

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

---

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



EVALUACION DE LOS ANALISIS QUIMICOS  
RAPIDOS DE MORGAN EN RELACION A  
TECNICAS ANALITICAS DETALLADAS

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE  
QUIMICO  
PRESENTA  
RAFAELA CENORINA HERNANDEZ ESPARZA

A MIS PADRES.

A MIS HERMANOS.

Quiero agradecer al Sr. Biol. Fernando Medellín -  
Leal, director del Instituto de Investigación de Zonas Desér-  
ticas, al Sr. Biol. Antonio Gómez, a la Srita. Q. I. Urbana  
Ramírez O., la ayuda desinteresada que me brindaron, y en -  
forma especial al Sr. Q. I. y M. C. Raúl Grande L. por su -  
asesoramiento en la realización del presente trabajo.

## INTRODUCCION.

Los ensayos rápidos de suelos son análisis químicos comparables a los ensayos a la gota de la Química Analítica, que pueden realizarse rápidamente y a bajo costo, en comparación con los métodos de laboratorio, que son más exactos y ra quieren de más tiempo.

Los procedimientos analíticos para suelos propues - tos por Morgan se basan en el fenómeno de intercambio iónico existente entre los elementos nutritivos asociados al coloide del suelo y el medio que lo rodea. Morgan considera que los - análisis de suelos deben realizarse y expresarse por unidad - de volumen, pues la planta los utiliza de esta manera distri - buyendo sus raíces en un determinado volumen de suelo y extra - yendo de ahí sus alimentos, sin tomar en cuenta el peso.

Los reactivos y aparatos necesarios para realizar - estos análisis se disponen en cajas portátiles para facilitar su transporte. Están basados en el desarrollo de un cambio de color o formación de un precipitado por medio de una reacción específica en el extracto del suelo. El equipo viene provisto de escalas que indican la cantidad de nutrientes mediante los colores exactos.

El presente estudio se desarrolló en muestras de - suelos caracterizados como salinos, con objeto de explicar la variabilidad que presentan los análisis químicos rápidos de - Morgan en este tipo de suelos y definir la utilidad de este - sistema de ensayos en suelos sometidos bajo cultivo.

## M U E S T R E O.

El material que se utilizó para realizar el presente estudio corresponde a 14 muestras, 6 de ellas de suelo superficial y 8 de capas inferiores, distribuidas en seis sitios de muestreo.

### . TECNICA DE MUESTREO.

Los análisis de suelos descritos por Morgan requieren muy pocas cantidades de muestra, por lo que es importante que las muestras sean cuidadosamente seleccionadas como representativas del campo estudiado. Cabe recordar que los resultados obtenidos a partir de estas pequeñas muestras serán aplicados sobre un terreno más extenso.

En el muestreo de campo es prudente prestar atención a la topografía o irregularidades del terreno. Se escogieron pequeñas áreas de cada sección característica, de acuerdo a su salinidad; cada una de las cuales se muestreo a profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm.

El objeto de este trabajo es obtener muestras representativas que darán información de la naturaleza del suelo y de las condiciones actuales que presenta.

Las muestras se colocan dentro de bolsas de polietileno limpias, marcadas previamente para identificarlas con el área del campo a que corresponden; se llevan al laboratorio donde se registran, después se ponen a secar, posteriormente son tamizadas y envasadas, para luego realizar los análisis que más adelante se describen.

El equipo de campo estuvo compuesto por altímetro, brújula, barrena, caja para pruebas preliminares, bolsas de polietileno y etiquetas.

### . DATOS DE CAMPO.

El área de muestreo comprende a la región conocida como Las Colonias, localizada entre los 24° 04' y 24° 05' de

latitud N, y de los 100° 55' a los 100° 56' longitud W, (Cetnal, 1973); 7 km al norte de la estación La Trueba, Vanegas, S. L. P. Tiene una altura de 1 720 msnm. La vegetación corresponde a un matorral desértico micrófilo (Rzedowski, 1965); - las especies más importantes son Prosopis juliflora (mezquite), Atriplex canescens (costilla de vaca), Suaeda nigra (romerillo) y Sporobolus airoides (zacatón alcalino); las cuales - son utilizadas en pastoreo.

Los sitios de muestreo se distribuyen de la siguiente manera:

No. 1, muestra 204-76, relieve convexo, 10 km al sur de La Trueba, cercano a la vía del ferrocarril, Vanegas, S. L. P.

No. 2, muestra 205-76, relieve cóncavo, 10 km al sur de La Trueba, Vanegas, S. L. P.

No. 3, muestras 206 a 208-76, Las Colonias, Vanegas S. L. P.

No. 4, muestras 209 a 211-76, Las Colonias, Vanegas, S. L. P.

No. 5, muestras 212 a 214-76, zona de mayor salinidad, Las Colonias, Vanegas, S. L. P.

Se muestreó además el sitio No. 6, localizado a 1 km al W de San Juan de Vanegas, Cedral, S. L. P., para comparar los grados de salinidad.

## MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Los análisis verificados en las muestras de suelo son : Calcio, Magnesio, Fósforo, nitratos, Potasio y sulfatos por el método Morgan; en los análisis detallados, Calcio y Magnesio por Volumetría, Potasio por espectrofluorimetría, Fósforo con el reactivo molibdato-vanadato, nitratos con Brucina y sulfatos por Nefelometría.

Con objeto de caracterizar estos suelos y tener un estudio más completo de los mismos, se hicieron las determinaciones complementarias de: por ciento de saturación, por ciento de sales en el suelo y en el extracto acuoso, conductividad eléctrica, pH, iones sodio, calcio, magnesio; relación de adsorción de sodio y presión osmótica.

### . DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE MORGAN.

En las determinaciones siguientes se entiende por elementos sustituibles las cantidades de los elementos que puede extraer la solución extractiva a la temperatura ambiente.

#### EXTRACTO DE SUELO.

Se disuelve la muestra en la solución extractiva para efectuar el intercambio de iones canjeables presentes en el suelo. El filtrado constituye el extracto de suelo.

#### Reactivos:

Solución extractiva: se disuelven 100 g de acetato de sodio en 500 ml de agua destilada, añadiendo 30 ml de ácido acético, se afora a 1 lt. El pH se ajusta a 4.8, utilizando un potenciómetro.

#### Procedimiento:

Se llena un tubo de ensayo graduado con muestra de suelo fino y seco, hasta la marca de 5 ml, se añaden 10 ml de solución extractiva. Se tapa y agita -

durante un minuto; se filtra recogiendo el filtrado en un tubo de ensaye que permita tomarlo con gotero.

