

32  
20j



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLAN"**

**EVALUACION DE LA RESERVA DE SALES  
EN LOS SUELOS SALINOS.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
PRESENTA:**

**Esperanza Vázquez Arceo.**

**DIRECTOR DE LA TESIS:**

**Dr. Manuel Ortega Escobar.**

**Cuautitlán Izcalli, Estado de México., 1984.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E .

	Pág.
I.- Introducción . . . . .	1
II.- Objetivos . . . . .	4
III.- Revisión de Literatura . . . . .	5
3.1. Origen de las sales . . . . .	5
3.1.1. Origen marino . . . . .	5
3.1.2. Origen eólico . . . . .	5
3.1.3. Origen biológico . . . . .	7
3.1.4. Teoría de la acumulación continental de sales . . . . .	8
3.2. Clasificación de los suelos salinos . . . . .	19
3.2.1. De acuerdo al quimismo de saliniza ción . . . . .	19
3.2.2. Considerando el grado de salinidad . . . . .	19
3.2.3. Por la profundidad de los Horizontes de mayor concentración . . . . .	29
3.2.4. Otras clasificaciones . . . . .	30
3.3. Evaluación de las Reservas de sales en los suelos . . . . .	40
IV.- Materiales y Métodos . . . . .	52
4.1. Suelos utilizados . . . . .	52
4.2. Descripción geográfica y climática de los sitios de muestreo . . . . .	64
4.3. Métodos utilizados para el análisis de los suelos . . . . .	64
V.- Resultados de la Relación Saturación y 1:5 . . . . .	71
5.1. Perfiles de sales de los sitios de muestreo . . . . .	71
5.1. Relaciones funcionales de las variables consideradas en Saturación y Relación 1:5 . . . . .	72

	Pág.
VI.- Análisis de los Resultados . . . . .	127
6.1. Comportamiento de las variables estudiadas en Saturación 1:0.2 y Relación 1:5 . . . . .	163
6.1.1. Residuo Seco . . . . .	163
6.1.2. Conductividad Eléctrica . . . . .	166
6.1.3. Valor del pH . . . . .	168
6.1.4. Cambios en Cationes y Aniones en las dos Relaciones Suelo-Agua . . . . .	168
6.1.5. Análisis sobre la evaluación de sales en el suelo . . . . .	176
VII.- Conclusiones . . . . .	179
VIII. Recomendaciones . . . . .	181
IX.- Bibliografía . . . . .	182

INDICE DE CUADROS.

CUADRO	Pág.
1.- Secuencia de extracción iónica durante la intemperización . . . . .	11
2.- Categorías de migración (movilidad) de los elementos. . . . .	12
3.- Acumulación de sales en aguas fráticas y suelos de diferentes zonas naturales. . . . .	18
4.- Contenido y composición de las sales en los suelos salinos de diferentes tipos de salinidad . . . . .	20
5.- Tipos de salinidad . . . . .	21
6.- Solubilidad de sales en el sistema NaCl - MgCl <sub>2</sub> - H <sub>2</sub> O en % por peso . . . . .	24
7.- Máxima solubilidad en agua de sales encontrados en los suelos a diferentes temperaturas (solución saturada) . . . . .	25
8.- Clasificación de suelos de acuerdo al % de sólidos totales . . . . .	31
9.- Clasificación basada en el contenido salino del extracto de saturación . . . . .	35
10.- Clasificación de el efecto sobre la germinación y desarrollo de varios cultivos en salinidad de tipo cloruros . . . . .	36
11.- Clasificación de acuerdo al % de sodio adsorbido . . . . .	37
12.- Clasificación americana de acuerdo PSI y su efecto sobre el rendimiento . . . . .	37
13.- Por ciento de sales en base a peso de suelo seco en suelos salinos de diferentes tipos de salinidad. . . . .	47
14.- Conductividad eléctrica debido a la solubilidad de las distintas sales . . . . .	48
15.- Composición mecánica de el suelo de Obrajuelo, Guanajuato . . . . .	57
16.- Composición mecánica del suelo de Montecillos Perfil No. 1 y 2 . . . . .	60

CUADRO	Pág.
17.- Composición mecánica de el Suelo de Monte-- rrey, Nuevo León. . . . .	62
18.- Contenido de humedad de las muestras en es- tado de secado al aire y en condiciones de saturación de los suelos sometidos a mejora miento con yesos . . . . .	66-70
19.- Contenido promedio de sales solubles en el suelo de Obrajuelo, Edo. de Gto. Perfil No. 1 determinado en extracto suelo-agua 1:5 . . . .	73
20.- Contenido promedio de sales solubles en el suelo de Obrajuelo, Edo. de Gto., Perfil - No.1 determinado en extracto suelo-agua -- 1:=0.2, 0.6 . . . . .	74
21.- Contenido promedio de sales solubles en el suelo de Obrajuelo, Edo. de Gto., Perfil - No. 2 determinado en extracto suelo-agua - 1:5 . . . . .	75
22.- Contenido promedio de sales solubles en el suelo de Obrajuelo, Edo. de Gto., perfil - No. 2 determinado en extracto suelo:agua - 1:=0.2, 0.6 . . . . .	76
23.- Contenido promedio de sales solubles en el suelo del predio de Montecillos, Edo. de - México, Perfil No. 1, determinado en extrac to suelo-agua 1:5 . . . . .	77
24.- Contenido promedio de sales solubles del - predio de Montecillos, Edo. de México, Per fil No. 1 determinado en extracto suelo-- agua 1:=0.2, 0.6 (Pasta de Saturación). . . . .	78
25.- Contenido promedio de sales solubles del - predio de Montecillos, Edo. de México, Per fil No. 2, determinado en el extracto suelo agua 1:5 . . . . .	79
26.- Contenido promedio de sales solubles del - predio de Montecillos, Edo. de México, Per fil No. 2, determinado en el extracto sue lo-agua 1:=0.2, 0.6 . . . . .	80
27.- Contenido promedio de sales solubles del - suelo de Monterrey, Edo. de Nuevo León, de terminado en el extracto suelo-agua 1:5 . . . .	81-82

CUADRO

Pág.

