cuadro 7). El sitio con mayores conductividades eléctricas es el número 10, donde la conductividad eléctrica alcanzó 4.9 S/m en el horizonte más profundo.

A pesar de que los suelos no se clasifican como salinos, el peligro de salinización puede ser alto en algunas áreas donde los horizontes subyacentes acusan una salinidad creciente con la profundidad, ya que las sales presentes en los horizontes salinos podrían migrar a la superficie si tuvieran la suficiente humedad para ser diluídas y transportadas por capilaridad, esto lo puede incrementar el riego mal utilizado. Las áreas con estratos salinos (más de 4 S/m de conductividad) representan un 0.34 % del área estudiada.

El pH y la conductividad eléctrica, así como las otras propiedades químicas de las aguas subterráneas del valle, concuerdan con la presencia de horizontes profundos con características de salinidad. Aunque en la mayor parte del área estos estratos están demasiado profundos para influir en las características del suelo superficial, existen algunos lugares donde la salinidad y sodicidad se encuentran en los horizontes cercanos a la superficie, tal es el caso de los sitios Nos. 6, 7 y 10, como se puede apreciar en el cuadro 7, y en la fig. 4. Sin embargo, la baja permeabilidad de los horizontes superiores no ha permitido que el agua pueda tener una amplia circulación vertical, lo que ha evitado la acumulación de las sales en la superficie del suelo en forma considerable.

5.4 Porcentaje de sodio intercambiable.

El porcentaje de sodio intercambiable se presenta en niveles relativamente bajos en todos los sitios estudiados, pues no sobrepasa el nivel crítico de 15% en ninguno de los casos, razón por la cual los suelos del área se clasifican en forma general, como suelos no sódicos.

Cuadro 7. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E.), PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI) Y pH POR HORIZONTE EN LOS SITIOS ESTUDIADOS.

No. Cali- cata.	C.E. (s/m)			P S I			pH		
	Hte.1	Hte.2	Hte.3	Hte.1	Hte.2	Hte.3	Hte.1	Hte.2	Hte.3
1	0.993	1.056	1.536	0.00	1.39	1.36	7.15	7.50	7.10
2	0.558	0.461	0.428	0.00	0.00	0.00	7.85	7.70	7.85
3	0.520	0.454	0.274	0.28	0.00	0.00	6.48	6.45	6.83
4	0.866	1.440	0.619	0.36	0.00	0.75	6.35	7.01	7.20
5	0.866	0.647	0.636	0.96	1.00	0.20	7.40	6.83	7.42
6	1.401	1.974	2.393	7.86	13.05	14.76	8.24	8.06	8.52
7	1.164	1.075	1.746	1.39	1.77	4.94	7.06	6.99	6.81
8	0.696	0.609	0.734	0.27	1.15	0.61	7.34	7.42	7.07
9	0.822	0.969	1.086	0.61	2.66	4.20	6.96	7.76	7.58
10	1.201	1.309	4.893	2.33	5.01	9.11	7.01	7.36	7.52
11	0.605	0.663	1,265	0.32	0.00	0.49	7.05	7.56	7.55
12	0.846	0.747	0.800	0.43	1.11	0.16	7.36	7.01	7.39
13	0.409	0.543	0.427	0.00	0.33	0.33	7.24	7.16	7.50
14	0.711	1.028	0.800	0.10	1.79	3.95	7.77	7.91	8.31
15	0.708	0.468	0.578	0.05	0.00	0.71	6.77	6.69	7.21

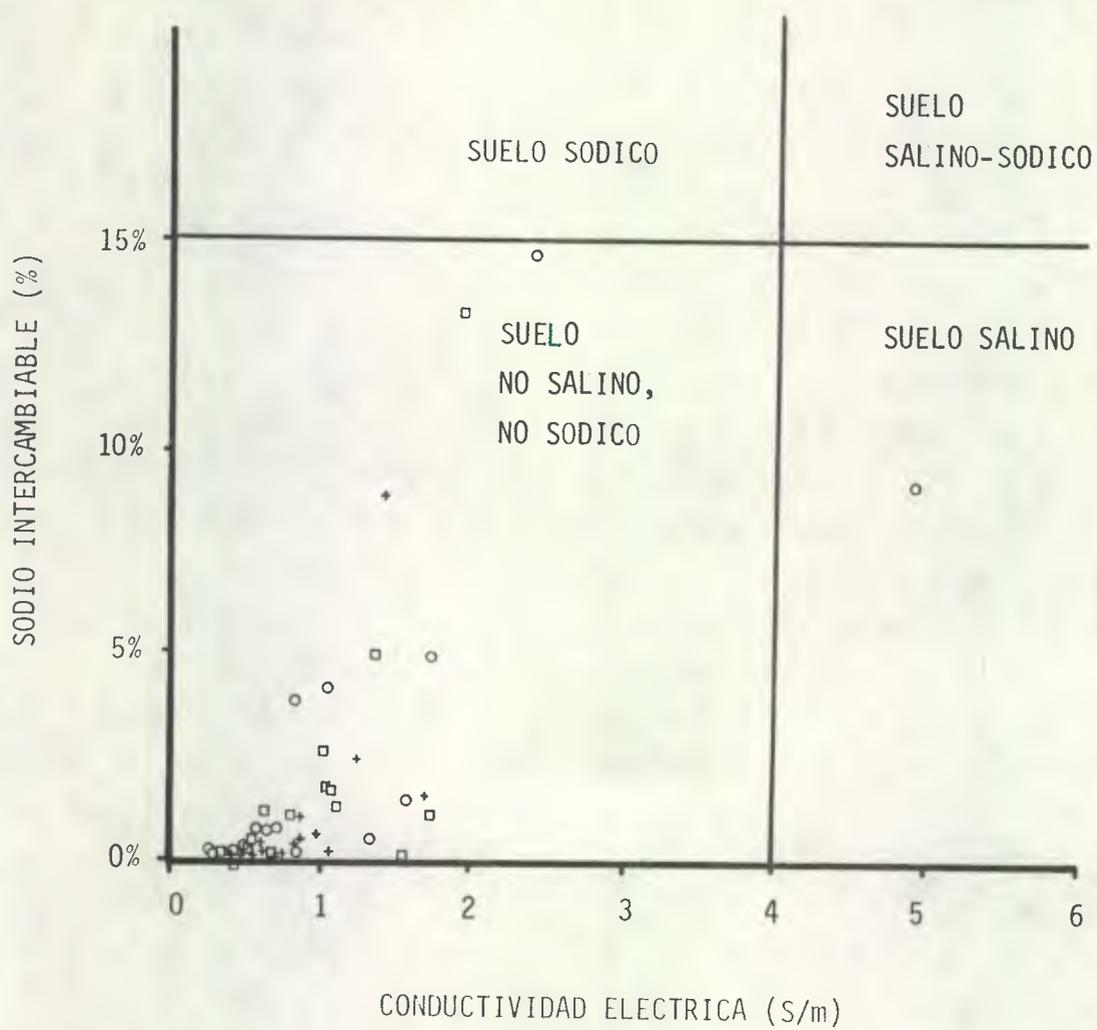


Fig. 4 DISTRIBUCION DE LOS SUELOS MUESTREADOS EN RELACION CON LOS LIMITES CRITICOS DE SALINIDAD Y SODICIDAD DEL LABORATORIO DEL U.S.D.A.

REFERENCIAS:

- + Horizonte 1
- Horizonte 2
- Horizonte 3

Los valores más altos de porcentaje de sodio intercambiable se presentan en los sitios 6, 7, 10 y 14, en los cinco casos en el horizonte más profundo. Estos valores oscilan entre 3.95% para el sitio No.14 y 14.76% para el sitio No.6, lo que los ubica como suelos con algún riesgo de sodificación. Sin embargo, los suelos con porcentaje de sodio intercambiable mayores de 10 sólo representan un 0.48 % del área estudiada. En estos sitios se observa además un incremento en el porcentaje de sodio intercambiable con el aumento de la profundidad; un comportamiento similar se puede observar en lo relativo a la conductividad eléctrica para los puntos 1, 6, 7, 9, 10 y 11. Esta situación se representa en las figuras 5 y 6 y debe ser considerada cuando se realicen trabajos de nivelación con fines de riego, a fin de no exponer las capas salinas y/o con mayor contenido de sodio.

El comportamiento análogo de la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio intercambiable, no solo en relación a su distribución respecto a la profundidad, sino también en la presencia de los valores más altos en los mismos sitios, hace suponer que las fuentes de sales y las fuentes de sodio son las mismas.

Resulta interesante el hecho de que las muestras tomadas en suelos señalados en el estudio de Vásquez (21), como áreas con alta o muy alta presencia de sodio no evidenciaron un porcentaje de sodio intercambiable demasiado alto, como el de la muestra tomada en el sitio No. 7 donde no se había detectado anteriormente. Esto puede atribuirse a variaciones en el suelo o bien a que la alta presencia de sodio detectada no correspondía al sodio intercambiable, que fue el que se determinó en el presente estudio.

5.5 Cationes intercambiables.

Entre los cationes intercambiables domina notablemente el calcio, con una media de 13.76 meq/100 ml de suelo, siguiéndole el magnesio que presentó una media de 3.53 meq/100 ml de suelo. El sodio y el potasio se encuentran en cantidades mucho menores, siendo sus medias de 0.27 y 0.56 meq/100 ml de suelo, respectivamente (cuadro 8). Este orden de abundancia indica que los suelos analizados se encuentran entre los rangos de normalidad, siendo el orden usual, Ca, Mg, K, Na.