#### CALCIO SUSTITUIBLE.

En esta determinación se añade oxalato de sodio al extracto del suelo para precipitar los iones calcio como oxalato de calcio.

Reactivo; Solución saturada de oxalato de sodio en agua.

#### Procedimiento:

Se coloca en una probeta especial 10 gotas (0.5 ml) del extracto, se añade una gota del reactivo, se agita vigorosamente y se deja reposar 5 minutos.

El resultado se compara con la carta de colores, mirando de arriba hacia abajo la probeta, colocada sobre el fondo negro a la derecha de los círculos y 25 mm arriba de la carta, iluminada por una lámpara de 150 watts, que se coloca a una altura de 30 cm.

A más precipitado, mayor sensación del color blanco.

#### Ejemplo:

Medí la cantidad de extracto necesario para hacer la determinación y apliqué el procedimiento descrito. Como la muestra tiene un alto contenido de calcio, el primer resultado apareció mayor que los indicados en la carta. Hice una dilución 1:19, con la que obtuve un resultado de 700 ppm.

Ca en la muestra =  $700 \times 20 = 14\ 000$  ppm.



ESCALA DE TURBIDEZ PARA LA  
DETERMINACION DE POTASIO.

INTERPRETACION	Kg/ha	
EXTRA RICO	670	
MUY RICO	560	
RICO	440	
ABUNDANTE	330	
BUENO	230	
POBRE	170	

ESCALA PARA DETERMINACION  
DE CALCIO EN SUELOS.

INTERPRETACION.	ppm.	
MUY RICO	1400	
RICO	1000	
ABUNDANTE	700	
BUENO	350	
POBRE	150	
MUY POBRE	75	

## MAGNESIO SUSTITUIBLE.

El amarillo de titanio favorece la precipitación de los óxidos hidratados y les imparte un color característico - que se utiliza en determinaciones colorimétricas.

Reactivos:           A: solución de amarillo de titanio, 0.15 g de reactivo en una mezcla de 50 ml de alcohol metílico y 50 ml de agua destilada, bien disuelto.  
                      B: solución de NaOH al 15 %.

### Procedimiento:

Se colocan 10 gotas (0.5 ml) del extracto en una placa, se añade una gota de la solución A y tres de la B, se mezcla con un agitador e inmediatamente después de combinados los reactivos, se compara el color rojo formado con el de la carta correspondiente.

Como las unidades de la escala para la determinación de magnesio se expresan en Kg/ha, se transformarían estas unidades a ppm, utilizando los equivalentes correspondientes, con el fin de tener uniformidad en las unidades de los resultados de los análisis.

Cálculos:           Kg/Ha   a ppm   (mg X/1000 g de suelo).

$$\text{Hectárea} = 100 \text{ m}^2 = 10^8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Profundidad del suelo} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen de una hectárea} = 10^8 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} = 2 \times 10^9 \text{ cc.}$$

$$\text{Densidad del suelo} = 1.25 \text{ g/cc.}$$

$$\begin{aligned} \text{Hectárea} &= 1.25 \text{ g/cc} \times 2 \times 10^9 \text{ cc} = 2.5 \times 10^9 \text{ g de suelo.} \\ &= 2.5 \times 10^6 \text{ kg de suelo.} \end{aligned}$$

$$1 \text{ kg} = 10^6 \text{ mg.}$$

Factor =

$$\begin{aligned} &(\text{Kg X/Ha suelo}) \times (10^6 \text{ mg X/kg X}) \times (\text{Ha suelo} / 2.5 \times 10^6 \text{ kg suelo}) = \\ &\text{Factor}_1 = 1/2.5 \end{aligned}$$

**Ejemplo:**

Después de realizar la determinación de magnesio en el extracto de suelo de la muestra No. 206-76, diluido 1:19 - por su alta concentración, obtuve la lectura de 110 kg/ha.

$$\begin{aligned}\text{Mg en la muestra} &= 110 \text{ kg/ha} \times 10 \times 1/2.5 \\ &= 440 \text{ ppm.}\end{aligned}$$

**FOSFORO DISPONIBLE.**

Los iones fosfatos en medio ácido reaccionan con el molibdato de sodio para formar el complejo de fosfomolibdato de sodio, que se reduce fácilmente por el oxalato estannoso, dando un complejo de color azul.

**Reactivos:**

**A:** 12.5 g de molibdato de sodio disueltos en 100 ml de agua tibia. 50 ml de ácido acético diluidos con 350 ml de agua. Se mezclan ambas soluciones dentro de un frasco obscuro.

**B:** 0.01 g de oxalato estannoso disueltos en 25 ml de la solución extractiva original.

**Procedimiento:**

Se colocan 10 gotas (0.5 ml) del extracto en la placa, se añade una gota del reactivo A y dos del B, se mezcla con un agitador, se deja en reposo por un minuto y se compara la intensidad del color azul que aparece con la carta correspondiente. Esta comparación deberá hacerse precisamente en un minuto, que es el tiempo en que se desarrolla el máximo color.

La carta para la determinación de fósforo tiene unidades de libra/acre. Se transforman primero a kilogramos por hectárea para luego convertirse a partes por millón.

Cálculos : Libras/acre a kg/ha.

Libra = 0.4536 kg.

Hectárea = 2.471 acres.

$Lb/ac \times (0.4536 \text{ kg/lb}) \times (2.471 \text{ ac/ha}) = 1.121$

Factor<sub>2</sub> = 1.121

Factor<sub>1</sub> = 1/2.5 (kg/ha a ppm)

Ejemplo:

En la muestra 204-76, la determinación de fósforo -  
dió la lectura de 28 libras por acre.

P en la muestra =  $28 \text{ lb/ac} \times 1.121 \times 1/2.5 = 12.6 \text{ ppm}$ .

#### POTASIO SUSTITUIBLE.

La adición de cobaltinitrito de sodio a una solu -  
ción de iones potasio acidificada, produce un precipitado am  
rillo de cobaltinitrito de sodio y potasio.

Reactivos:

A: 5 g de nitrato de cobalto y 30 g de ni  
trito de sodio disueltos en 50 ml de a  
gua destilada acidulada con 2.5 ml de  
acético glacial. Se afora a 100 ml, se  
reposa 24 horas y se filtra.

B: alcohol isopropílico, Q. P.