- 28.- Contenido promedio de sales solubles del suelo de Monterrey, Edo. de Nuevo León, determinado en el extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) . . . . . 83-84
- 29.- Contenido promedio de sales solubles del suelo de El Carmen, Edo. de Puebla, Perfil No. 1 determinado en extracto suelo-agua 1:5 . . . . . 85
- 30.- Contenido promedio de sales solubles del suelo de El Carmen, Edo. de Puebla, perfil No.1, determinado en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 - (pasta de saturación). . . . . 86
- 31.- Contenido promedio de sales solubles del suelo de El Carmen, Edo. de Puebla, Perfil No. 2, de terminado en el extracto suelo-agua 1:5 . . . . . 87
- 32.- Contenido promedio de sales solubles del suelo de El Carmen, Edo. de Puebla, perfil No. 2. - determinado en el extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6, (pasta de saturación). . . . . 88
- 33.- Contenido promedio de sales solubles en el suelo en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) después de aplicar una lámina neta de 28.74 cm. (0.00 Π) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego. . . . . 95
- 34.- Contenido promedio de sales en el suelo en el extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) después de aplicar una lámina neta de 48.40 cm. (0.50 Π) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego . . . . . 96
- 35.- Contenido promedio de sales solubles en el -- suelo en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) después de aplicar una lámina neta de 61.93 cm (0.75 Π) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego. . . . . 97
- 36.- Contenido promedio de sales solubles en el -- suelo en extracto suelo-agua 1:0.2, 0.6 después de aplicar una lámina neta de 72.84 cm. (1.00 Π) con yeso jalisco solubilizado en -- agua de riego. . . . . 98
- 37.- Contenido promedio de sales solubles en el -- suelo en el extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6, (pasta de saturación) después de aplicar una lámina neta de 76.19 cm. (1.25 Π) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego . . . . . 99

- 38.- Contenido promedio de sales solubles en el -  
suelo en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 --  
(pasta de saturación) después de aplicar una  
lámina neta de 27.65 m. (0.00 ft) con yeso ja  
lisco incorporado al suelo . . . . . 105
- 39.- Contenido promedio de sales solubles en el -  
suelo en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 --  
(pasta de saturación) después de aplicar una  
lámina neta de 45.95 cm (0.50 ft) con yeso ja  
lisco incorporado al suelo . . . . . 106
- 40.- Contenido promedio de sales solubles en extrac  
to suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de satura--  
ción después de aplicar una lámina neta de -  
57.48 cm (0.75 ft) con yeso jalisco incorpora  
do al suelo . . . . . 107
- 41.- Contenido promedio de sales solubles en el -  
suelo en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6, -  
(pasta de saturación) después de aplicar una  
lámina neta de 67.32 cm (1.00 ft) con yeso -  
jalisco incorporado al suelo . . . . . 108
- 42.- Contenido promedio de sales solubles en el -  
extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de --  
saturación) después de aplicar una lámina ne  
ta de 78.03 cm. (1.25 ft) con yeso jalisco in  
corporado al suelo. . . . . 109
- 43.- Contenido promedio de sales solubles en sue  
lo determinado en extracto suelo-agua 1:=0.2  
0.6 (pasta de saturación) después de aplicar  
una lámina neta de 29.28 cm (0.00 ft) en suelo  
sin yeso . . . . . 115
- 44.- Contenido promedio de sales solubles en el -  
suelo determinado en extracto suelo-agua --  
1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) después de  
aplicar agua de riego con yeso correspondien  
te a una lámina neta de 26.45 cm (0.00 ft) --  
en suelo tratado con yeso jalisco. . . . . 116
- 45.- Contenido de sales solubles en el suelo, de-  
terminado en el extracto suelo-agua 1:=0.2,  
0.6 (pasta de saturación) después de aplicar  
agua destilada sin yeso correspondiente a -  
una lámina neta de 26.86 cm (0.00 ft) con -  
yeso jalisco incorporado al suelo . . . . . 117



CUADRO

Pág.

46.-	Contenido de sales solubles en el suelo, de terminado en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) después de aplicar agua destilada con yeso jalisco correspondiente a una lámina neta de 25.67 cm (0.00ft) en suelo sin yeso . . . . .	118
47.-	Contenido de sales solubles en el suelo, de terminado en el extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) después de aplicar agua destilada con yeso correspondiente a una lámina neta de 22.67 cm (0.00 ft) en suelo - tratado con yeso jalisco. . . . .	119
48.-	Contenido de sales solubles en el suelo, de terminado en extracto suelo-agua 1:=0.2, 0.6 (pasta de saturación) después de aplicar agua destilada sin yeso correspondiente a una lámina neta de 23.87 cm (0.00 ft) en suelo sin yeso (testigo). . . . .	120
49.-	Parámetros Estadísticos de las regresiones - obtenidas de los datos de relaciones suelo-- agua (1:=0.2, 0.6 y 1:5) para las variables - RS, CE, pH, Ca, Mg, Na, K, CO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> , Cl y - SO <sub>4</sub> . . . . .	128