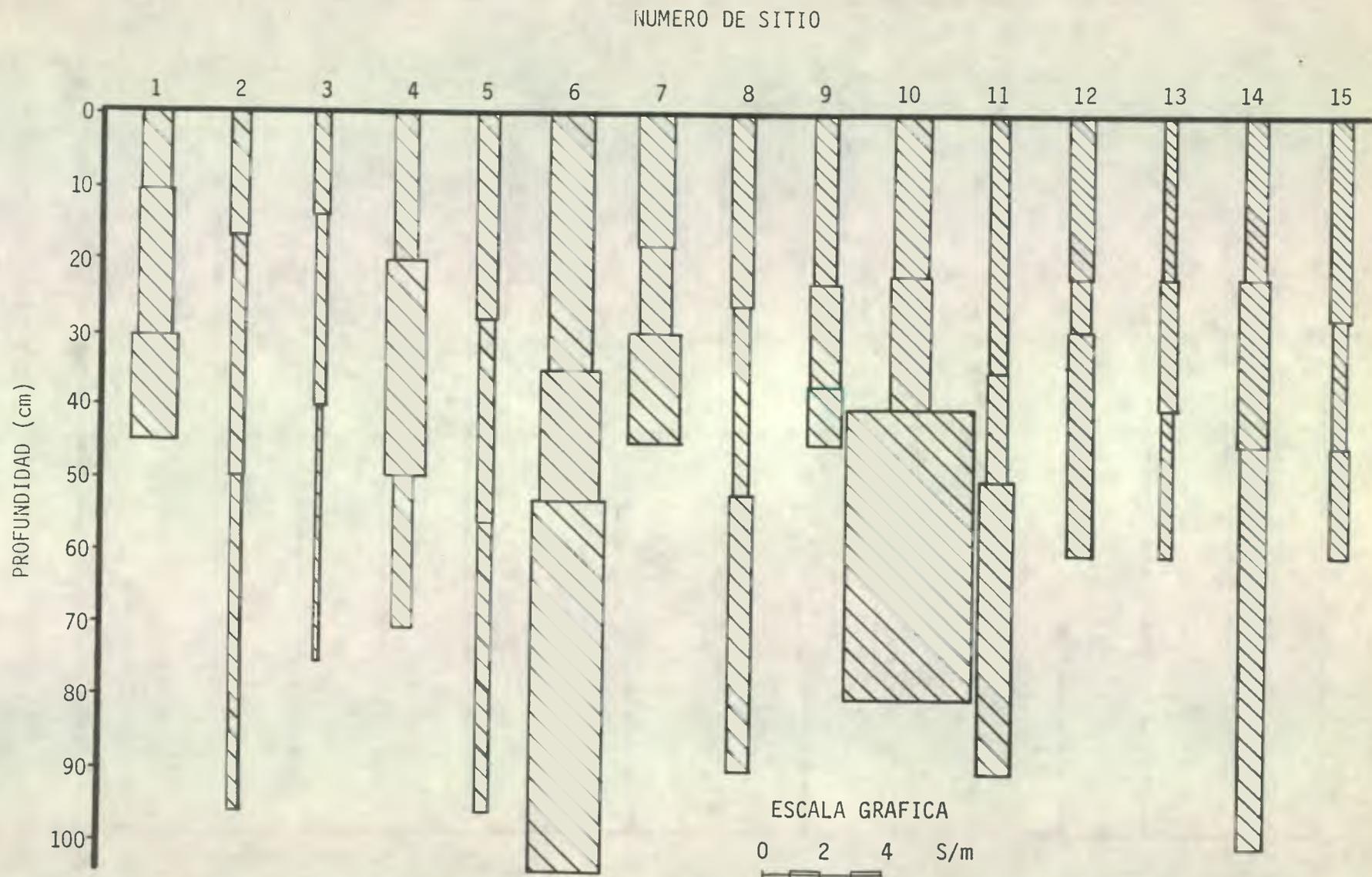


Fig. 5 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE PASTA SATURADA EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD DE LOS HORIZONTES DEL SUELO.

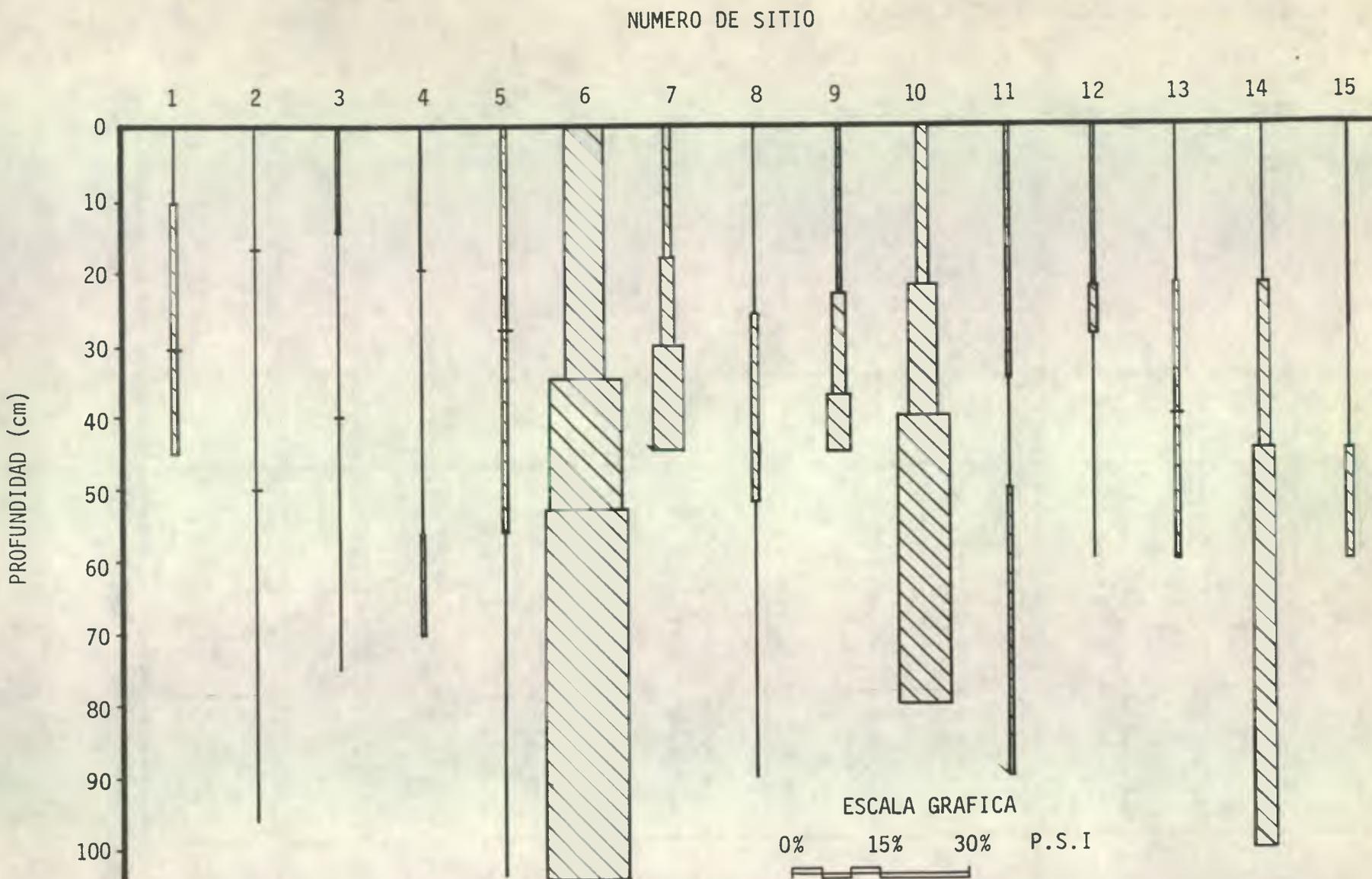


Fig. 6 PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD DE LOS HORIZONTES DEL SUELO.

Al comparar los contenidos de calcio con la capacidad de intercambio catiónico, se infiere que el calcio está ocupando la mayoría de los lugares de intercambio en el complejo coloidal, ya que en la totalidad de los casos la saturación de bases es mayor de 100%.

El sitio No. 10 presenta los valores más altos de cationes intercambiables y también presenta los mayores valores de conductividad eléctrica, lo cual hace suponer que las sales que se presentan en estos suelos son sales de calcio en su mayor parte y concuerda con los valores observados en los cationes presentes en el extracto, entre los cuales el calcio presenta los valores más elevados.

Los cuadros 8 y 9 presentan características importantes respecto a la fertilidad de los sitios Nos. 4, 6, 10 y 13. Los suelos del sitio No. 4 presentan una fertilidad potencial media, con niveles de fósforo bastante altos, debido a las sucesivas prácticas de fertilización, calcio y magnesio adecuados tanto en los niveles como en la relación Ca/Mg. El potasio se encuentra bajo, por lo que las relaciones $(Ca+Mg)/K$ y Mg/K se observan altas. Este suelo presenta limitaciones debido a su bajo contenido de potasio y a su baja capacidad de intercambio catiónico.

El sitio No. 6 posee fertilidad potencial baja, con un nivel de fósforo ligeramente bajo, mientras que el calcio, magnesio y potasio están en niveles aceptables; las relaciones Ca/Mg es ligeramente baja. La baja capacidad de intercambio catiónico, debida posiblemente a la naturaleza de las arcillas presentes y al bajo contenido de materia orgánica, es el principal problema que presenta este suelo, tanto por sus implicaciones respecto a la fertilidad como por su relación con el sodio, la cual se discute más adelante.

Los suelos del sitio No. 10 son de fertilidad potencial media con un contenido de fósforo adecuado. El calcio, el magnesio y el potasio se encuentran en niveles adecuados. Las relaciones Ca/Mg y $(Ca+Mg)/K$ son adecuadas, aunque la relación Mg/K es ligeramente baja. Este suelo presenta limitaciones por su capacidad de intercambio relativamente baja.

El sitio No. 13 es de baja fertilidad potencial, dada su baja capacidad de intercambio catiónico. Posee un contenido de fósforo bastante alto, mayor de 50 partes por millón, debido

Cuadro 8. Resultado de los análisis químicos de las muestras de suelo tomada en los sitios de muestreo 4, 6, 10 y 13

No. Sitio	Prof.	CIC	meq/100 ml suelo				%S.B.	pH	%M.O.	PSI
			Ca	Mg	Na	K				
4	0-10	14.29	15.50	3.49	0.34	0.36	100	6.35	1.32	2.38
	20-50	16.81	14.89	3.21	0.19	0.27	100	7.01	1.41	1.13
	50-70	10.13	10.96	2.49	0.30	0.29	100	7.20	1.19	2.96
6	0-35	9.53	8.69	2.12	0.21	0.57	100	8.24	0.66	2.20
	35-53	11.33	9.93	2.39	0.23	0.71	100	8.06	0.83	2.03
	55-116	13.16	11.46	2.90	0.24	0.88	100	8.52	0.53	1.76
10	0-22	14.86	12.22	4.03	0.21	1.19	100	7,01	1.00	1.41
	22-40	17.84	15.05	5.02	0.31	0.66	100	7.36	1.01	1.74
	50-80	21.17	18,52	6.93	0.73	0.70	100	7.52	0.34	3.45
13	0-22	11.46	11.34	2.99	0.17	0.46	100	7.52	1.40	0.96
	22-40	11.76	11.34	2.99	0.17	0.28	100	7.16	1.81	1.45
	40-60	13.81	13.99	4.05	0.17	0.30	100	7.50	0.13	1.23

Cuadro 9 Elementos extraíbles para las muestras de suelo tomadas en los sitios 4, 6, 10 y 13.