Procedimiento:

Se colocan 10 gotas (0.5 ml) del extracto  
en una probeta, se añade una gota del reactivo A y 8 go -  
tas del B, con la probeta inclinada para que no se mez -  
cien bruscamente, se agita con suavidad y cuando están -  
mezcladas las dos capas de líquidos se agitan vigorosa -  
mente. Se deja reposar dos minutos y se mide la turbidez  
por medio de la carta correspondiente, sosteniendo la -  
probeta vertical, 25 mm arriba de la carta, iluminada co  
mo en la prueba del calcio, sobre el par de líneas más -

grueso. Se mira de arriba hacia abajo y si las líneas se perciben claramente, se pasa a otro par más delgado hasta encontrar las que apenas se pueden percibir; éste es el indicio correspondiente a la cantidad de precipitado presente.

Las concentraciones de la carta para la determinación de Potasio vienen expresadas en kg/ha. El factor para transformar kg/ha a ppm es 1/2.5.

Ejemplo:

Para la muestra 207-76 se hizo dilución 1:4, la lectura obtenida fué 440 kg / ha.

$K \text{ en la muestra} = 440 \text{ kg/ha} \times 5 \times 1/2.5 = 880 \text{ ppm.}$

#### NITROGENO NITRICO.

Los nitratos desarrollan un color azul con solución de difenil amina en medio sulfúrico.

Reactivo:                   A: 0.05 g de difenil amina se disuelven -  
                                  en 25 ml de ácido sulfúrico concentra-  
                                  do, a temperatura no mayor de 24° C.

Procedimiento:

Se coloca una gota del extracto de suelo en la placa de porcelana, se añaden 4 gotas del reactivo A, se deja reposar durante dos minutos. Se agita y se compara el color resultante con la escala correspondiente.

Las unidades de la carta para el nitrógeno como nitrato están dadas en libra por acre. Los factores para transformarse a partes por millón son 1.121 y 1/2.5.

Ejemplo:

Para la muestra 214-76 se hizo dilución 1:9, el resultado obtenido fué 80 libras por acre.

N nítrico en la muestra =

$$8 \text{ lb/ac} \times 10 \times 1.121 \times 1/2.5 = 35.87 \text{ ppm.}$$

#### AZUFRE COMO SULFATO.

Al añadir una solución de cloruro de bario a otra que contiene iones sulfatos se forma un precipitado blanco cristalino, insoluble en medio ácido.

Reactivo:                   A: se disuelven 5 g de cloruro de bario en 100 ml de agua destilada.

Procedimiento:

Se colocan 10 gotas (0.5 ml) del extracto en la probeta especial, se añade una gota del reactivo A. Se agita vigorosamente y se reposa la solución durante cinco minutos. Se hace la determinación de manera similar a la del calcio. Las unidades de la carta están dadas en partes por millón.

Ejemplo:

La muestra 216-76 se diluyó 1:4 y se obtuvo el resultado de 1000 ppm.

$$\text{SO}_4^{=}$$
$$\frac{=}{4} \text{ en la muestra} = 1000 \times 5 = 5000 \text{ ppm.}$$

. ANALISIS DETALLADOS.

A continuación se describen los análisis considerados como detallados, con los cuales se hicieron las comparaciones.

CALCIO Y MAGNESIO  
(Grande, 1974)

Se utiliza la acción secuestrante del ácido etilendiamino tetra acético.

- Reactivos:
- Solución extractiva: 100 g de acetato de sodio en 400 ml de agua y 30 ml de acético glacial, se lleva todo a 1 lt. Se ajusta el pH a 4.8.
  - Solución amortiguadora: 67.5 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en 540 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$ , densidad 0.9 g/lt. Se lleva a un litro con agua destilada.
  - Solución de  $\text{NaOH}$  4N.
  - Solución estándar de  $\text{CaCl}_2$  0.01 N: 0.5 g de  $\text{CaCO}_3$  en 10 ml de  $\text{HCl}$  3N (28 ml de  $\text{HCl}$  conc. llevados a 100 ml con agua) - y se afora a 1 lt. con agua destilada.
  - Indicador Negro de eriocromo T: se mezcla 0.5 g del indicador en 4.5 g de hidrocloreuro de hidroxilamina y se disuelven en 100 ml de etanol.
  - Indicador purpurato amónico (murexida), - se mezclan 0.5 g del indicador con -- 100 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  en polvo.
  - Solución 0.01 N de EDTA: 2 g de la sal se disuelven en un litro de agua. Se estandariza con la solución de  $\text{CaCl}_2$ . Se efectúan titulaciones con cada indicador.

Procedimiento para determinar Calcio:

Se pesan 5 g de suelo en un vaso de precipitado de 50 ml, se agrega 10 ml de solución extractiva y se agita durante 2 minutos. Se filtra, recibiendo el extracto en un erlenmeyer de 50 ml.

Se toman 0.5 ml del extracto y se transfieren a un erlenmeyer de 100 ml, se diluye a un volumen de 25 ml con agua. Se añaden 4 gotas de NaOH 4N y 0.05 g de murexida. Se titula la solución problema con EDTA -- 0.01 N hasta vire de color rosa a violeta.

$$\text{Cálculos:} \quad \text{Ca, ppm} = \frac{\text{ml} \times \text{N} \times 10 \times \text{meq Ca}^{++}}{\text{Alicuota}}$$

ml = ml de EDTA utilizados en la titulación.

N = normalidad de EDTA, usando el indicador murexida.

10 = ml totales de extracto de suelo.

alícuota = ml del extracto utilizados en la titulación.

meq  $\text{Ca}^{++}$  = 0.040.

Procedimiento para determinar Ca + Mg:

Se coloca una alícuota de 0.5 ml de extracto de suelo en un erlenmeyer de 100 ml y se diluye a 25 ml con agua. Se añaden 15 gotas de solución amortiguadora y 3 ó 4 gotas de negro de erio cromo T. Se titula la solución problema con EDTA 0.01 N, hasta un cambio de color del rojo al azul brillante.

$$\text{Cálculos:} \quad (\text{Ca} + \text{Mg}) \text{ meq} = \frac{\text{ml EDTA} \times \text{N EDTA} \times 10}{\text{Alicuota}}$$

$$\text{Mg, meq} = \text{meq} (\text{Ca} + \text{Mg}) - \text{meq Ca.}$$

$$\text{Mg, ppm} = \text{meq Mg} \times \text{peso meq Mg.}$$

$$\text{peso meq Mg} = 0.0243$$



FOSFORO.  
(Jackson, 1970)

El análisis de fósforo se hizo por vanadometría, mé todos colorimétricos y volumétricos basados en la reducción y nueva oxidación del vanadio en determinados niveles de ener -  
gía.