## INDICE DE FIGURAS

Fig.	Pág.
1.- Localización geográfica de los sitios de muestreo en la República Mexicana. . . . .	54
2.- Ubicación del punto de muestreo en la zona de - Obrajuelo, Estado de Guanajuato. . . . .	55
3.- Localización geográfica de el sitio muestreado - en el predio de Montecillos, C.P., Estado de -- México. . . . .	58
4.- Ubicación del sitio de muestreo de Monterrey, - Estado de Nuevo León. . . . .	61
5.- Localización geográfica de los puntos de muestreo El Carmen, Estado de Puebla . . . . .	63
6.- Perfil No. 1 de sales solubles del suelo de Obrajuelo, Edo. de Guanajuato. Expresado en relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación . . . . .	89
7.- Perfil No. 2 de sales solubles del suelo de Obrajuelo, Edo. de Gto. Expresado en la relación Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación . . . . .	90
8.- Perfil No. 1 de sales solubles del suelo de Montecillos, Edo. de México. Expresado en relación -- Suelo-Agua 1:5 y Pasta de saturación . . . . .	91
9.- Perfil No. 2 de sales solubles del suelo de Montecillos, Edo. de México. Expresado en relación -- Suelo-Agua 1:5 y Pasta de Saturación. . . . .	92
10.- Perfil de sales solubles de suelos de Nuevo León - Expresados en relaciones Suelo-Agua 1:5 y Pasta de Saturación . . . . .	93
11.- Perfil No 1 y 2 de sales solubles de suelos de El Carmen, Edo. de Puebla. Expresados en relaciones Suelo-Agua 1:5 y Pasta de Saturación. . . . .	94
12.- Perfiles promedio de sales solubles expresados en relación Suelo-Agua 1:5 y Pasta de Saturación después de aplicar una lámina neta de 28.74 cm (0.00 ft) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego . . . . .	100

Fig.	Pág.
13.- Perfiles promedio de sales solubles expresadas en diferentes relaciones Suelo-Agua 1:5 y Pasta de Saturación, después de haber aplicado una lámina neta de 48.40 cm (0.50 ft) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego . . . . .	101
14.- Perfiles promedio de sales solubles expresado en relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación despues de haber aplicado una lámina neta de 61.93 cm (0.75 ft) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego . . . . .	102
15.- Perfiles promedio de sales solubles éxpresado - en diferentes relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado una lámina neta de 72.84 cm (1.00 ft) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego. . . . .	103
16.- Perfiles promedio de sales solubles expresado - en diferentes relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado una lámina neta de 76.19 cm (1.25 ft) con yeso jalisco solubilizado en agua de riego. . . . .	104
17.- Perfiles promedio de sales solubles expresado - en diferentes relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 27.65 cm (0.00 ft) con yeso jalisco incorporado al suelo . . . . .	110
18.- Perfiles promedio de sales solubles expresado - en diferentes relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 45.95 cm (0.50 ft) con yeso jalisco incorporado al suelo . . . . .	111
19.- Perfiles promedio de sales solubles expresado en diferentes relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 57.48 cm (0.75 ft) con yeso jalisco incorporado al suelo . . . . .	112
20.- Perfiles promedio de sales solubles expresado - en diferentes relaciones Suelo-Agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 67.32 cm. (1.00 ft) con yeso jalisco incorporado al suelo . . . . .	113

Fig.	Pág.	
21.-	Perfiles promedio de sales solubles expresado en relaciones Suelo-Agua, 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 78.03 cm (1.25 ft) con yeso jalisco incorporado al suelo. . . . .	114
22.-	Perfil de sales solubles del suelo sódico, - después de aplicar agua de riego sin yeso correspondiente a una lámina neta de 29.28 cm. (0.00 ft) en suelo sin yeso (testigo). Expresado en relación suelo-agua 1:5 y pasta de saturación . . . . .	121
23.-	Perfil de sales solubles del suelo después - de aplicar agua de riego con yeso correspondiente a una lámina neta de 26.45 cm (0.00 ft) en suelo tratado con yeso expresado en relaciones suelo-agua 1:5 y pasta de saturación . . . . .	122
24.-	Perfil de sales solubles, después de aplicar una lámina neta de 26.86 cm . (0.00 ft) utilizando agua destilada sin yeso en el suelo con yeso expresado en relación suelo-agua - 1:5 y pasta de saturación. . . . .	123
25.-	Perfil de sales solubles del suelo sódico - después de aplicar una lámina neta de 25.67 cm. utilizando agua destilada con yeso en el suelo sin yeso. Expresado en relación - suelo-agua 1:5 y pasta de saturación. . . . .	124
26.-	Perfil de sales solubles del suelo, después de aplicar agua destilada con yeso correspondiente a una lámina neta de 22.67 cm. - (0.00 ft) en suelo tratado con yeso. Expresado en relación suelo-agua y pasta de saturación . . . . .	125
27.-	Perfil de sales solubles del suelo sódico - después de aplicar una lámina neta de 23.87 cm. (0.00 ft) utilizando agua destilada sin yeso. Expresado en relación suelo-agua - 1:5 y pasta de saturación . . . . .	126
28.-	Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de residuo seco en pasta de saturación y relación 1:5, correspondiente a los datos del experimento de mejoramiento. . . . .	129

Fig.	Pág.
29.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de C.E., en pasta de saturación y relación 1:5, correspondiente a los datos del experimento de mejoramiento. . . . .	130
30.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de los datos de pH en pasta de saturación 1:5 correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento. . . . .	131
31.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de los datos de calcio correspondiente a los datos del experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	132
32.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de los datos de magnesio correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	133
33.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de los datos de sodio, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	134
34.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de los datos de potasio, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	135
35.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión, de los datos de carbonatos, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	136
36.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de bicarbonatos, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	137
37.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de cloruros, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	138
38.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de sulfatos, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	139