No. sitio	Prof.	ug/ml		meq/100ml		Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	Mg/K
		P	K	Ca	Mg			
4	0-10	50.0	83	13.97	2.63	5.31	79.05	12.52
6	0-35	11.8	120	7.17	1.32	5.43	29.39	4.26
10	0-22	36.0	245	10.35	2.88	3.59	21.00	4.57
13	0-22	50.0	103	8.36	1.56	5.36	38.15	6.00

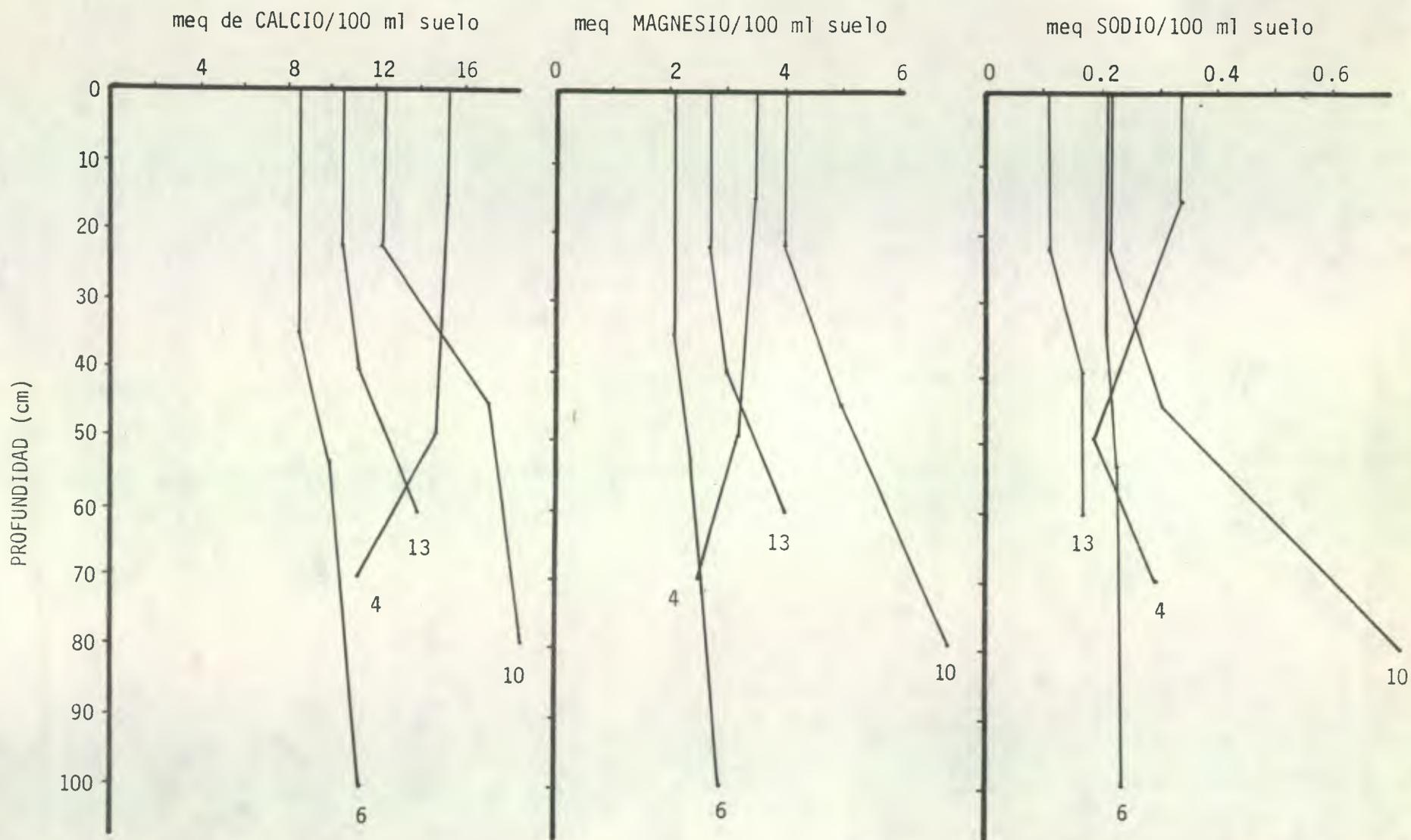


Fig. 7 CATIONES CAMBIABLES EN EL SUELO EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD, PARA LOS SITIOS 4, 6, 10 Y 13.

a la fertilización constante a la que normalmente se someten estos terrenos. El calcio y el magnesio se encuentran en niveles aceptables, así como también el potasio; la relación Ca/Mg es adecuada.

Se observa que la generalidad de los suelos estudiados posee una fertilidad media o baja, con relativamente baja capacidad de intercambio catiónico, y por la baja proporción de materia orgánica de los suelos, menor de 1% en la mayoría de los suelos analizados. Esto es más desfavorable para los sitios 6 y 10, pues poseen contenidos relativos más altos de sodio y, por ser baja la capacidad de intercambio catiónico, se facilita la acumulación de sodio en el suelo; sin embargo, los contenidos proporcionalmente mayores de calcio y magnesio han redundado en una predominancia de estos elementos en el complejo de intercambio.

En resumen, los suelos referidos sí pueden presentar problemas adicionales a la salinidad y sodicidad, debido al bajo contenido de potasio en los sitios 6 y 13 a la baja capacidad de intercambio catiónico en todos los sitios.

5.6 Cationes y aniones presentes en el extracto de pasta saturada
El catión calcio es el que se presenta con los niveles más altos en el extracto de saturación con una media de 4.39 meq/l, luego el sodio con una media de 3.95 meq/l. El ión magnesio y el ión potasio presentan medias de 2.20 meq/l y 0.23 meq/l, respectivamente.

Entre los aniones dominaron los bicarbonatos, cuya media fue de 3.08 meq/l, mientras que los carbonatos, presentaron una media de 0.40 meq/l. El contenido promedio de cloruros fue de 1.26 meq/l.

El sodio presentó las mayores variaciones, de uno a otro suelo como entre horizontes de un mismo pedón; el rango va desde 0.80 meq/l para el sitio 3, hasta 23.70 meq/l en el sitio 10 donde a pesar de la alta concentración de sodio, no se obtuvo un porcentaje de sodio intercambiable tan elevado como el del sitio 6, pues la presencia de cantidades altas de calcio y magnesio redundan en una relación de adsorción de sodio relativamente baja que mantiene una proporción de sodio adsorbido relativamente baja.

Cuadro 10. CATIONES Y ANIONES PRESENTES EN EL EXTRACTO DE PASTA SATURADA EN CADA HORIZONTE.

Sitio	Prof. (cm)	SUMATORIA		CATIONES meq/litro				ANIONES meq/l		
		Cationes	aniones	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl
1	0-10	12.38	5.73	7.00	3.40	1.80	0.18	1.14	3.69	0.90
	12-30	12.76	5.94	6.20	2.60	3.80	0.16	0.91	3.63	1.40
	30-45	15.46	9.15	9.40	1.60	4.20	0.26	2.04	5.17	1.94
2	0-17	7.56	5.48	3.80	2.40	1.20	0.16	0.57	4.37	0.55
	17-32	7.46	4.08	3.80	2.20	1.20	0.06	0.00	2.73	1.35
	50-+	6.47	2.49	2.40	2.80	1.20	0.07	0.00	2.04	0.45
3	0-14	5.15	3.40	2.40	1.20	1.40	0.15	0.00	2.10	1.30
	14-40	5.49	2.60	2.40	2.00	0.80	0.29	0.00	2.10	0.50
	40-+	4.71	2.40	2.40	1.20	1.00	0.11	0.00	2.10	0.30
4	0-10	10.78	6.27	3.80	4.20	2.20	0.58	0.68	4.14	1.45
	20-50	13.20	11.89	7.00	4.40	1.80	0.08	0.00	2.16	9.73
	50-70	7.49	3.59	2.40	2.80	2.20	0.09	0.00	2.44	1.15
5	0-27	5.69	5.91	4.60	1.40	2.60	0.09	0.00	4.63	1.28
	27-56	6.79	4.87	2.40	2.00	2.28	0.11	0.00	4.37	0.50
	56-+	8.49	5.16	4.60	2.00	1.80	0.09	0.68	4.03	0.45
6	0-35	15.69	11.35	2.40	2.80	10.40	0.09	0.00	6.81	4.54
	35-53	18.49	6.28	2.40	1.20	14.80	0.09	1.14	4.49	0.65
	56-116	22.83	10.85	2.40	2.00	18.20	0.23	0.00	8.54	2.31
7	0-18	12.99	7.81	4.60	4.20	3.80	0.29	2.04	5.22	0.55
	18-30	12.62	6.15	5.40	2.80	4.20	0.22	1.25	3.75	1.15
	30-45	14.85	6.35	4.00	2.67	8.00	0.18	0.00	5.15	1.20
8	0-26	8.15	4.42	4.60	1.40	1.80	0.35	0.68	3.24	0.50
	26-52	6.03	2.09	2.40	1.20	2.20	0.23	0.00	2.39	0.50
	52-+	8.41	3.04	4.20	1.80	2.20	0.21	0.00	2.39	0.65
9	0-23	8.44	5.24	4.60	1.40	2.20	0.24	1.02	3.12	1.10
	23-37	12.95	2.86	5.80	1.60	5.20	0.35	0.00	2.16	0.70
	37-45	12.38	4.54	3.20	2.40	6.40	0.38	0.68	3.01	0.85
10	0-22	13.53	7.68	4.60	3.60	5.00	0.33	1.82	3.97	1.89
	22-40	14.29	6.08	4.60	1.60	7.80	0.29	1.36	3.18	1.54
	50-80	43.22	4.18	15.60	3.60	23.70	0.32	0.68	2.55	0.95
11	0-35	9.29	1.83	2.40	4.60	2.00	0.29	0.00	1.48	0.35
	35-50	7.54	2.39	4.60	1.40	1.20	0.34	0.00	2.04	0.35
	50-90	11.33	2.82	7.00	1.20	2.40	0.73	0.00	1.82	1.00
12	0-22	10.35	4.45	4.60	2.80	2.20	0.75	0.79	2.61	1.05
	22-28	9.09	4.13	3.80	2.20	2.80	0.29	0.00	2.78	1.35
	40-60	9.22	3.22	5.40	1.60	1.80	0.42	0.00	1.48	1.74
13	0-22	7.14	2.54	2.40	3.60	1.00	0.14	0.00	2.04	0.50
	22-40	7.49	2.46	3.20	2.40	1.80	0.09	0.00	1.76	0.70
	40-60	6.04	1.64	2.00	2.40	1.60	0.04	0.00	1.19	0.45
14	0-22	7.75	5.10	5.80	0.20	1.60	0.15	0.57	3.18	1.35
	22-45	10.53	5.97	5.80	0.20	1.60	0.15	0.57	3.18	1.35
	65-100	9.86	3.68	2.40	2.00	5.40	0.06	0.00	3.18	0.50
15	0-28	10.24	3.24	5.40	2.80	1.80	0.24	0.00	1.99	1.25
	28-45	5.73	2.03	3.80	0.60	1.20	0.13	0.00	1.48	0.55
	45-60	5.51	2.22	3.20	0.40	1.80	0.11	0.00	1.42	0.80