Reactivos: Solución extractiva HCl 0.3 N: 25 ml de -  
HCl conc.(12 N) en 900 ml de agua, af  
rar a 1 lt.  
Solución de vanadato: A, 25 g de molibda-  
to de amonio en 400 ml de agua destila  
da. B, 1.25 g de m-vanadato de amonio  
en 300 ml de agua hirviendo. Enfríar,  
añadir 250ml de  $\text{HNO}_3$  conc. e incoloro.  
Enfríar. Mezclar A y B y diuir a 2500  
ml.  
Colorímetro fotoeléctrico Klett-summerson  
Filtro No. 440.

Procedimiento:

Pesar 4 g de suelo y colocar la muestra -  
en un matraz erlenmeyer, añadir 0.5 g de carbón activado  
y 10 ml de solución extractiva. Tapar y agitar durante -  
5 minutos, filtrar la suspensión en un embudo con papel  
filtro, recibiendo la solución en un vaso.

Se toma una alícuota de 3 ml y se introdug  
ce en un matraz volumétrico aforado de 50 ml, se añaden  
10 ml del reactivo vanadato, se afora con agua y se mez-  
cla. El color se desarrolla rápidamente pero se hace la  
lectura a los 10 minutos para que el color alcance su in  
tensidad máxima.

Se prepara un ensayo en blanco y se lee -  
junto con las muestras, pues el color del vanadato en -  
blanco es apreciable. Se determina la concentración en -  
partes por millón de fosfatos en la curva previamente ca  
librada.

Obtención de la gráfica:

Patrón primario de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ : se disuelven -  
0.2195 g del reactivo en 400 ml de agua destilada en un  
matraz de un litro. Se añaden 25 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  7 N, se afo-  
ra y se mezcla.

Sol. estandar ml.	Concentración al diluir a 50 cc de volumen final, ppm.	Porcentaje de trans.
0.0	0.0	00
0.5	0.5	12
1.0	1.0	27
2.5	2.5	65.5
5.0	5.0	122
7.5	7.5	184
10.0	10.0	236

Cálculos:  $P, \text{ ppm} = \frac{\text{Lectura (ppm)} \times 10}{2}$

10 = ml totales de la muestra  
2 = ml de alícuota.

POTASIO.  
(Grande, 1974)

Se determina por fotometría de llama, método de análisis químico que mide la intensidad de las líneas espectrales emitidas por una sustancia al pasar de un nivel excitado a otro más estable.

Reactivos: Solución extractiva de acetato de amonio  
1 N: 57 ml de acético glacial y 68 ml -  
de  $\text{NH}_4\text{OH}$  conc., en 600 ml de agua des-  
tilada. Se afora a 1 lt y se ajusta el  
pH de la solución a 7 con el potenció-  
metro.  
Solución de KCl equivalente a 200 ppm: se

disuelven 0.191 g de KCl en un volumen de solución extractiva. Se afora a -- 500 ml con la misma solución.

Espectroflamómetro Evans Electro selenium.  
Filtro No. 660.

**Procedimiento:**

A un matraz erlenmeyer con 10 g de suelo se agregan 40 ml de solución extractiva y se agita a intervalos regulares durante 10 minutos. Filtrar. Determinar la concentración de potasio en el espectroflamómetro por medio de la gráfica previamente calibrada.

De la solución de 200 ppm de potasio se toman alícuotas para preparar los estándares de distinta concentración para construir la gráfica. El aparato se lleva a cero con solución extractiva y se ajusta a 100 - con el estándar de mayor concentración.

**Cálculos:**

$K, \text{ ppm} = \text{lectura } K \text{ (gráfica)} \times \text{Factor de dilución.}$   
Factor de dilución =  $40/10 = 4.$

**NITROGENO NITRICO.**  
(Navarro, 1957 ).

**Reactivos:**

Solución extractiva: 100 g de acetato de sodio y 30 ml de acético glacial en - 400 ml de agua destilada. Se afora a - 1 lt y se ajusta el pH de la solución a 4.8.

Solución estándar concentrada: 0.361 g de  $\text{KNO}_3$  en 500 ml de solución extractiva. Representa 100 ppm de N nítrico.

Solución de brucina: 4 g de brucina en - 100 ml de cloroformo.

Acido sulfúrico concentrado.

Colorímetro Klett-summerson Mod 900-3.  
Filtro No. 420.

**Procedimiento:**

Se colocan 5 g de suelo en un erlenmeyer. Añadir 0.25 g de carbón activado y 25 ml de solución extractiva. Mezclar. Se recoge el filtrado en un vaso.

Se toman 0.5 ml del extracto en un tubo de ensaye y se agregan 3 gotas de solución de brucina y 1 ml de ácido sulfúrico, se mezcla bien. Después de 15 minutos se pasa al tubo del colorímetro y se lee el porcentaje de transmisión de luz. Esta lectura se compara con las obtenidas para los testigos a los que se les ha seguido el procedimiento simultáneamente. Se aconseja su mergir el tubo de ensaye en hielo.

**Construcción de la gráfica:**

Sol. nitratos ml	Sol. extractiva ml	ppm	% transmisión
0.0	4.00	000	
0.2	3.80	200	
0.4	3.60	400	
0.6	3.40	600	
0.8	3.20	800	

**AZUFRE COMO SULFATOS.**  
(Grande, 1974)

Se mide la intensidad de la luz dispersada cuando un haz luminoso atraviesa el sistema que contiene partículas finamente divididas de sulfato de bario.

**Reactivos:** Solución estandar de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  equivalente a 200 ppm: 0.2957 g de sulfato de sodio-

anhidro en un litro de agua.

Acido clorhídrico conc., densidad 1.17  
gramos por litro (+).

Solución de alcohol-glicerina: Tome un vo-  
lumen de glicerina G.P., por 2 volúme-  
nes de alcohol etílico de 96.

Cloruro de bario anhidro en cristales de-  
20-30 mallas, grado ACS.

#### Procedimiento:

Se prepara un extracto de suelo saturado; se toma una alícuota de concentración menor a 50 ppm, se diluye a 20 ml con agua destilada y se coloca en un ma-  
traz erlenmeyer de 250 ml. Adicione 1 ml de HCl concen-  
trado y 4 ml de solución glicerina-alcohol. Añada aproxi-  
madamente 100 mg de cloruro de bario con la microespátula.  
Agite exactamente un minuto cada muestra. Se deja repo-  
sar y a los 20 minutos, efectúe las lecturas en el foto-  
colorímetro.