Fig.	Pág.
39.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de residuo seco, correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5 . . . . .	140
40.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de C.E., correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	141
41.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de pH, correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	142
42.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de calcio, correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	143
43.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Magnesio, correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	144
44.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de sodio, correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	145
45.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de potasio, correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	146
46.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de carbonatos, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	147
47.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de bicarbonatos, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	148

Fig.	Pág.
48.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de cloruros, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	149
49.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de sulfatos, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	150
50.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de residuo seco, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	151
51.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de C.E., correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	152
52.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de pH, correspondientes a los datos totales en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	153
53.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de calcio, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	154
54.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de magnesio, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	155
55.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de sodio, correspondientes a los datos totales en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	156
56.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de potasio, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	157
57.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de carbonatos, correspondientes a los datos totales en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	158

Fig.	Pág.
58.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de bicarbonatos, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	159
59.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de cloruros, correspondientes a los datos totales en pasta de saturación y 1:5 . . . . .	160
60.- Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos sulfatos, correspondientes a los datos totales en pasta de saturación -- 1:5 . . . . .	161



## I. INTRODUCCION

La presencia de sales en cantidades tóxicas para los cultivos se presenta en las áreas donde la evaporación excede a la precipitación, esta condición se observa en las zonas áridas y semiáridas.

A nivel mundial éstas ocupan extensas superficies que por diferentes condiciones de intemperización, tanto geoquímica como bio geoquímica, son improductivas o en vías de serlo por el proceso de acumulación de sales; esta acumulación tiene diferentes causas o factores causales como son:

- a). Ciclos continentales,
- b). Ciclos deltaicos,
- c). Ciclos artesianos,
- d). Ciclos Antropogénicos.

En México se estima que la superficie con problemas de sales en los distritos de riego corresponde a 40% de su superficie, sin embargo esta cifra corresponde a una estimación aproximada de las áreas de riego sin considerar los suelos que son de temporal o con riego de auxilio, por lo que el problema es importante para ser tomado en cuenta.

Un factor que es necesario considerar en suelos con problemas de sales y/o sodio es la evaluación de las sales; existen varios métodos para realizar esta evaluación como son los siguientes: conductividad eléctrica, residuo seco, cuantificación química y algunos otros que estiman la salinidad del suelo, sin embargo cada uno de ellos parte de principios básicos y es aceptable para el propósito o fin del estudio.

Generalmente la estimación de las sales solubles de un suelo se realiza utilizando los extractos obtenidos en diferentes relaciones suelo-agua. En los Estados Unidos de Norte América y otros países, incluyendo a México, en donde ha tenido influencia la Escuela de Riverside, Calif. U.S.A. para evaluar las reservas de sales se utiliza la conductividad eléctrica, medida en el extracto de saturación, que corresponde a una relación suelo-agua 1:0.2-0.6. Sin embargo en la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas la relación suelo-agua que se utiliza para evaluar las reservas de sales es 1:5.

Aunque en principio, la evaluación de las sales en los suelos puede realizarse en diferentes relaciones suelo-agua, las relaciones más usadas son 1:0.2 - 0.6 y 1:5 sobre estas relaciones es necesario señalar que, cada relación suelo-agua que puede ser usada en un momento determinado, de acuerdo con el problema de estudio, presenta ventajas y desventajas, por eso, es necesario estudiar los procesos que se llevan a cabo, o se efectúan, cuando las reservas se analizan con una u otra relación, que permitan conocer los fac-

tores que tienen influencia en la determinación. La utilidad de evaluar las reservas de sales en las relaciones suelo-agua 1: 0.2 - 0.6 y 1:5 radica en que para algunos suelos o fines de los estudios se adapta mejor una relación que otra, por lo que es necesario, conocer las relaciones funcionales entre ellas.

## II. OBJETIVOS

- 2.1. Comparar la evaluación de sales en relación suelo-agua 1:5 y 1:2 0.2 - 0.6 (saturación).
- 2.2. Estudiar los cambios iónicos que ocurren en cada relación.
- 2.3. Establecer las relaciones funcionales entre los dos métodos de determinación.
- 2.4. Mostrar las ventajas y desventajas de cada método de acuerdo al objetivo del estudio y propiedades de los suelos analizados.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Origen de las sales

Sobre el origen de las sales se han presentado diferentes hipótesis para tratar de explicarlo. Cervantes, 1982, reúne diversas hipótesis expuestas por diferentes autores para explicar el origen de las sales y son: el origen marino, eólico, biológico, y la teoría de acumulación continental de las sales.

##### a). Origen marino

La acumulación de sales en los continentes se debe a la deposición de las aguas que estaban salinizadas en el agua de mar y que se han precipitado en el fondo durante la evaporación de mares y golfos. James, 1982, considera este tipo de salinización como depósito secundario, donde grandes porciones de la tierra fueron cubiertas por mares que después se elevaron y sirven como material parental a extensas áreas de regiones áridas.

##### b). Origen eólico

Se considera como una forma de depositación de sales secundaria de los desiertos, que va de los mares a los continentes y su acumulación es por sequía.

Nemeryuk, en 1966 señala que de acuerdo a los distintos puntos de vista prevalecientes, las sales son llevadas desde el océano ( $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) en la atmósfera por atomización y no por evaporación de aguas de mar. Siendo los iones carbonato transportados principalmente por este medio que es influenciado por los iones amonio, además de la mezcla de otras sales (carbonatos solubles y sulfatos).