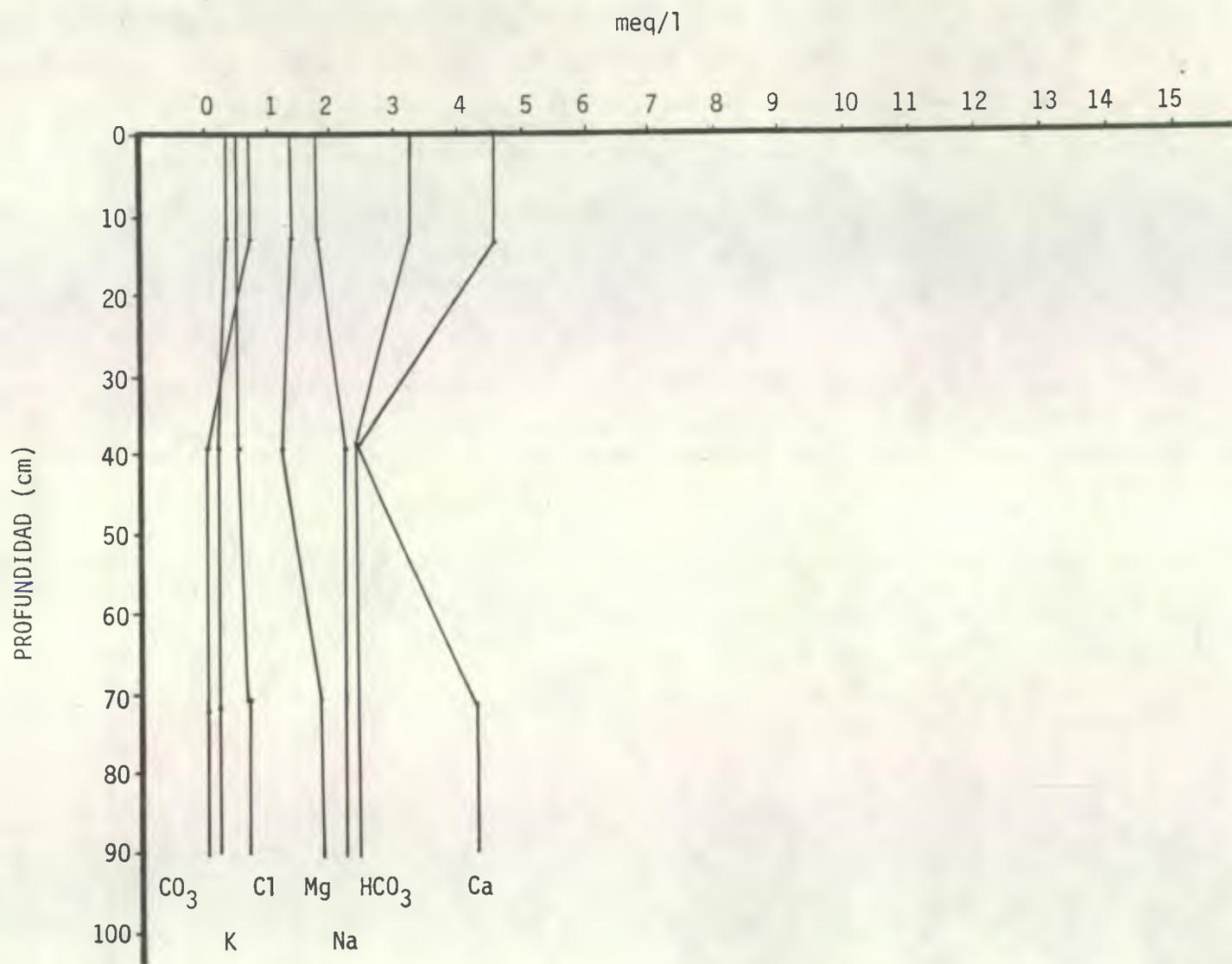


Fig. 8 CATIONES Y ANIONES PRESENTES EN EL EXTRACTO DE PASTA SATURADA EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD, PARA EL SITIO No. 8

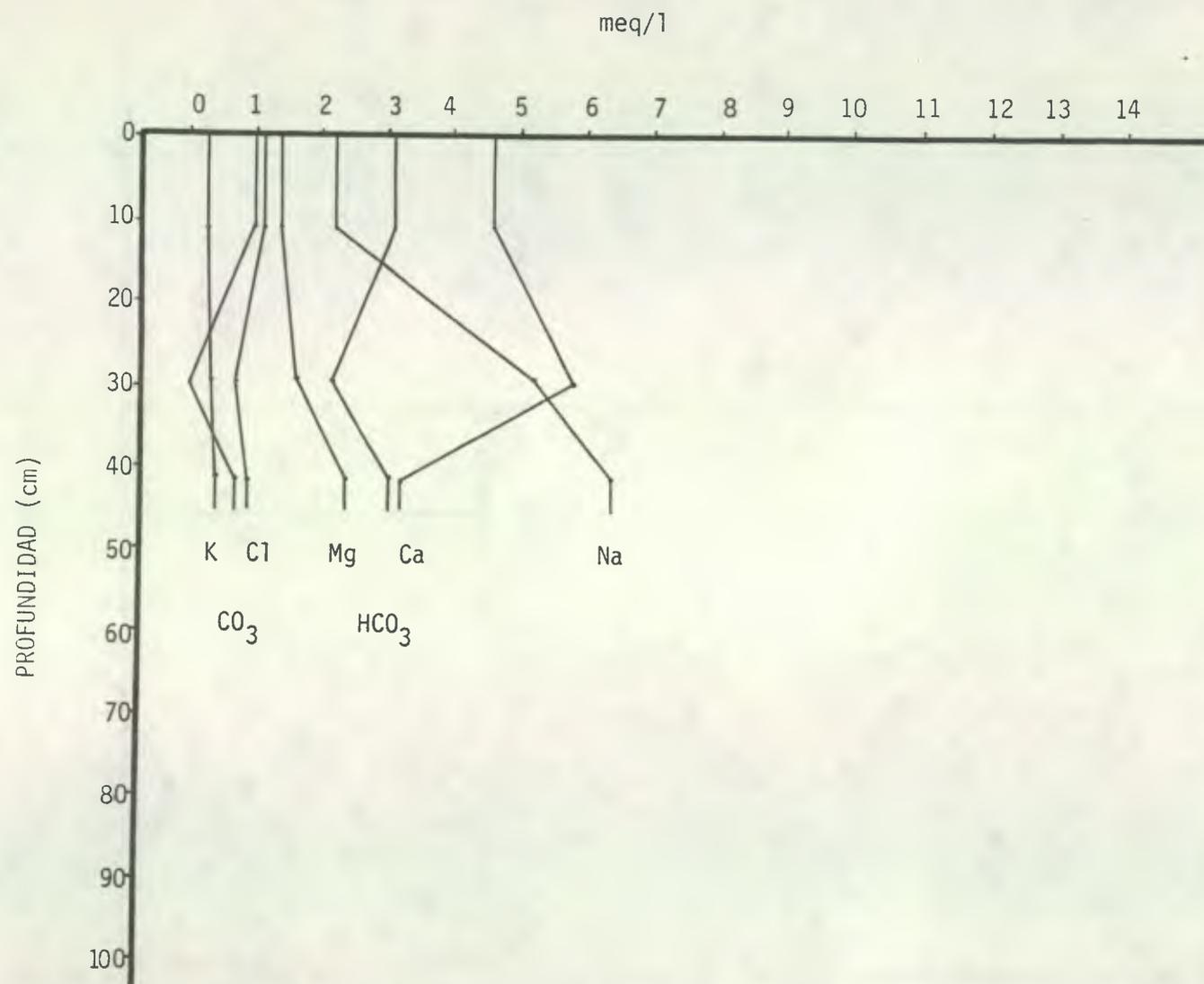


Fig. 9 CATIONES Y ANIONES PRESENTES EN EL EXTRACTO DE PASTA SATURADA EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD, PARA EL SITIO No. 9.

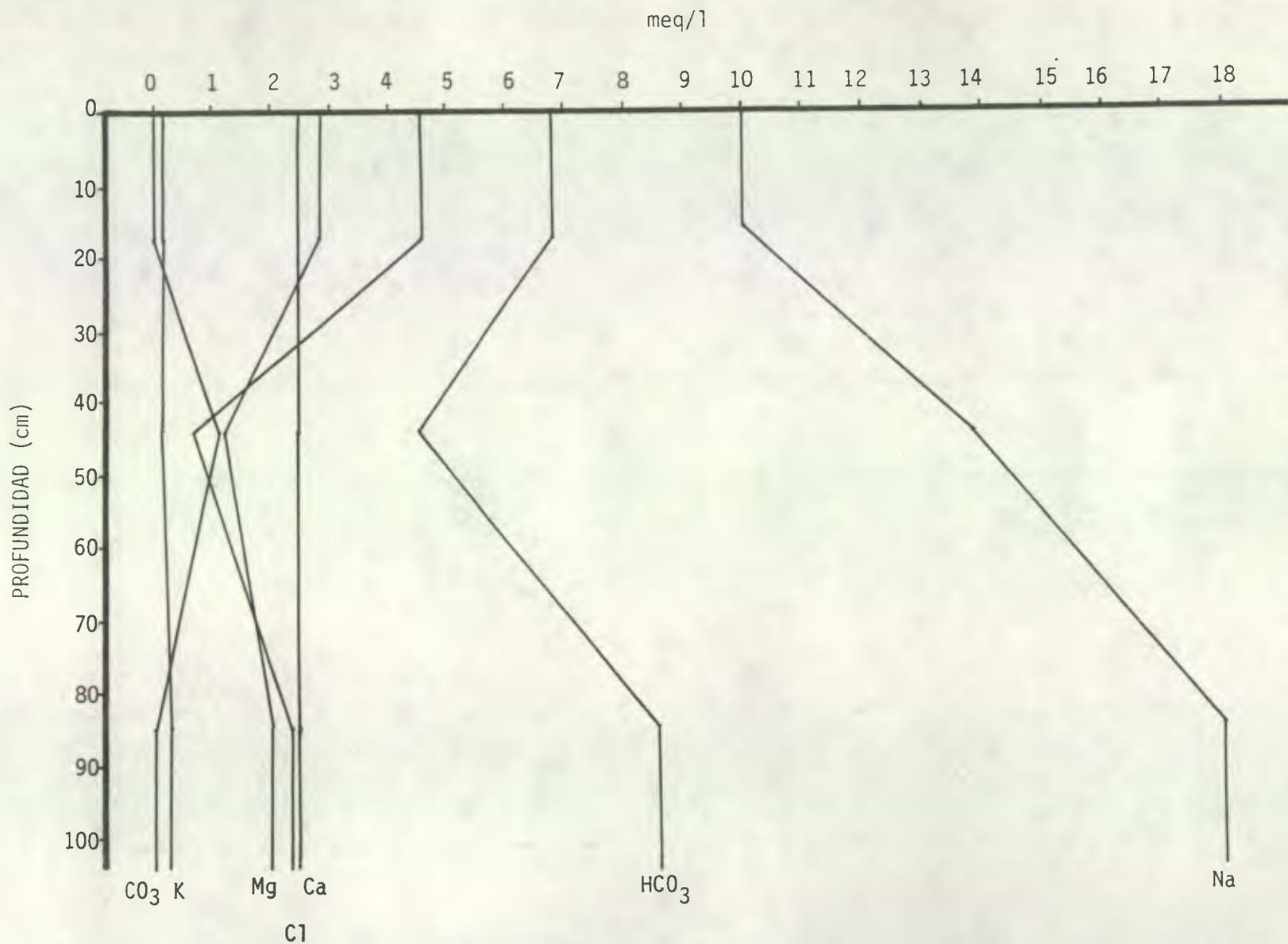


Fig. 10 CATIONES Y ANIONES PRESENTES EN EL EXTRACTO DE PASTA SATURADA EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD, PARA EL SITIO No. 6.

La alta presencia de calcio y magnesio se atribuye al material de origen y al agua de riego, aunando a que la humedad del suelo no es suficiente para provocar la lixiviación de estos elementos. El sodio proviene del material de origen, pues es notorio que las mayores concentraciones se registran en los horizontes más profundos.

5.7 Características texturales.

La textura fue estudiada a través del análisis mecánico de las muestras de suelos Nos. 4, 6, 10 y 13. Los resultados que se presentan en el cuadro 11 demuestran que las texturas dominantes son las arcillosas, mientras que los otros sitios tienen la misma tendencia, como lo confirman los datos aportados por Wyld y Lara (23), citados en el cuadro 2.

Considerando que los porcentajes de materia orgánica que poseen estos suelos son bastante bajos (cuadro 8), es normal que el contenido de arcilla influya directamente en la capacidad de intercambio catiónico observada, que acusa valores proporcionales al porcentaje de arcilla de los suelos.

De los datos de los cuadros 8 y 11 se infiere que la capacidad de intercambio catiónico de la fracción de arcilla es de 40 a 50 meq. por 100g de suelo, cantidad que se acerca más a la capacidad de intercambio catiónico característica de las arcillas de relación estructural 2:1 principalmente montmorillonita, ya que son en su mayor parte vertisoles o sub-grupos vérticos, taxonómicamente.