#### Construcción de la gráfica:

Siempre que se analice una serie de mues-  
tras se preparará una gráfica, tomando 20 ml de las solu-  
ciones de concentración conocida (0, 10, 20, 30, 40 y 50  
ppm  $\text{SO}_4^{=}$ ) y se someten al mismo procedimiento de las mues-  
tras. Estas soluciones se indican en el cuadro anexo.

Sol. ext. 200 ppm, ml.	Volumen final, ml.	Concentración $\text{SO}_4^{=}$ , ppm.	Lecturas
00	200	00	
10	200	10	
20	200	20	
30	200	30	
40	200	40	
50	200	50	

Cálculos:  $\text{SO}_4^{=}$  ppm =  $\frac{\text{lectura gráfica, ppm} \times 20}{\text{ml de alícuota.}}$

## . DETERMINACIONES COMPLEMENTARIAS.

Con el propósito de caracterizar los suelos analizados y completar la información necesaria para interpretar los resultados de los análisis anteriores, se hicieron las siguientes determinaciones complementarias (Richards, 1962):

### PORCIENTO DE SATURACION.

Se determina el contenido de humedad en el punto de saturación de una pasta de suelo utilizada para hacer medidas de salinidad.

Se mide la cantidad necesaria para saturar una muestra pesada de suelo y se relaciona a 100 g de suelo.

### CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

Como medio para evaluar la salinidad se utiliza la conductividad del extracto de saturación. Se expresa en unidades de milimhos por centímetro.

Se trabaja en el extracto de suelo, obtenido a partir de una pasta saturada mediante filtración al vacío. La conductividad eléctrica se determina con un puente estándar de Wheatstone Solubridge, Soil Tester RD-26, con celda de pipeta.

### PORCIENTO DE SALES.

En extracto de suelo saturado.- se obtiene a partir de la relación:

$$\% \text{ sales en E. S. S.} = 0.064 \times \text{C.E. en mmhos/cm a } 25 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

En suelo seco:

$$\% \text{ sales en } = \frac{\% \text{ saturación} \times \% \text{ sales en extracto S. S.}}{100}$$

100

## PRESION OSMOTICA.

La presión osmótica de la solución del suelo tiene relación con la velocidad de absorción del agua por las plantas en suelos salinos. Conociendo la conductividad eléctrica del extracto de suelo se puede calcular la presión osmótica, dentro de los valores de conductividad que permiten el desarrollo de las plantas, a partir de la relación:

$$P. O. = 0.36 \times C. E.$$

determinada mediante datos experimentales.

## IONES SODIO, CALCIO Y MAGNESIO.

El ión sodio se determinó en el extracto de suelo saturado utilizando el espectrofluorómetro Evans Electroselectum, con el filtro 589. Los resultados se expresan en miliequivalentes por litro (Grande, 1974).

Para la determinación de los iones Calcio y Magnesio se utilizó el método del EDTA en el extracto de suelo saturado. Los resultados se dan también en miliequivalentes por litro.

## RELACION DE ADSORCION DE SODIO.

Al establecerse el equilibrio entre el suelo y una solución salina, las proporciones de los cationes intercambiables monovalentes y divalentes presentes en la micela coloidal del suelo varían con la concentración total de cationes y con la relación entre los monovalentes y divalentes. La relación de adsorción de sodio se obtiene a partir de :

$$R. A. S. = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$$

## REACCION DEL SUELO.

La actividad de los iones hidrógeno o valor del -- potencial hidrógeno (pH), es la propiedad química más impor -- tante del suelo destinado a la agricultura, pues de él depende la actividad de los demás iones que intervienen en la alimentación de vegetales,

En esta determinación se utilizó el método electro -- métrico, realizando las lecturas en un potenciómetro Beckman modelo H-2, en suspensión acuosa, relación 1:2.5 (Jackson, -- 1970).



Tabla No. 1

DATOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO		CORRESPONDIENTES A LAS MUESTRAS				PROCEDENTES DE LOS MUNICIPIOS																				
		DE CECILIA Y VANEGAS S. L. P.																								
MUESTRA	LOCALIZACION	ELEMENTOS				NUTRIENTES				ANALIZADOS				DETERMINACIONES				COMPLEMENTARIAS								
		PROFUN- DIDAD	CALCIO ppm FRAJA (L)	MAGNE SIO ppm MORBAN (L)	WASNE SIO ppm FRAJA (L)	FOSFATO ppm MORBAN (METR/ML)	FLUORHO- MORBAN (METR/ML)	POTASIO ppm MORBAN (METR/ML)	NITRATO ppm MORBAN (METR/ML)	CLORU- MORBAN (METR/ML)	SULFATO ppm MORBAN (METR/ML)	PH	CONDU- CTIVIDAD (MICROSIEMEN/CM)	TEMPERATURA (C)	RELACION N/P	RELACION N/K	RELACION N/S	Nº MUESTRAS	CAPI- TACION	RESISTEN- CIA (OHM/CM)	RELACION N/P	RELACION N/K	RELACION N/S	RESISTEN- CIA (OHM/CM)	RESISTEN- CIA (OHM/CM)	
204-76	10 Km. S de La Tronza Vanegas, S.L.P.	0-20	1332 MR	14 000 MR	21.6 P	112 R	0.75 P	12.7 R	2 P	154 R	500 MA	----	MP	1600	3 500	8.1 AF	32.9	0.1686	0.320	5	MS	2.25	30.41	2.24	0.555	1.6
805-76	10 Km. S de La Tronza Vanegas, S.L.P.	0-20	1386 MR	14 000 MR	202 MR	112 R	14.25 M	4.5 MI	42 P	300 MR	712.5 MA	1.8 MP	1 633	5 000	8.1 AF	44.1	0.1119	0.2960	4	LS	1.50	32.28	1.42	0.269	1.44	
806-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	0-20	1463 MR	14 000 MR	1603 MR	440 MR	3 P	4.5 M	1260 MR	660 MR	525 MA	53.6 A	2732	2 800	8.1 AF	26.0	0.2967	0.781	22	FS	225.0	26.24	13.88	49.03	4.36	
207-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	0-40	8 263 MR	20 000 MR	1084 MR	440 MR	----	P	7.75 M	1260 MR	880 MR	663 MA	17.73 P	700	8.1 AF	40.0	0.4406	1.182	80	MFS	215.0	51.26	24.14	35.02	6.46	
208-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	40-60	8 463 MR	20 000 MR	1082 MR	450 MR	----	P	7.75 M	1320 MR	880 MR	1073 P	1 600	----	8.0 AD	40.0	0.52	1.28	20	MFS	170	77.8	30.5	23.1	7.2	
209-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	0-20	5 655 MR	14 000 MR	112 MR	440 MR	4.25 P	7.75 M	1 000 MR	1 120 MR	563 MA	7.17 MP	200	----	8.6 AF	40.0	0.0914	0.1536	2.4	LS	7.5	7.82	2.29	3.33	0.864	
210-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	20-40	17 846 MR	20 000 MR	130 MR	440 MR	0.85 P	7.75 M	1 180 MR	1 120 MR	563 MA	7.17 MP	267	----	6.6 AF	40.0	0.1116	0.2816	4.4	MS	19.3	17.38	0.33	6.56	1.06	
211-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	40-80	8 024 MR	20 000 MR	1385 MR	440 MR	----	P	7.75 M	1 110 MR	850 MA	9.38 MP	1 200	----	6.6 AF	40.0	0.2356	0.5866	9.2	FS	160	12.6	7.62	50.32	3.31	
212-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	0-20	15 034 MR	14 000 MR	1 155 MR	440 MR	4.5 P	7.75 M	1 600 MR	1 120 MR	800 MA	5.58 MP	2 667	7 000	8.3 AF	40.0	0.1434	0.3582	5.6	MS	16	25.2	7.95	3.95	2.02	
213-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	20-40	16 617 MR	14 000 MR	1 221 MR	440 MR	3-5 P	7.75 M	1 760 MR	1 120 MR	688 MA	35.85 M	2 833	1 760	6.6 AF	41.3	0.582	1.408	32	MFS	340	33.02	17.84	79.22	7.92	
214-76	Las Ciénegas Vanegas, S.L.P.	40-60	4 509 MR	14 000 MR	2 840 MR	440 MR	----	P	7.75 M	1 780 MR	650 MA	35.85 M	2 867	1 000	8.4 AF	41.3	0.656	1.267	24.8	MFS	420	29.97	18.05	85.77	6.93	
215-76	San Juan de Vanegas, Coahuila, S.L.P.	0-20	22 032 MR	20 000 MR	3 050 MR	224 MR	----	P	4.5 M	100 M	268 MR	793 MA	3.79 MP	1 800	5 000	6.0 AD	43.86	0.133	0.256	4	LS	1.5	31.71	3.67	0.357	1.44
216-76	San Juan de Vanegas, Coahuila, S.L.P.	20-40	19 504 MR	20 000 MR	458 MR	440 MR	0.75 P	7.75 M	1 800 M	268 MR	725 MA	215.2 MA	1 500	5 000	8.3 AF	38.0	0.176	0.32	5	MS	5.5	31.71	19.04	1.092	1.6	
217-76	San Juan de Vanegas, Coahuila, S.L.P.	40-60	17 982 MR	20 000 MR	1 608 MR	440 MR	----	P	4.5 M	158 R	168 MR	375 MA	713 MA	1 200	5 000	8.3 AF	37.0	0.282	0.768	12	FS	20.5	65.16	24.77	3.932	4.72