Las partículas en forma de polvo pueden tener un tamaño del orden de  $10^{-8}$  cm. siendo fácilmente dispersadas y transportadas por masas de aire a grandes distancias. Al mismo tiempo pueden ocurrir cambios locales a través de la influencia del polvo (actividad industrial y procesos fisicoquímicos como coagulación y condensación).

Aceves, 1979 en la revisión bibliográfica que realizó confirma lo dicho anteriormente y agrega que este polvo conjuntamente con cristales de hierro forman un aerosol estable que sirve como núcleo de condensación para la formación de gotas de lluvia. Hay cambios en la salinidad total de la atmósfera en tiempo y espacio que provocarán cambios en la composición salina, la relación  $\text{Cl}/\text{Na}$  disminuye con el aumento de la distancia a partir de la costa aumentando el contenido de calcio y sulfatos.

Slaynyi 1977, manifiesta que solo se pueden dar conclusiones tentativas en lo que respecta a la salinización eólica, esto es debido a la carencia casi completa de datos cuantitativos en el abastecimiento de sales al suelo desde la atmósfera (originado por las dificultades de muestreo).

Sin embargo se han hecho algunas demostraciones en el mar Caspio y Negro además de otras observaciones y se puede afirmar que el traslado de las sales de la superficie marina por el viento juega un papel importante en la salinización de las áreas contiguas a los lagos marinos.

La presente composición de sales de los océanos es el resultado del constante influjo de sulfatos y carbonatos de Na, Ca, Mg, y K, de la formación de cloruros de esos elementos y de la destrucción biológica de las sales de amonio predominantes en tiempos pasados en los océanos acompañados por la acumulación de N de la atmósfera (Kovda, 1973). Este autor afirma que las sales transportadas por viento y polvo son uno de los principales elementos que contribuyen a la acumulación de sales de la tierra.

De acuerdo a varios científicos ésta acumulación de sales con diferente composición química esta entre 20 y 500  $\text{Kg.ha}^{-1}$ .

### c). Origen biológico

Janitzky, 1964, expone que en estudios de laboratorio y campo se ha sostenido la conclusión de que los carbonatos y bicarbonatos se pueden acumular en los suelos afectados por salinidad, por procesos de reducción microbiológica.

Se ha comprobado en experimentos de incubación que los sulfatos alcalinos se transforman a carbonatos alcalinos en el suelo si

las condiciones anaeróbicas y suficiente materia orgánica se proveen para la actividad microbiana.

Se puede decir también que las plantas hallophitas pueden contribuir a la acumulación de sales, que las lleva a la superficie depositándose cuando los tejidos de estas plantas se descomponen.

Gedroitz, 1912 escribió que muchas investigaciones indican que en algunos lugares la soda se ha originado por reacciones entre  $\text{CO}_2$  y  $\text{CaCO}_3$ , con sulfato de sodio. Adicionalmente se ha demostrado por Del Valle 1983, que la soda se origina debido a la reducción de sulfatos en condiciones de anaerobiosis.

Sin embargo cuando la soda se origina de sulfatos de sodio, el sulfuro de hidrógeno también se forma, esto nos sirve para descubrir si la soda se origina en esta forma.

#### d). Teoría de acumulación continental de sales

Esta teoría es ampliamente aceptada y consiste en que una gran cantidad de acumulaciones salinas de los desiertos y semidesiertos es el resultado de un acarreo de sales que se han liberado durante los procesos de intemperización hacia las diferentes depresiones.

Rabochev 1964, dice al respecto que la mineralización de los suelos y de las aguas depende de la naturaleza de la zona en la cual se hallan y que está determinada por la redistribución de la masa sali-



na en las rocas formadoras del subsuelo y agua superficial.

Es decir que el exceso de sales se acumula en áreas que reciben drenaje superficial ó subsuperficial de las zonas de evaporación que permitirá el transporte de sales en el suelo.

Aceves, 1979, considera que este origen es de los más importantes, en donde los minerales primarios de los suelos y de las rocas de las costras terrestres son liberadas mediante procesos geoquímicos y biogeoquímicos dando lugar a nuevas combinaciones que serán más fácilmente atacados por la intemperización química (hidrólisis hidratación, oxidación, reducción, carbonatación y solución).

Kovda 1973, agrega que los enlaces entre los elementos químicos son rotos, esto a su vez, trae como consecuencia que se formen nuevas combinaciones, entre las cuales pueden estar los minerales arcillosos secundarios o varias clases de óxidos, o de simples compuestos, además de formar sales simples.

La composición química de estas soluciones salinas por lavado depende en una gran medida de la composición que se tenga en las rocas.

Kovda, 1968, agrega que las aguas que fluyen a través de rocas ácidas magmáticas son las menos mineralizadas y contienen principalmente carbonatos, cloruros, silicatos y sulfatos de álcali.

Las aguas que fluyen a través de rocas magmáticas alcalinas, son altamente mineralizadas y contienen principalmente carbonatos de Mg y Ca, algo de Fe, y sus sulfatos y silicatos.

La geoquímica de las sales en la superficie del planeta de acuerdo con A.E. Fersman esta basada en la solubilización y extracción de iones de los minerales durante el proceso de intemperismo con una posterior depositación y acumulación de estos en determinadas condiciones físico-geográficas.

A.E. Fersman relaciona la secuencia de extracción de iones, la rapidez de su migración y capacidad de algunos de los iones en acumularse en depresiones sin drenaje intracontinentales en forma de masas salinas con los valores de:

- a). Los coeficientes energéticos de los iones C.E.I.
- b). De los radios iónicos y
- c). De valencia y dureza (rigidez) de la malla cristalina de los compuestos.