Estas implicaciones son importantes para comprender el movimiento del agua y los solutos en el perfil del suelo, pues las arcillas de relación estructural 2:1 generalmente restringen más la penetración de la humedad al expandirse lo cual, en este caso se confirma con los resultados que se están obteniendo en las investigaciones del Proyecto Regional de Agrometeorología para los suelos de la serie Chicaj (8). Estos resultados pueden explicar en un buen porcentaje la presencia de afloramientos salinos en sitios donde se presentó salinidad ni sodicidad en ninguno de los horizontes muestreados, ya que, como se reporta en las investigaciones del Proyecto Regional de Agrometeorología (8), en los suelos Chicaj, las mayores pérdidas de humedad se deben a eva-

Cuadro 11. CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS EN LOS SI-
TIOS Nos. 4, 6, 10 y 13.

Sitio No.	Prof.	Densidad Aparente	TAMAÑO DE PARTICULAS %			Clase Textural
			Arena	Limo	Arcilla	
4	0-10	1.30	41.25	30.30	28.44	F. arcilloso
	20-50	1.38	43.71	26.53	29.76	F. arcilloso
	50-70	1.34	59.29	17.32	23.39	F. arcillo-are- noso.
6	0-35	1.06	48.75	31.89	19.35	Franco
	35-53	1.08	43.35	33.89	22.76	Franco
	55-116	1.05	36.20	36.96	26.84	F. arcilloso
10	0-22	1.26	49.10	19.76	31.14	F. arcillo-are- noso.
	22-40	1.28	43.42	19.96	36.62	F. arcilloso
	50-80	1.28	47.92	17.53	34.56	F. arcillo-are- noso.
13	0-22	1.38	60.73	18.55	20.73	F. arcillo-are- noso.
	22-40	1,32	58.71	16.31	24.99	F. arcillo-are- noso.
	40-60	1.38	54.67	21.21	24.12	F. arcillo-are- noso.

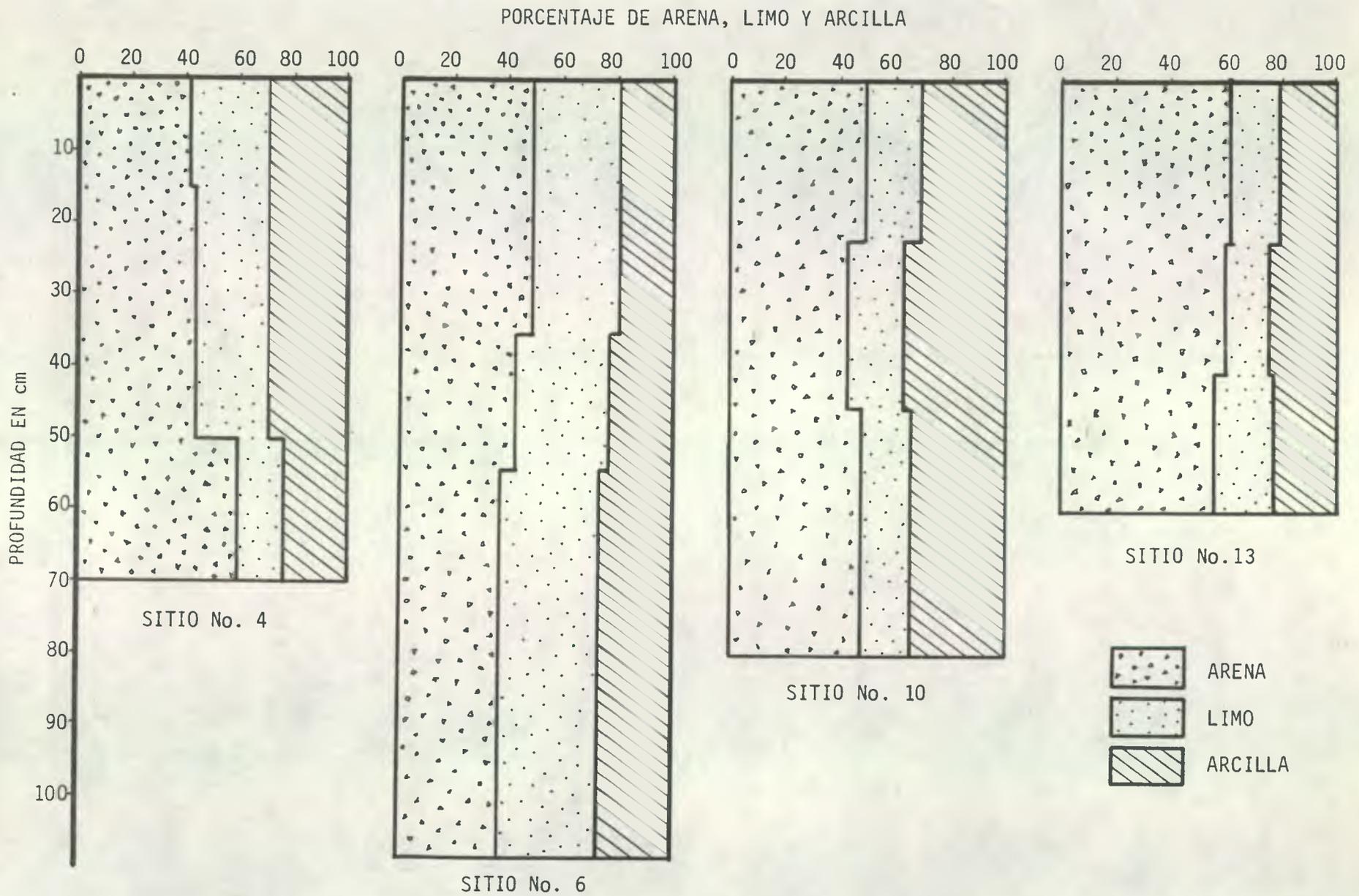


Fig. 11 DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS PARA LOS SITIOS 4, 6, 10 Y 13.

ración y no a percolación, lo que aumenta el efecto degradante del agua de riego.

5.8 Calidad del agua de riego.

El agua utilizada para irrigación en el área estudiada proviene del río Grande Zacapa.

Con base en las determinaciones de conductividad eléctrica y relación de adsorción de sodio efectuadas por Velásquez (22), y Fernández (7), estas aguas se clasifican como clase C_2S_1 según el método descrito por U.S.D.A. (5), con lo cual se les denomina aguas de salinidad media y baja sodicidad. Estas características se mantienen durante la mayor parte del año. La proporción en que se encuentran los cationes y aniones del agua de riego se representa en la figura 12 por medio del método de Berkaloff, junto con la correspondiente al extracto de pasta saturada. Es notoria la estrecha similitud entre ambas gráficas, lo que lleva a considerar que el agua de riego tiene influencia en la cantidad de solutos presente en los suelos, o bien, que los materiales sobre los que escurre el agua del río Grande son muy similares a los del valle de la Fragua. Sin embargo, esto último es poco probable, ya que como lo reporta Velásquez (22), la cuenca del río Grande posee diversos tipos de material geológico, en tanto que el valle de La Fragua está constituido por una variada gama de suelos, descritos por Simmons y Tárano (17), en donde se encuentran suelos aluviales derivados de cenizas volcánicas, sedimentos arenosos y sedimentos coluvio-aluviales de naturaleza mixta. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta la influencia del riego como agente salinizador, sobre todo en aquellos suelos cuyo drenaje es deficiente, dejándose sentir dicha influencia en el curso de los años, como lo demuestra la presencia de los afloramientos salinos antes descritos. Sin embargo, esto solo podría determinarse con precisión por medio de un balance de sales a nivel de parcela, el cual indicara las variaciones en los niveles de sales del suelo en un período determinado.

Con respecto a la relación de adsorción de sodio, ésta se presenta ostensiblemente baja (S_1), la cual contrasta con el

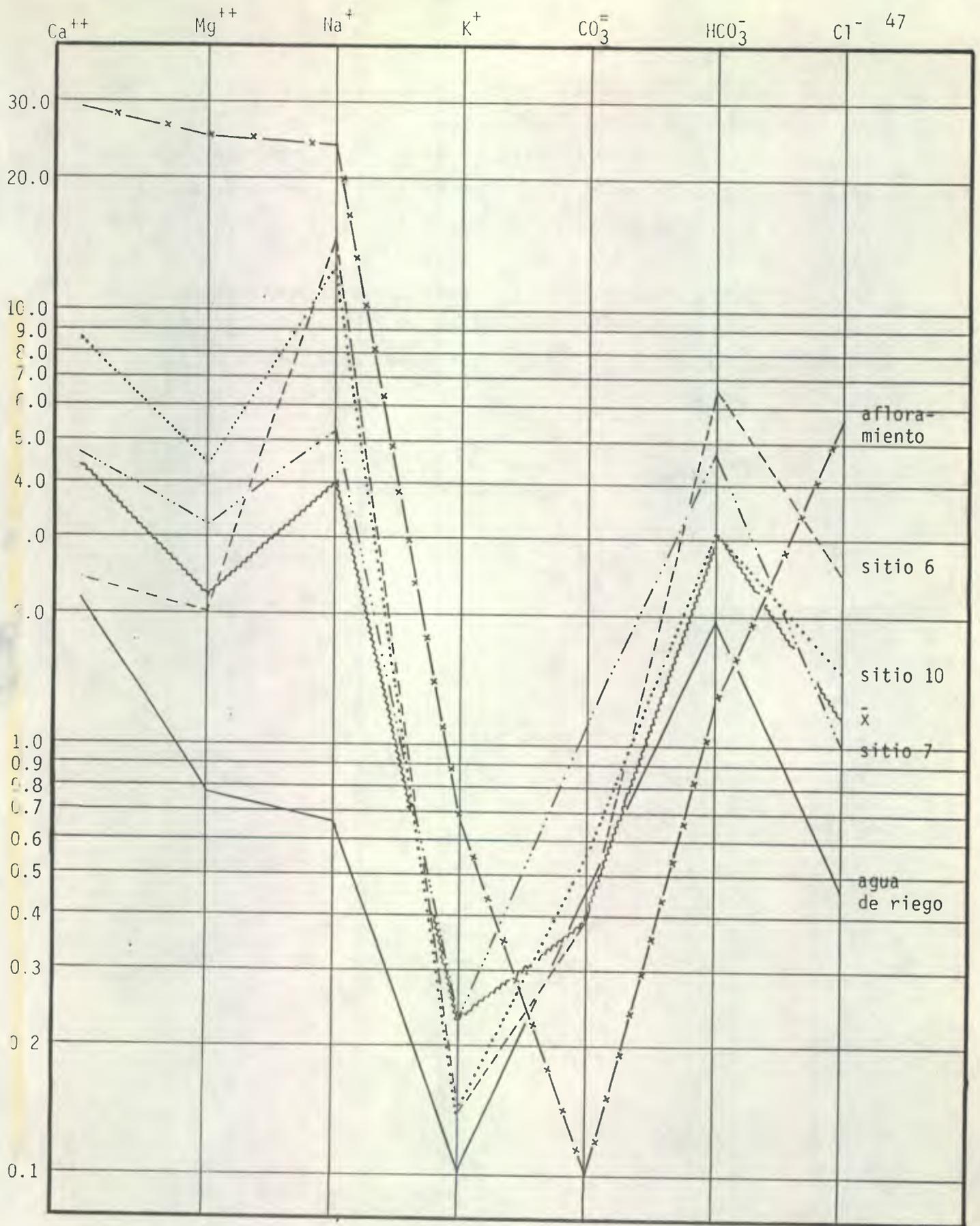


Fig. 12 RELACION ENTRE LOS CATIONES Y ANIONES DEL AGUA DE RIEGO, DEL AFLORAMIENTO SALINO EN EL SITIO No. 7 Y EL EXTRACTO DE PASTA SATURADA EN OTROS SITIOS.

pH que aparece moderadamente alto para la mayoría de los meses en que se tomaron las muestras y que concordaría con concentraciones mayores de sodio. Esta situación podría deberse a la presencia de cationes de calcio y magnesio que tenderían a bajar la relación de adsorción de sodio y a la vez dieran al agua características alcalinas.