INTERPRETACION LINEA PARA NUTRIENTES:  
 MF= Muy Fértil  
 F= Fértil  
 M= Medio  
 W= Poco fértil  
 B= Bajas

RELACIONES DE NUTRIENTES:  
 N/P= Relación de nitrógeno y fósforo  
 N/K= Relación de nitrógeno y potasio  
 N/S= Relación de nitrógeno y sulfuro

DETERMINACIONES:  
 S.E.= extracto de suelo saturado  
 S.S.= sólidos en suspensión  
 A.D.= actividad de agua  
 A.R.= actividad de iones  
 A.F.= actividad de fósforo

COMPLEMENTARIAS:  
 N= Nitrógeno  
 P= Fósforo  
 K= Potasio  
 S= Sulfuro  
 MFS= Muy fuertemente salino  
 FS= Fuertemente salino  
 MS= Moderadamente salino  
 LS= Levemente salino  
 L= No salino

TABLA No. 2

VALORES MINIMOS MAXIMOS Y PROMEDIOS PARA  
LOS RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO  
DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

DETERMINACION	No. DE ANALISIS	PROFUN. DIDAD	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO <sup>1</sup>	UNIDAD
Ca VOLUMETRIA	204-76 215-76	0-20 0-20	13188	22332	16852.2	p.p.m.
Ca MORGAN	204-76 207-76	0-20 20-40	14000	20000	17000	p.p.m.
Mg VOLUMETRIA	204-76 215-76	0-20 0-20	21.8	3959	1364.56	p.p.m.
Mg MORGAN	204-76 206-76	0-20 0-20	112	440	377.71	p.p.m.
PQ <sub>2</sub> COLORIMETRIA	207-76 205-76	20-40 0-20	---	14.25	2.23	p.p.m.
PQ <sub>4</sub> MORGAN	205-76 204-76	0-20 0-20	4.5	12.7	7.17	p.p.m.
K FLAMOMETRIA	204-76 214-76	0-20 40-60	12	1780	999.43	ppm
K MORGAN	204-76 209-76	0-20 0-20	154	1120	735.57	p.p.m.
NO <sub>3</sub> COLORIMETRIA	204-76 212-76	0-20 0-20	500	800	645.75	p.p.m.
NO <sub>3</sub> MORGAN	204-76 215-76	0-20 20-40	----	215.2	40.33	p.p.m.
SO <sub>4</sub> TURBIDIMETRIA	209-76 214-76	0-20 40-60	200	2867	1733.36	p.p.m.
SO <sub>4</sub> MORGAN	208-76 212-76	40-60 0-20	----	7000	2625	p.p.m.
AGUA DE SATURACION	204-76 205-76	0-20 0-20	33.9	44.1	39.82	%
SALES EN SUELO	209-76 214-76	0-20 40-60	0.0614	0.656	0.2756	%
SALES EN E.S.S. <sup>2</sup>	209-76 214-76	0-20 40-60	0.1536	1.587	0.6793	%
COND. ELECTRICA	209-76 214-76	0-20 40-60	2.4	24.8	10.61	mmhos/cm a 25° C
ION SODIO	205-76 214-76	0-20 40-60	1.5	420	115.02	meq/lit.
ION CALCIO	209-76 208-76	0-20 40-60	7.82	77.8	33.2	meq/lit.
ION MAGNESIO	210-76 208-76	20-40 40-60	0.32	30.5	12.38	meq/lit.
R.A.S. <sup>3</sup>	215-76 214-76	0-20 40-60	0.357	85.72	24.18	---
POTENCIAL H <sup>+</sup>	208-76 211-76	40-60 40-60	8.0	8.8	8.3	----
PRESION OSMOTICA	209-76 214-76	0-20 40-60	0.864	8.93	3.82	atmósferas.