La movilidad de los compuestos que se forman, acumulación de estos en forma de sales es mayor entre menor sea el coeficiente energético de los iones y sales, su radio iónico y su valencia. Ver cuadro No. 1

De aquí se deriva que los cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos de los metales alcalinos y hasta algún grado de los metales alcalinotérreos deben ser las sales fundamentales que se forman en la

corteza terrestre y que salinizan las regiones sin escurrimiento.

Los procesos de acumulación y precipitación de sales ocurre en un orden inverso, es decir, más tiempo en comparación con otros iones, en la solución se quedan los iones con un coeficiente energético menor, es decir, fundamentalmente cationes, univalentes y ca tiones divalentes y aniones univalentes.

CUADRO No. 1 SECUENCIA DE EXTRACCION IONICA DURANTE LA INTEMPE-  
RIZACION.

Secuencia de iones extracción.	CEI	Iones	CEI	Iones	CEI	Iones	CEI
Cl	0.23	Na	0.45	SiO <sub>3</sub>	2.75	Fe	5.15
NO <sub>3</sub>	0.18	K	0.36			Al	4.25
SO <sub>4</sub>	0.66	Ca	1.75				
CO <sub>3</sub>	0.78	Mg	2.10				

Polinov y Kovda (1980). dividieron los elementos que forman los suelos salinos de acuerdo con su movilidad durante los procesos del intemperismo y diferenciación de las sales de la siguiente manera: Ver cuadro No. 2

CUADRO No. 2 CATEGORIAS DE MIGRACION (MOVILIDAD) DE LOS ELEMENTOS

Categorías	Elementos
1. Virtualmente no lavables	Si de cuarzo
2. Ligeramente lavables	Fe, Al, Si.
3. Lavables	Si, P, Mn.
4. Altamente lavables	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn.
5. Muy altamente lavables	Cl, Br, I, S, C, B.

La participación absoluta y relativa en la formación de los sue los salinos y aguas naturales se expresará de una manera muy intensa entre mayor sea el índice de migración de estos elementos. Los elementos de las series de migración cuarta y quinta formarán los compuestos más importantes que participan en las acumulaciones actuales  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$ . En las depresiones intracontinentales, en los lagos sin escurrimiento, de las regiones de clima seco, en los deltas de los litorales marinos y en los océanos deben acumularse en un mayor grado precisamente estos compuestos, que se han formado con los elementos de la serie cuarta y quinta y que son los más fácilmente lavables durante el intemperis mo. Esta regularidad de distribución y acumulación de sales conserva su significado para el macro y microrelieve de la superficie del planeta.

d). Existen otras clasificaciones de las sales en cuanto a su origen, las cuales se mencionan a continuación, de acuerdo con Tiulpanov y Polupan 1971, citado por ( 40 ).

#### 1. Origen primario

- i). Las de origen marino u oceánico determinado por la influencia del mar en la roca madre y el suelo.
- ii). Continental. Estas sales son originadas debido a la meteorización de las rocas y su acumulación de sales al lugar donde se descargan las aguas subterráneas y superficiales.
- iii). Eólicas. Están relacionadas con el traslado del viento y son de origen marino o continental.
- iv). Profundas. Esto ocurre cuando el manto freático está mineralizado y afecta los suelos.

2. Origen secundario. La acumulación de sales debido al mal manejo del riego y a la utilización de aguas de mala calidad se llama "salinización secundaria". También la acumulación de sales se debe a un drenaje natural deficiente de las zonas bajo riego.

También se ha dicho (Kovda, 1973), que la actividad volcánica, tiene resultados de salinización de los suelos, ya que debido a esto, ascienden a la superficie sales fácilmente solubles de origen magmático, y aún en la actualidad, se obtienen cantidades considerables de compuestos de cloruros, sulfatos y boro.

Se observa así de esta manera, el papel importante que juegan las sales en los suelos, principalmente en zonas áridas y semiáridas, donde se conjugan diversos factores como clima seco mayor evaporación y baja precipitación.

Es por esto que en la formación de los suelos salinos, geografía y geoquímica, se pueden distinguir los siguientes ciclos de acumulación de sales:

1. Ciclos continentales. Están relacionados con el movimiento y acumulación de sales de los ácidos carbónico clorhídrico y sulfúrico en las regiones interiores sin drenaje de los continentes.

Y en función de que si las acumulaciones de sales que se presentan en los suelos y aguas son productos del intemperismo y del proceso formador de suelos en las regiones que se han formado de rocas efusivas o éstas están relacionadas con la distribución de sales que anteriormente se han acumulado en los espesores de las rocas sedimentarias, estos ciclos se dividen en: ciclos primarios y ciclos secundarios, por ejemplo: casos de ciclos primarios son los del Cáucaso, Manchuria, Mongolia, Cuencas endorréicas del Valle de México y de Tepeyehualco, y casos de ciclos secundarios de acumulación son: Fergana, Sintzian, Irán y algunas zonas de Chile.

2. Ciclos marinos. Conectados con la acumulación de sales marinas principalmente NaCl, que limitan con el mar o pequeños gol-

3. Ciclos deltálicos. Se caracterizan por una conjugación de procesos, movimiento, redistribución y acumulación de sales que son traídas desde los continentes con los ríos o aguas freáticas que ingresan en diferentes tiempos de los mares. Como un caso de singular importancia se debe mencionar el Valle de Mexicali, Méx.

4. Ciclos artesianos. Debido a la evaporación de aguas subterráneas.

5. Ciclos antropogénicos. Debido a los errores del hombre por desconocer las leyes de acumulación de sales.

Haciendo un resumen global de los procesos que dan origen a las sales Kovda 1980 concluye lo siguiente:

1. Las fuentes iniciales de sales en la capa Intempérica son:
  - a). Las expulsiones gaseosas volcánicas y plutónicas de lava, fumarolas y magma y los productos de sus transformaciones.
  - b). Sales y gases que se han solubilizado en fuentes termales.
  - c). Los productos de oxidación de algunos elementos de la atmósfera y algunos de sus gases.
  - d). Los productos solubles, derivados de los procesos de intemperización de las rocas magmáticas.