En general, se observa que las propiedades químicas del agua se modifican en función del régimen de lluvias, teniendo un efecto de dilución sobre los elementos presentes en el agua de riego.

6. CONCLUSIONES.

- 6.1 En general, los suelos de la unidad de riego La Fragua, no presentan valores altos de conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable, de manera que pueden considerarse como suelos no salinos, no sódicos.
- 6.2 Con base en el muestreo realizado se identificaron las siguientes unidades de suelos:
- Suelos con conductividad eléctrica mayor de 4 S/m y porcentaje de sodio intercambiable de 5 a 10 %, en el horizonte más profundo. Estos suelos representan menos del 1 % del área total.
 - Suelos con conductividad eléctrica de 2 a 4 S/m y porcentaje de sodio intercambiable de 10 a 15 % en el horizonte más profundo. Estos suelos representan menos del 1 % del área total.
 - Suelos con afloramientos puntuales de sales. Representan hasta un 9 % del área total.
 - Suelos sin ningún grado de salinidad y sodicidad: poseen conductividad eléctrica menor de 2 S/m y porcentaje de sodio intercambiable menor de 5 % en todos los horizontes muestreados, sin afloramientos salinos. Constituyen el resto del área y representan aproximadamente un 91 % del área total de la unidad de riego.
- 6.3 Los suelos con mayor riesgo de salinización son los que pertenecen a la serie Chicaj, por poseer un drenaje interno deficiente y horizontes subyacentes cercanos a la superficie.
- Los suelos que presentan algún riesgo de sodificación son los de las series Cachil y Chicaj, presentando niveles moderados de sodio aunque crecientes en los horizontes subyacentes, acompañado de baja permeabilidad en todo el perfil.
- 6.4 En relación con la mayor salinidad de los horizontes inferiores y de las aguas subterráneas, se concluye que las sales que se encuentran, hasta ahora en cantidades moderadas, en los sitios 1, 6, 7 y 10, provienen de una capa salina más o menos profunda como la que describen Simmons y Tárano (17).

6.5 Los afloramientos salinos que se presentan en el área estudiada son un indicio de una acumulación paulatina de sales y/o sodio que en el futuro puede afectar diversas zonas del área estudiada. Su distribución es acorde al régimen de propiedad de la tierra y se puede apreciar en el mapa adjunto.

7. RECOMENDACIONES.

- 7.1 Las áreas que se presentan en el mapa que acompaña este trabajo son una primera aproximación hacia el pronóstico de salinización y/o sodificación de la unidad de riego La Fragua. Es recomendable utilizar estos y otros datos con los que hasta el momento se puede contar, para evaluar en forma cuantitativa el riesgo de salinización y/o sodificación en el área.
- 7.2 Realizar muestreos de suelos en otras unidades de riego, en lugares con alta probabilidad de ocurrencia de sales o sodio, para cuantificar la intensidad con que los mismos se presentan.
- 7.3 Establecer en qué grado la lámina bruta de riego aplicada por los agricultores se puede reducir, a efecto de minimizar los efectos negativos del exceso de agua de riego en las áreas con riesgo de salinización, contribuyendo además a aumentar la eficiencia en el uso del agua.
- 7.4 Profundizar en el estudio de los sitios números 6 y 10, con el propósito de determinar las características que originaron la alta conductividad eléctrica y la concentración puntual de sodio encontradas en dichos sitios, así como para conocer cualquier característica que pueda ser de utilidad en la prevención y manejo de los suelos salinos y sódicos de la zona.
- 7.5 Establecer un sistema permanente de monitoreo que incluya el balance de sales en distintos sitios de la unidad de riego La Fragua, a intervalos de por lo menos 5 años, para determinar la variación de la salinidad y sodicidad del suelo en relación al tiempo.
- 7.6 En los terrenos con indicios de salinidad se recomiendan las siguientes prácticas de manejo:

Rotación de cultivos y aplicación de abonos verdes (leguminosas); si el drenaje es deficiente, implementar sistemas para mejorarlo. En los terrenos con afloramientos salinos más intensos, hacer ocasionalmente lavados o riegos profundos y cultivar en la ladera del surco para evitar las sales que se acumulan en la cresta del mismo, especialmente cuando se trata de cultivos con susceptibilidad a las sales.

- 7.7 Aplicar enmiendas químicas preventivas; propiciar el uso de fertilizantes que incluyan elementos nitrogenados tipo sulfato y fosforados simples, y cuando el calcio sea menor de 12 meq/100 ml de suelo, se recomienda aplicar yeso.

3. BIBLIOGRAFIA.

1. ALLARA MORALES, H. S. 1,988. Diagnóstico de la aldea San Nicolás, Estanzuela, Zacapa. Diagnóstico de E.P.S. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 32 p.
2. ARAGON CASTILLO, B. B. 1,983. Enmiendas de suelos salino-sódicos del área de Placetas a nivel de laboratorio y análisis preliminar del problema en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 102 p.
3. DUCHAUFOUR, P. 1,978. Manual de edafología. Trad. por Tercy Carballas Fernández. España, Toray-Masson. 476 p.
4. ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. 1,965. Manual de levantamiento de suelos. Trad. por Juan B. Castillo. Caracas, Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría. 646 p.
5. ----- . 1,985. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Trad. por N. Sánchez Durán y otros. 6 ed. México, Limusa. 172 p.
6. FASSBENDER, H. W. 1,982. Química de suelos con énfasis en América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 398.
7. FERNANDEZ, C. Estudio de la calidad del agua en el distrito de riego No. 7. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. s. p.
Sin publicar.
8. GARCIA GARCIA, A.; PEREZ LAM, A.; MARAUX, F. Estudio de drenaje interno en suelos de la serie Chicaj en el valle de La Fragua, Zacapa. Guatemala, CATIE. s. p.
Sin publicar.
9. GONZALEZ SALAN, M. M. R. 1,980. Diagrama de porosidad de siete series de suelos del valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 63 p.
10. GRANDE, C. s. f. Drenaje subterráneo como medio de saneamiento de los suelos salinos y alcalinos. Andalucía, España, Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. s. p.
11. HARDY, F. 1,970. Edafología Tropical. Trad. por Rufo Bazán. México, Herrero. 416 p.

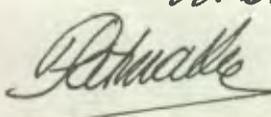
12. MARTINEZ MORAN, E. R. 1,934. Diagnóstico del funcionamiento de las unidades de riego: La Fragua, Llano de Piedras, El Guayabal, Cañas, Oaxaca y La Plalma, del distrito de riego no. 7, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 128 p.
13. MORALES MILIAN, L. A. 1,986. Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del pepino (*Cucumis sativus* L.) en La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 67 p.
14. MUNSELL; SOIL color charts. 1,975. Maryland, Estados Unidos, Munsell Color, Macbeth a division of Kollmorgen corporation. s. p.
15. PERDOMO, R.; Hampton, H. H. 1,970. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 366 p.
16. PROGNOSIS OF salinity and alkalinity; report of an expert consultation. Roma, Italia. FAO. Soils Bulletin no. 31. 268 p.
17. SIMMONS, CH. S.; TARANO T., J. M. 1,979. Reconocimiento de suelos de los llanos de La Fragua, Zacapa. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 67 p.
18. -----; PINTO, J. H. 1,959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
19. STORIE, R. 1,970. Manual de evaluación de suelos. Trad. por Alonso Blackaller Valdéz. México, UTHEA. 225 p.
20. THORNE, D. W.; PETERSON, H. B. 1,981. Técnica del riego, fertilidad y explotación de los suelos. Trad. de José L. Lepe. México, Continental. 496 p.
21. VASQUEZ S., J. A. Estudio de los suelos de la unidad de riego La Fragua, Zacapa. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. 18 p.

Sin publicar.

22. VELASQUEZ MAZARIEGOS, S. 1,984. Caracterización cualitativa y cuantitativa del recurso agua de la cuenca del río Grande de Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 136 p.

23. WYLD, J.; LARA ALECIO, R. Caracterización de los principales suelos de los llanos de La Fragua. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. s. p.

Sin publicar.

Vo. Bo.




A N E X O

ESTIMACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE PASTA SATURADA
A PARTIR DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE LA PASTA SATURADA.

La ecuación que aparece a continuación se puede usar para estimar la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada y se obtuvo al relacionar los datos del cuadro presentado abajo mediante un modelo de regresión cuadrático

$$\text{C.E. extracto} = 0.6307 - 0.3509 (\text{C.E. pasta}) + 0.9773 (\text{C.E. pasta})^2$$

F calculada: 102.3973 Correlación: 0.91798 Determinación: 0.84269

Cuadro 12. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E.) EN LA PASTA SATURADA Y EN EL EXTRACTO DE PASTA SATURADA, POR HORIZONTE EN LOS SITIOS ESTUDIADOS.

No. SI-TIO	C.E. EXTRACTO			C.E. PASTA			% DE SATURACION		
	Hte.1	Hte.2	Hte.3	Hte.1	Hte.2	Hte.3	Hte.1	Hte.2	Hte.3
1	0.993	1.056	1.436	0.348	0.379	0.333	65.30	68.07	68.07
2	0.558	0.461	0.423	0.317	0.377	0.402	57.43	56.25	50.38
3	0.530	0.454	0.274	0.133	0.182	0.159	23.46	23.21	47.06
4	0.366	1.440	0.619	0.106	0.736	0.279	37.93	33.33	34.23
5	0.366	0.647	0.636	0.538	0.568	0.502	35.14	57.48	53.73
6	1.401	1.974	2.393	0.394	1.402	1.117	38.63	92.30	100.00
7	1.164	1.075	1.746	1.100	0.936	1.011	69.49	75.44	75.44
8	0.696	0.609	0.734	0.298	0.207	0.428	34.22	30.72	33.33
9	0.822	0.969	1.086	0.673	1.071	1.043	85.19	57.50	61.29
10	1.201	1.309	4.893	0.746	0.380	2.265	33.49	92.31	50.33
11	0.605	0.663	1.265	0.512	0.880	1.137	36.99	88.68	51.52
12	0.846	0.747	0.800	0.402	0.316	0.294	33.39	48.31	44.93
13	0.409	0.543	0.427	0.366	0.492	0.335	23.21	42.36	34.23
14	0.711	1.023	0.800	0.326	1.107	0.791	64.49	69.49	69.43
15	0.708	0.463	0.573	0.535	0.448	0.498	44.93	39.86	39.85