1 : Valor promedio calculado para todos los suelos muestreados a diferentes profundidades.

2 : E.S.S., Extracto de suelo saturado.

3 : R.A.S., Relacion de adsorcion de sodio.

## RESULTADOS.

La tabla No. 1 corresponde a los datos analíticos - obtenidos en las determinaciones de los elementos nutrientes Calcio, Magnesio, Fósforo, Potasio, nitratos y sulfatos, expresados en partes por millón, tanto en el procedimiento Morgan como en el análisis detallado.

En la misma tabla se incluyen los resultados de los análisis complementarios: Potencial de hidrógeno, porcentaje de saturación, porcentaje de sales en el suelo y en el extracto acuoso, conductividad eléctrica en milimhos por centímetro a 25 C, cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , en miliequivalentes por litro, relación de adsorción de sodio (RAS), y presión osmótica expresada en atmósferas.

La tabla No. 2 incluye los valores máximos y mínimos de las diferentes determinaciones analíticas, así como el valor promedio calculado, en cada determinación, para todos los suelos muestreados a las diversas profundidades.

Los análisis químicos rápidos de suelos dan una aproximación de los nutrientes en el campo que pueden ser aprovechados por la planta. Las interpretaciones de los resultados dependen de la previa calibración de las pruebas de campo con fertilizantes y cultivos. Estas pruebas varían con las distintas clases de suelos.

Los métodos detallados se han diseñado para que su uso sea general, sin dotarlos de calibrados especiales. Se utilizan en la caracterización general de los tipos de suelos y en la calibración de los ensayos rápidos.

Los procedimientos analíticos propuestos por Morgan (Lunt, 1950) se basan en el fenómeno de intercambio iónico existente entre los elementos nutritivos asociados al coloide del suelo y el medio que lo rodea. Los análisis se efectúan sobre muestras de suelos medidas en volumen pues se considera que la planta toma los nutrientes del volumen de suelo donde tiene sus raíces.

La solución extractiva utilizada para sustrer los elementos nutrientes está constituida por un sistema regulador a base de acetato de sodio y ácido acético, ajustado a un pH de 4.8, que se aproxima al de la solución acuosa de anhídrido carbónico como se encuentra en los suelos aerados. El extracto tiene la suficiente concentración para apreciar el color y la turbidez de las reacciones que sirven de base a los métodos analíticos.

Para la determinación de Calcio por el método Morgan se añade oxalato de sodio al extracto de suelo para precipitar como oxalato el calcio presente. En la determinación de tallada de calcio se utiliza la acción de los agentes de quelación. La sal disódica del ácido etilendiamino tetra-acético forma quelatos solubles no iónicos con la mayoría de los iones metálicos.

Los datos de la tabla No. 1 muestran la concordancia que existe entre los resultados para la determinación de calcio por el método detallado y el método Morgan, con buena aproximación, ya que las cartas para determinación de Calcio de Morgan no traen valores intermedios, sino rangos de concentración.

Los suelos analizados se clasifican como muy ricos en calcio y los contenidos varían de 13 188 a 22 232 ppm, cuyas cifras se obtuvieron por método volumétrico (detallado), y las cantidades de calcio cuanteadas por método químico rápido varían de 14 000 a 20 000 ppm. Los valores promedio calculados corresponden a : 16 852.2 y 17 000 ppm, respectivamente (Tabla No. 2).

En la determinación de Magnesio mediante el procedimiento Morgan, se precipitan los iones  $Mg^{++}$  con hidróxido de sodio. Este precipitado puede adsorber al amarillo de titanio y formar una laca coloreada que se utiliza en el cuanteo del magnesio. El análisis detallado aprovecha la diferencia que existe entre la constante de estabilidad del versenato de calcio y la del versenato de magnesio, para determinar en una sola titulación los iones calcio y magnesio.

La tabla No. 1 muestra los resultados correspondien

tes a las determinaciones de magnesio. El método Morgan no -- presenta variaciones significativas con las diferentes mues -- tras, cosa que sí sucede con el análisis detallado.

En general los suelos analizados se encuentran bien abastecidos de magnesio, variando los contenidos entre 21.8 y 3 959 ppm en el análisis detallado, y de 112 a 440 ppm en el procedimiento Morgan. Los valores promedio calculados son: - 1 364.56 ppm para el método volumétrico y 377.7 para el análisis químico rápido (Tabla No. 2).

En el análisis químico de fósforo por el método Morgan los fosfatos se convierten a fosfomolibdatos. El molibdeno del ión complejo se reduce selectivamente a una forma con valencia inferior de color azul por medio del compuesto oxalato estannoso. Para la determinación detallada se extrae el - fósforo de la muestra de suelo con solución de ácido clorhídrico 0.3 N y se valora con el compuesto meta-vanadato de amonio en medio ácido.

Los suelos analizados presentan resultados clasificados como pobres en los dos procedimientos (excepto la muestra 205-76, cuyo contenido es mediano por método detallado. - Esto era de esperarse pues los suelos del altiplano central - son pobres debido a deficiencias reales del ácido fosfórico o a la indebida reacción alcalina del suelo que provoca su retrogradación.

Los análisis para fósforo determinan bajos contenidos; sin embargo, el método Morgan no presenta la variabilidad para las distintas muestras que sí tiene el método detallado, por lo que no es exacto con respecto a éste..

Los resultados obtenidos con el análisis detallado - varían desde trazas hasta 14.25 ppm, calculandose un promedio de 2.23 ppm. En el procedimiento de Morgan los resultados están comprendidos entre 4.5 y 12.7 ppm, y se calcula un promedio de 7.17 ppm (Tabla No. 2).

En el caso de la determinación de potasio por el método Morgan se añade cobaltinitrito de sodio al extracto de - suelo para formar el precipitado amarillo de cobaltinitrito - de sodio y potasio. En el análisis detallado la extracción de

potasio se hizo con solución de acetato de amonio 1 N y pH 7. La determinación se realizó por fotometría de llama.

La tabla No. 1 muestra que los resultados para potasio por método Morgan con bajas concentraciones, son más altos que los resultados del análisis detallado. En cambio a concentraciones elevadas, solo alcanza a determinar 1 120 ppm de  $K^+$ , contra 1780 ppm del método detallado. No obstante, el análisis de Morgan sí presenta variaciones con respecto a las concentraciones en las distintas muestras.

El contenido de potasio en los suelos estudiados varía de 12 a 1 780 ppm cuando se analizaron por el método de fotometría de llama; con el análisis de Morgan se obtienen resultados de 154 a 1 120 ppm. Los valores promedio calculados corresponden a: 999.43 y 735.57 ppm, respectivamente.