2. Los productos gaseosos que se expelen durante estos procesos son:

a). Como elementos (S, Cl) que se oxidan y se solubilizan en el agua posteriormente.

b). Como óxidos ( $SO_2$ , CO,  $CO_2$ ,  $B_2O_3$ ) que se solubilizan en el agua transformándose con esto en ácidos que reaccionan con las rocas de la corteza uniéndose durante este proceso con diferentes cationes.

c). Como ácidos (HCl,  $H_2S$ ,  $H_2BO_3$ ).

d). Como sales sencillas (NaCl,  $NH_4Cl$ ).

3. La atmósfera es la fuente primaria para las sales del ácido nítrico, del ácido nitroso y del ácido carbónico.

4. Los procesos del Intemperismo de las diferentes rocas son la fuente actual más importante de los diferentes elementos que forman las sales, carbonatos, sulfatos, cloruros ó boratos.

Los procesos de reciclaje de sales entre el océano y los continentes son una fuente adicional de sales en los continentes.

5. Una fuente considerable en la formación de soda son las reacciones de intercambio químicas y biogeoquímicas durante el pro



ceso formador de suelos y en los lagos.

6. Una condición de la formación de las acumulaciones salinas y desarrollo de suelos salinos es la conjugación prolongada en tiempos geológicos de la afluencia de sales a regiones sin escurrimiento y aridez del clima.

Es así, de tal manera que, los suelos salinos aparecen como resultado de procesos naturales, así como también, derivado de la utilización incorrecta de método de explotación agrícola emprendida por el hombre. Por eso, es necesario diferenciar a los suelos salinos en suelos salinos naturales, o sea primarios, y suelos salinos secundarios, estos últimos formados como resultados de un mal manejo del régimen salino de los suelos (Kovda, Egorov 1968).

Sin embargo, debe mencionarse que la intensidad de los procesos de distribución de sales y acumulación de éstas en los suelos es determinada por las condiciones climáticas, cantidad de las precipitaciones y evaporación potencial, así como, de las propiedades de filtración de las rocas madres formadoras de los suelos y solubilidad de las sales. Se ha demostrado mediante el estudio de los suelos salinos de diferentes regiones climatológicas, que la distribución de sales en el planeta y en las cuencas endorréicas claramente se manifiesta una clara zonalidad (Antipov-Karataev 1953).

Generalmente la más alta concentración de sales en los suelos y las aguas freáticas se observa en la zona de los desiertos y la más

baja concentración en los suelos de las estepas y boscoso-esteparia.

Desde el punto de vista cualitativo de las sales de acuerdo con diferentes zonas naturales se ha establecido también una regularidad relacionada con las particularidades del clima, y que a su vez condicionan los aspectos específicos de los procesos geoquímicos y biogeoquímicos. Cuadro No. 3

CUADRO No. 3 ACUMULACION DE SALES EN AGUAS FREATICAS Y SUELOS EN DIFERENTES ZONAS NATURALES (KOVDA, 1980)

Zona	Máxima concentración de las aguas freáticas g.l <sup>-1</sup> .			máxima cantidad de sales en los horizontes sup. %	sales características en los suelos salinos.
	ríos	aguas freáticas	lagos salinos		
Desiertos	20-90	200-220	350-450	15.0 - 25.0	NaCl NaNO <sub>3</sub> MgCl <sub>2</sub> MgSO <sub>4</sub>
Estepa de sértica.	10-30	100-150	300-350	5.0 - 8.0	NaCl Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> CaSO <sub>4</sub> MgSO <sub>4</sub>
Estepa	3-7	50-100	100-250	2.0 - 3.0	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Estepa boscosa	0.5 1.0	1.0-3.0	0.5-1.0	0.5 - 1.0	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaSiO <sub>3</sub>

En las regiones boscoso-esteparias y esteparias, donde se tienen bajas concentraciones de sales totales, en suelos y aguas freáticas, en la composición de las sales predominan los carbonatos y bicarbonatos de sodio, también se encuentran sulfatos, que condicionan los tipos de salinización de los suelos sódicos y sódico-sulfático. Una relativa acumulación de soda en estas zonas también está relacionada con una menor solubilidad de ésta con respecto a los sulfatos y cloruros de sodio. En las regiones semidesérticas y desérticas las condiciones son favorables para la formación de los sulfatos y cloruros de sodio, yeso y nitratos, en algunos casos también es posible la formación de soda y formación de suelos con un determinado tipo de salinidad sódica. De tal manera, que en general se pueden establecer, provincias de acumulación de sales claramente diferenciadas (Kovda 1980).

### 3.2. Clasificación de los suelos salinos

La acumulación de sales específicas en cada zona ha servido de base para clasificar a los suelos salinos considerando sus composiciones cualitativas. Actualmente se conocen muchas clasificaciones de suelos salinos que toman en cuenta las composiciones aniónicas y catiónicas de las soluciones extraídas de los suelos (Bazilebich y Pankova 1968). Sin embargo, como principio, y aunque existen subdivisiones en cada tipo de salinidad, se conservan las siguientes denominaciones de los tipos de suelos salinos, de acuerdo con las relaciones aniónicas, estas son: sódica, sulfático-sódica, clorhídrico-sulfática, sulfático-clorhídrica y clorhídrica Cuadros. No. 4 y 5

CUADRO 4 . CONTENIDO Y COMPOSICION DE LAS SALES EN LOS SUELOS SALINOS DE DIFERENTES TIPOS DE SALINIDAD.