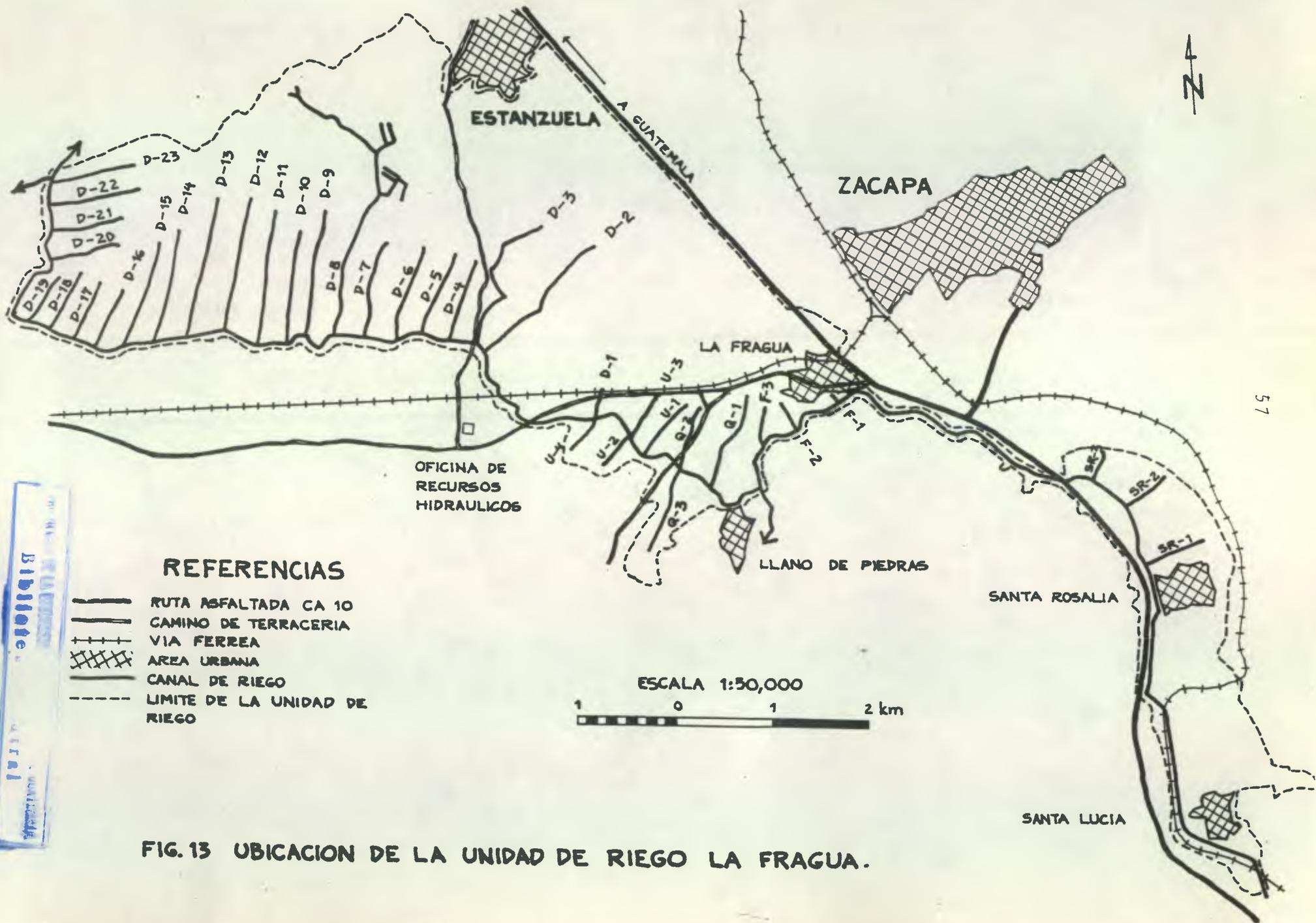


FIG. 13 UBICACION DE LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA.



FIG.14 CURVAS A NIVEL DE LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA.

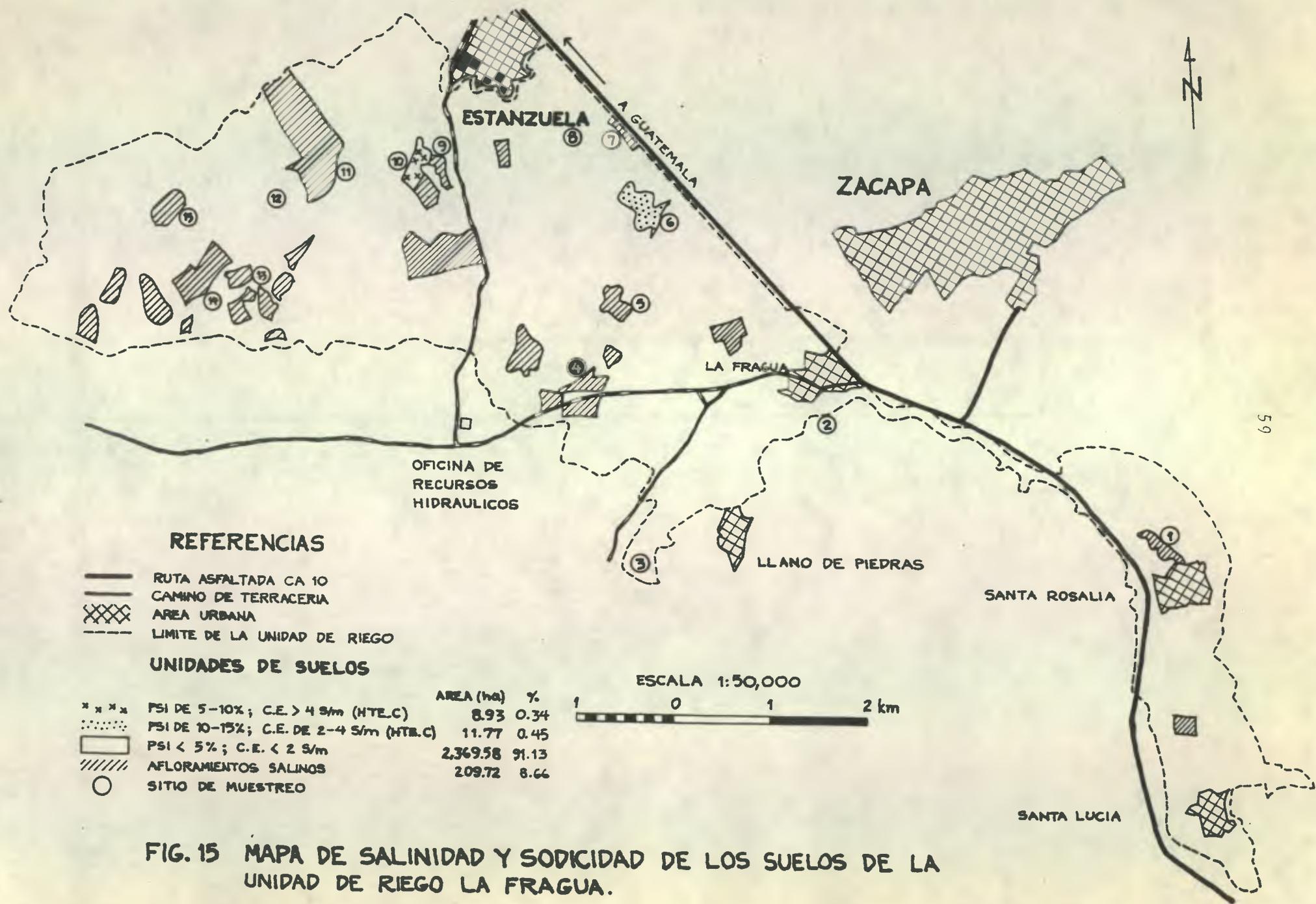


FIG. 15 MAPA DE SALINIDAD Y SODICIDAD DE LOS SUELOS DE LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA.

Mapa Top No. _____ Fotog. No. _____ LV _____ Esc _____ Coord (UTM) _____

Localidad _____ Situación _____

Altitud _____ Pendiente (%) _____ Pos. Fisiog _____ U. Mapeo _____

Clima: Pp _____ T _____ Cultivo ó Veg. Nat. _____

Mat. Originario _____ Pedregosidad _____ Erosión _____ Drenaje _____

Humedad del suelo _____ Microtopografía _____ Sal. ó Alc. _____

Serie (Simmons et. al.) _____ Clasificación _____

Hte	Prof.	Color			Textura	Consist.			Estructura			Poros	NaF	pH CO ₂	Raices	Límites	
		Seco	Humedo	Mot.		S	H	M	Tip	Clas	Gr					N	F

OBSERVACIONES: _____

DESCRIPCION DE PERFILES

Descripción del perfil No. 1

Clasificación Simmons et. al. (18): Suelos de los valles no diferenciados.

Fecha de observación: 7-09-88.

Terreno de José Urzúa, canal SR-1, numero de inscripción 016.

- Ap 0 - 15 cm Negro (5 Y 2.5/1) en húmedo y gris muy oscuro (5 Y 3/1) en seco, arcilla; estructura en bloques angulares medianos fuertemente definidos; muy adherente, muy plástico, firme en húmedo, duro en seco; pocos poros muy finos; raíces comunes y finas; límite neto y plano; pH 7.2.
- Bw 15 - 30 cm Café amarillento oscuro (5 Y 5/3) en húmedo y café amarillento (5 Y 5/2) en seco, arcilla: estructura en bloques angulares medianos, fuertemente definidos; muy adherente, muy plástico, firme en húmedo, duro en seco; pocos poros medios; pocas raíces finas; límite gradual y plano; pH 7.5.
- BC 30 - 80 cm Gris amarillento (5 Y 5/4) en húmedo y gris oscuro (5 Y 5/3) en seco, franco arcilloso; estructura en bloques angulares, mediana y fuerte; adherente, plástico, firme en húmedo, duro en seco; pocos poros finos y medios; muy pocas raíces finas; pH 7.1.

Descripción del perfil No. 2

Clasificación Simmons y Tárano (17): Sinaneque migajón arenoso.

Fecha de observación: 8-09-88.

Terreno de Juan Tobar, canal F-1, número de inscripción 094.

- Ap 0 - 17 cm Café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo y café (10 YR 5/3) en seco, franco arenoso; estructura granular fina muy débilmente definida; no adherente, no plástico, suelto en húmedo y seco; abundantes poros medianos y finos; raíces medianas abundantes; límite gradual y plano; pH 7.9.
- Bt 17 - 47 cm Café muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco, franco arcillo arenoso, con numerosos cantos rodados; estructura granular fina, débilmente definida; ligeramente adherente, ligeramente plástico; frecuentes poros finos y gruesos; escasas raíces muy finas; límite neto, plano; pH 7.7.

BC 47 - 96 cm Café amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo y café amarillento (10 YR 5/4) en seco, franco arenoso, con algunos cantos rodados; estructura granular suelta; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; pocos poros medianos; muy pocas raíces muy finas; pH 7.9.

Descripción del perfil No. 3

Clasificación Simmons y Tárano (17): Teculután franco arenoso fino.

Fecha de observación: 8-09-88.

Terreno de Mauro de Paz, canal Q-3, número de inscripción 089.

Ap 0 - 22 cm Café rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo y rojo amarillento (5 YR 4/6) en seco, franco arenoso fino; estructura granular suelta; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; muchos poros medianos; abundantes raíces finas; límite brusco y plano; pH 6.5.

Bt 22 - 53 cm Café rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo y rojo amarillento (5 YR 4/6) en seco, franco arcillo arenoso; estructura masiva en húmedo; ligeramente adherente, ligeramente plástico, suelto en húmedo; muchos poros medianos; comunes raíces finas; límite gradual y ondulado; pH 6.5.