En cuanto al análisis de sulfatos por el método Morgan, se mide la cantidad de precipitado formado al añadir solución de cloruro de bario al extracto de suelo. En el procedimiento detallado se determinaron los iones sulfatos solubles en agua, precipitándolos de una alícuota de extracto de suelo con cristales de cloruro de bario anhidro.

Las concentraciones de sulfatos en los suelos estudiados varían de 200 a 2 867 ppm en el análisis detallado y se calcula un valor promedio de 1 733.36 ppm. En el método Morgan las concentraciones están comprendidas desde trazas de sulfato hasta un valor de 7 000 ppm. El valor promedio calculado es de 2 625 ppm. En la tabla No. 1 se observa que no hay correspondencia entre los resultados del método Morgan y los del método turbidimétrico.

Quando se acumulan excesos de sales solubles de calcio, magnesio y sodio en la solución del suelo, éste se hace salino y el pH tiende a valores de alcalinidad, ocasionando que la forma de fósforo que predomine sea fosfato.

Los suelos analizados quedaron comprendidos dentro de la clasificación de alcalinidad fuerte (valores de pH: 8.1 a 8.6, Tabla No. 1), con excepción de las muestras 203-76 y 215-76 que presentan alcalinidad débil, pH= 8 (Ignatieff, -- 1952). El valor promedio calculado es de 8.3, alcalinidad fuerte (Tabla No. 2).

De acuerdo con la escala de salinidad (Jackson, - 1970), los resultados obtenidos para conductividad eléctrica, en mmhos/cm a 25 °C, clasifican a los suelos analizados como ligeramente salinos (205, 209, 215-76, muestras superficiales) medianamente salinos (204, 210 y 212-76), fuertemente salinos (206, 211 y 217-76) y muy fuertemente salinos (207, 208, 213 y 214-76); observándose que el grado de mayor salinidad se encuentra en los sitios de muestreo Nos. 3 y 5.

El porcentaje de saturación de los suelos estudiados varía de 33.9 % (204-76) a 44.1 % (205-76), con un valor promedio de 39.82 % (Tabla No. 2).

La cantidad de sales en el extracto de suelo saturado está comprendida entre 0.1536 % (209-76) y 1.587 % (214-76) encontrándose un valor promedio de 0.6793 % (Tabla No. 2)

En suelo seco la variación del porcentaje se encuentra entre 0.0614 % a 0.656 %. El valor promedio calculado es 0.2756 %.

Los valores de la relación de adsorción de sodio -- (RAS) tienen un mínimo de 0.357 (215-76) y un máximo de 85.72 (214-76). El valor promedio calculado es de 24.18.

La tabla No. 1 muestra que la elevada conductividad eléctrica está relacionada con el alto índice de la RAS, en los sitios de muestreo Nos. 3 y 5. Por otra parte, estos lugares presentan las mayores concentraciones de sodio intercambiable ( $\text{Na}^+$ ).

Los valores de la presión osmótica en los suelos que se estudian están comprendidos entre 0.864 atms. (209-76) y 8.93 atms. (214-76), encontrándose un valor promedio de -- 3.82 atms (Tabla No. 2).

## CONCLUSIONES.

El análisis de calcio por el método Morgan alcanza resultados muy aproximados a los que se obtienen por el método volumétrico. Estos suelos son muy ricos en calcio y sus características no afectan los resultados del análisis.

El procedimiento de Morgan para la determinación de magnesio no es sensible a las altas concentraciones que existen en los suelos estudiados, por lo que se aprovecha solo en la determinación cualitativa del elemento. Puede decirse que los suelos presentan elevada concentración de este nutriente.

En estos suelos existe una real-deficiencia del nutriente fósforo y la reacción alcalina que presentan no interfiere en los resultados. El procedimiento Morgan puede usarse como prueba de carácter cualitativo.

El ensayo rápido de potasio puede utilizarse en trabajos que no requieren gran exactitud. Los suelos que se estudiaron están muy bien abastecidos de este nutrimento, como corresponde a suelos de zonas áridas.

El ensayo de nitratos por el método Morgan determina cantidades inferiores de este nutriente a las realmente presentes. El contenido de nitratos en los suelos analizados es alto.

Los resultados correspondientes al análisis Morgan para sulfatos no concuerdan con las cantidades presentes en los suelos estudiados. La prueba aplicada en estos suelos tiene carácter cualitativo. Las cantidades presentes de sulfatos son elevadas.

En general, las muestras obtenidas a mayor profundidad presentan mayor concentración de sales solubles.



Los suelos correspondientes a la región Las Colonias se caracterizan por su elevada concentración de sales solubles y sodio intercambiable, especialmente los sitios de muestreo Nos. 3 y 5, por consecuencia su presión osmótica es mayor. Estas condiciones afectan la estructura del suelo y el desarrollo de las plantas.

## B I B L I O G R A F I A.

ARTEAGA, R. F. BACA, C. G. 1965. Aplicación de las pruebas rápidas de Morgan para el análisis de soluciones nutritivas. Memorias del 2o. congreso de la sociedad mexicana de la ciencia del suelo. Tomo II pp. 142-155.

BERMEJO, M. F. 1958. Tratado de química analítica - cuantitativa. Compostela, España. 1 079 pp.

BRAMBILA, M. 1937. Descripción de algunos procedimientos agrológicos. Mimeografiado. México. pp. 43-51.

CETENAL, 1973. Carta topográfica, San Vicente, G-14 C-84. México.

GRANDE, L. R. 1974. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

IGNATIEFF, V. 1952. El uso eficaz de los fertilizantes. F. A. O. Estudios agropecuarios No. 9, 228 pp. Roma.

JACKSON, M. L. 1970. Análisis químicos de suelos, - trad. Beltrán, 2a. edición. Ed. Omega, España.

LUNT, 1950. The Morgan soil testing system, Conn. - agr. exp. sta. bul. 541.

NAVARRO, A. C. 1957. Métodos de análisis de suelos agrícolas y aguas para riego. Sobretiro de la revista Ingeniería Hidráulica en México, XI(4): 55-67.

ORTEGA, T. E. Pruebas químicas rápidas de suelos. - Bol. informativo y técnico, junio-julio, 1967. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo.

RICHARDS, L. A. 1962. Suelos salinos y sódicos. Manual de agricultura No. 60. Depto. de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Pub. INIA de la secretaria de agricultura y ganadería.

RZEDOWSKI, C. G. 1965. Vegetación del valle de San Luis Potosí. Tesis, México, D. F.