BC 53 - 76 cm Rojo amarillento (5 YR 5/6) en húmedo y rojo amarillento (5 YR 5/8) en seco, franco arenoso; estructura masiva en húmedo, con algunos cantos rodados; ligeramente adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros frecuentes, gruesos; raíces pocas muy finas; límite gradual y ondulado; pH 6.7.

CB 76 - 100 cm Café fuerte (7.5 YR 4/6) en húmedo y amarillo rojizo (7.5 YR 6/8) en seco, franco arenoso, con algunos cantos rodados; estructura granular suelta; ligeramente adherente, no plástica, suelto en húmedo y seco; poros frecuentes, gruesos; sin raíces; pH 6.7.

Descripción del perfil No. 5

Clasificación Simmons y Tárano (17): Chicaj arcilla.

Fecha de observación: 9-09-88.

Terreno de Arturo Sosa, canal D-2, número de inscripción 224.

- Ap 0 - 19 cm Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco, arcilla; estructura en bloques angulares medios, fuertemente definida; muy adherente, muy plástico, firme en húmedo, muy duro en seco; poros frecuentes muy finos; pocas raíces finas; límite gradual y plano; pH 7.4.
- Bt 19 - 41 cm Gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo y gris oscuro (10 YR 4/1) en seco, arcilla; estructura en bloques angulares, media, débil en húmedo; muy adherente, muy plástico, muy firme en húmedo; pocos poros muy finos; pocas raíces muy finas; límite gradual, plano; pH 6.8.
- CB 41 - 80 cm Café amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo y café pálido (10 YR 6/3) en seco, franco arcilloso; estructura masiva; ligeramente adherente, plástico, firme en húmedo, duro en seco; poros frecuentes y medianos; raíces, ninguna; pH 7.4.

Descripción del perfil No. 7

Clasificación Simmons y Tárano (17): Cachil franco arcilloso.

Fecha de observación: 10-09-83.

Terreno de Saturnino Acevedo, canal D-3, número de inscripción 113.

- Ap 0 - 18 cm Negro (5 Y 2.5/1) en húmedo y café muy oscuro (5 Y 2.5/3) en seco, franco arcilloso; estructura en bloques angulares gruesos medianamente definidos; muy adherente, muy plástico, firme en húmedo; poros frecuentes y finos; medianas raíces comunes; límite difuso y plano; pH 7.1.
- B 18 - 100 cm Café muy oscuro (5 Y 2.5/1) en húmedo y gris amarillento oscuro (5 Y 3/2) en seco, franco arcilloso; estructura en bloques angulares gruesos fuertemente definidos; muy adherente, muy plástico, muy firme en húmedo; pocos poros muy finos; sin presencia de raíces; límite gradual y plano; pH 7.0.
- C 100 - 120 cm Café amarillento (2.5 Y 4/4) en húmedo y café amarillento claro (2.5 Y 5/4) en seco, arena o ceniza; estructura masiva; ligeramente adherente, ligeramente plástico, suelto en húmedo y seco; frecuentes poros gruesos; abundantes fragmentos pomáceos; sin raíces; pH 6.8.

Descripción del perfil No.8

Serie Simmons y Tárano (17): Cachil franco arenoso.

Fecha de observación: 14-09-88.

Terreno de Concepción B. Sosa, canal D-3, número de inscripción 200.

- Ap 0 - 26 cm Negro (10 YR 2/2) en húmedo y gris oscuro (10 YR 3/3) en seco, franco arenoso; estructura en bloques angulares gruesa, medianamente definida; adherente y plástico, muy friable en húmedo; muchos poros medios; pocas raíces gruesas; límite difuso y plano; pH 7.3.
- B 26 - 52 cm Café muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo y café oscuro (10 YR 3/3) en seco. franco arenoso; estructura en bloques angulares gruesos débilmente definida; adherente y plástico, friable en húmedo; poros frecuentes y medianos; con abundantes fragmentos de pómez; sin raíces; límite gradual y plano; pH 7.4.
- BC 52 - 65 cm Rojizo (7.5 YR 3/4) tanto en húmedo como en seco, franco arcillo arenoso; estructura granular fina, medianamente definida; muy adherente, muy plástico, friable en húmedo; poros frecuentes y gruesos; sin raíces; pH 7.1.

Descripción del perfil No. 9

Clasificación Simmons y Tárano (17): Chicaj Franco arcilloso.

Fecha de observación: 13-09-88.

Terreno de José F. Portillo, canal D-3, número de inscripción 141.

- Ap 0 - 23 cm Gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo y entre gris claro y gris (10 YR 6/1) en seco; franco arcilloso; estructura granular media y fina, débil; adherente y plástico, friable en húmedo; muchos poros medianos; con algunos cantos rodados; abundantes raíces medianas y finas; límite gradual y plano; pH 7.0.
- Bt 23 - 64 cm Negro (10 YR 2/1) en húmedo y gris oscuro (10 YR 4/1) en seco, franco arcilloso; estructura en bloques angulares medianos y gruesos débilmente definidos; adherente y muy plástico, muy duro en seco; pocos poros medianos; muy pocas raíces finas; límite plano y gradual; pH 7.3.

- C 64 - 96 cm Amarillo oscuro (10 YR 4/4) en húmedo y café amarillento (10 YR 5/6) en seco, ceniza volcánica muy fina, fuertemente intemperizada; estructura masiva que tiende a granular débil; no adherente, no plástico, suelto en húmedo y seco; pocos poros gruesos; sin raíces; pH 7.6.

Descripción del perfil No. 11

Clasificación Simmons y Tárano (17): Tempisque franco arcillo arenoso fino.

Fecha de observación: 13-09-88.

Terreno de Luis Cordón, canal D-8, número de inscripción 216.

- Ap 0 - 25 cm Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco, franco arcillo arenoso fino: estructura granular gruesa medianamente definida; ligeramente adherente, ligeramente plástico, ligeramente duro en seco; muchos poros medianos; raíces comunes y finas; límite neto y ondulado; pH 7.1.
- Bt 25 - 50 cm Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10 YR 3/3) en seco, arcilla; estructura en bloques sub-angulares gruesos fuertemente definidos; muy adherente, muy plástico, firme en húmedo, muy duro en seco; poros frecuentes y finos; escasos fragmentos de pómez rodados de hasta 1 cm de diámetro; raíces, ninguna; límite gradual, irregular; pH 7.7.
- BC 50 - 72 cm Entre café y café oscuro (10 YR 4/3) en húmedo y café amarillento claro (10 YR 6/4) en seco, franco arcillo arenoso; estructura masiva; adherente y plástico, muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; pocos poros medianos; abundancia de fragmentos pomáceos de más o menos medio cm de diámetro; sin raíces; límite difuso y plano; pH 7.6.
- C 73 - 90 cm Café amarillento (10 YR 5/4) en húmedo y café muy pálido (10 YR 5/3) en seco, cenizas volcánicas; estructura masiva; no adherente, no plástico, suelto; con fragmentos rodados de pómez ligeramente intemperizados; sin raíces.

Descripción del perfil No. 13

Clasificación Simmons y Tárano (17): Chirrum franco arcilloso.

Fecha de observación: 14-09-88.

Terreno de Livinia E. Pozuelo, canal D-12, número de inscripción 216.

- Ap 0 - 22 Café muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo y café oscuro (10 YR 4/3) en seco, franco arcilloso; estructura en bloques angulares medianos, débilmente definidos; adherente y plástico, friable en húmedo; muchos poros medianos; raíces comunes y finas; límite difuso e irregular; pH 7.2.
- Bg 22 - 40 cm Café oscuro (10 YR 2/2) en húmedo y café (10 YR 3/3) en seco, con pequeñas manchas negras (5 Y 2.5/1) en húmedo, franco arcilloso; estructura en bloques angulares medianos, medianamente definidos; adherente y plástico, firme en húmedo; pocos poros medianos; pocas raíces finas; límite gradual e irregular; pH 7.2.
- BC 40 - 100 cm Café grisáceo (10 YR 3/4) en húmedo y café amarillento oscuro (10 YR 4/4) en seco, franco arcilloso arenoso fino; estructura granular fina débilmente definida; ligeramente adherente, ligeramente plástica, muy friable en húmedo, blando en seco; pocos poros medianos y gruesos; sin presencia de raíces; límite neto y plano; pH 7.5.
- C 100 - 110 cm Café amarillento claro (10 YR 5/4) en húmedo y café claro (10 YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura amorfa; no adherente, no plástico, suelto en húmedo y en seco; muchos poros medianos; raíces, ausentes.

Descripción del perfil No. 15

Clasificación Simmons y Tárano (17): Tempisque franco arenoso fino.

Fecha de observación: 15-09-88.

Terreno de Hugo Castañeda, canal D-13, número de inscripción 170.

- Ap 0 - 28 cm Café grisáceo (10 YR 3/2) en húmedo y café oscuro (10 YR 4/3) en seco, franco arenoso fino; estructura granular muy fina, moderadamente definida; ligeramente adherente, ligeramente plástico, ligeramente firme en húmedo, duro en seco; frecuentes poros medianos; raíces comunes medianas; límite brusco y plano; pH 6.8.
- Bt 28 - 45 cm Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco, con manchas grises oscuras; arcilla; estructura en bloques angulares medios, fuertemente definidos; muy adherente, muy plástico, firme en húmedo, muy duro en seco; poros frecuentes y finos; pocas raíces medianas; límite gradual e irregular; pH 6.7.

- BC 45 - 60 cm Café (10 YR 3/3) en húmedo y café amarillento oscuro (10 YR 4/4) en seco, franco; estructura en bloques angulares gruesos débilmente definidos; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; pocos poros medios; pocas raíces medianas; límite gradual y ondulado; pH 7.2.
- C 60 - 120 cm Café amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo y café amarillento (10 YR 5/6) en seco, arena o ceniza fina; estructura masiva que tiende a bloques sub-angulares muy gruesos, muy débilmente definidos; ligeramente adherente, no plástico, suelto; poros frecuentes y gruesos; muy pocas raíces gruesas.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 AGRONOMICAS

INFORME FINAL
 52

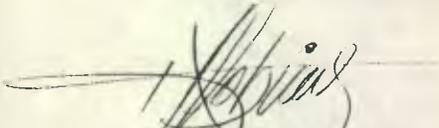
LA TESIS TITULADA: ESTUDIO PRELIMINAR DE SUELOS SALINOS Y SODICOS EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA.

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: HERBERT SAUL ALLARA MORALES.

CARNET No. 83-13951

Ha sido evaluada por los siguientes profesionales: Ing. Agr. Salvador Castillo, Ing. Agr. Víctor Hugo Méndez, Ing. Agr. José Chonay y la Licda. Olga L. Mena.

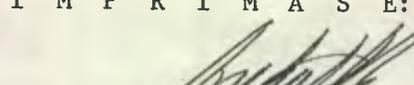
LOS ASESORES Y AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA HACEN CONSTAR QUE HA CUMPLIDO CON LAS NORMAS UNIVERSITARIAS Y REGLAMENTOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.


 Ing. Agr. Hugo A. Tobías
 ASESOR


 Ing. Agr. Víctor Rolando Aragón
 ASESOR




 Vo.Bo. Ing. Hugo Tobías
 DIRECTOR IIA

I M P R I M A S E:

 Ing. Agr. Anibal Martínez
 DECANO



HT/dydea