GRUPO DE SUELOS	TIPOS DE SALINIDAD											
	CLORHIDRICO Y SULFATICO-CLORHIDRICA				SULFATICA Y CLORHIDRICO-SULFATICA				SODICA Y SODICO-MIXTA			
	CONTENIDO DE SALES (EN % CON RESPECTO A PESO DE SUELO SECO)											
	Residuo Seco	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Residuo Seco	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Residuo Seco	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
No Salinos	<0.3	<0.01	-	-	>0.3	<0.01	0.10	-	0.1	0.01	0.02	0.06
Débilmente Salinos	0.3-0.5	0.01-0.05	-	-	0.3-1.0	0.01	0.10-0.40	-	0.1-0.3	0.01	0.05-0.10	0.1-0.2
Medianamente Salinos	0.5-1.0	0.05-0.10	-	-	1.0-2.0	0.05	0.40-0.60	-	0.3-0.5	0.01	0.2	0.2-0.3
Fuertemente Salinos	1.0-2.0	0.1-0.2	-	-	2.0-3.0	0.10	0.60-0.80	-	0.5-0.7	0.02	0.2	0.3-0.4
Muy fuertemente Salinos	>2.0	>0.2	-	-	>3.0	-	>0.80	-	0.7-1.0	0.02	0.2	0.4

CUADRO 5 . TIPOS DE SALINIDAD.

DE ACUERDO A LOS ANIONES MEQ				DE ACUERDO A LOS CATIONES MEQ			
TIPO DE SALINIDAD	$\frac{Cl}{SO_4}$	$\frac{SO_4}{Cl}$	$\frac{HCO_3}{Cl+SO_4}$	TIPO DE SALINIDAD	$\frac{Na+K}{Ca+Mg}$	$\frac{Ca+Mg}{Na+K}$	$\frac{Mg}{Ca}$
Clorhídrica	2	0.5	-	Sódica	> 2	< 0.5	-
Sulfático-Clorhídrica	1-2	0.5-1.0	-	Magnésico-sódica	1-2	0.5-1.0	> 1
Clorhídrica-sulfática	0.2-1.0	1.0-5.0	-	Calcico-sódica	1-2	0.5-1.0	< 1
Sulfática	< 0.2	> 5.0	-	Calcico-Magnésica	< 1	> 1	> 1
Carbonático-sulfática	< 0.2	> 5.0	1	Magnésico-cálcica	< 1	> 1	< 1
Sulfático-sódica	-	-	2	Sódica	< 2	-	-

A través de los tiempos se han hecho distintas clasificaciones con diferentes parámetros para evaluar las sales tanto cuantitativamente como cualitativamente en los suelos salinos.

A continuación se mencionan clasificaciones que se han publicado y las bases que los sustentan.

Bazilevich y Pankova 1968; proponen tres criterios para la clasificación de suelos salinos y son:

3.2.1. De acuerdo con el quimismo de la salinización

3.2.2. Considerando el grado de salinidad y

3.2.3. Por la profundidad de los horizontes de mayor concentración.

3.2.1. De acuerdo con el quimismo de la salinización.

El quimismo de los procesos de la salinización está determinado principalmente por la composición catiónica y aniónica. En las denominaciones de los tipos de suelos salinos generalmente se utilizan las relaciones aniónicas, aunque en algunas ocasiones también se usan las relaciones catiónicas.

3.2.2. Grado de salinidad de los suelos

En las diferentes clasificaciones que se han propuesto algunos autores utilizan el valor del residuo seco y otros conjuntamente con

este también determinan el contenido de los principales aniones  $\text{SO}_4^{--}$  y  $\text{Cl}^-$  para el caso de salinización neutra y  $\text{CO}_3^{--}$ ;  $\text{HCO}_3^-$  para salinización sódica. Esta clasificación toma en cuenta también lo referente a la química de salinización.

Aunque los valores del residuo seco y calcinado además de considerar las relaciones aniónicas sirven fundamentalmente para caracterizar desde un punto de vista geoquímico a los suelos salinos y determinar los procesos de su génesis, también estos parámetros se han utilizado con éxito para clasificar a los suelos salinos que se incorporan a la agricultura. A este respecto se han derivado tablas del contenido de sales máximos permisibles, conjuntamente con sus relaciones aniónicas, para la explotación agrícola de determinados cultivos. Estos contenidos máximos de sales se han denominado "umbrales tóxicos" y que por esto se comprenden diferentes valores "máximos" que abaten la productividad agrícola en diferentes porcentajes, Maas, 1977.

La toxicidad de las sales depende de su solubilidad, Kovda, 1973, indica que es importante tomar en cuenta las diferencias de solubilidad de sales para los procesos de salinización de los suelos.

Pizarro, 1978, apunta que la solubilidad es una propiedad nociva ya que a una mayor solubilidad se tendrán soluciones salinas más concentradas, la solubilidad se ve afectada por la temperatura, condición que se debe tomar en cuenta cuando se tengan que realizar me

didas de mejoramiento utilizando los lavados de suelos.

En el siguiente cuadro se menciona la solubilidad de las sales a diferentes temperaturas. Ver cuadro No. 6

Cuando las soluciones son complejas la solubilidad de la mayoría de las sales cambia.

Por ejemplo la existencia en una solución de grandes cantidades de  $MgCl_2$  provoca una disminución en la solubilidad y causa precipitación, como se observa en el siguiente cuadro No. 7

CUADRO No. 7 SOLUBILIDAD DE SALES EN EL SISTEMA  $NaCl-MgCl_2-H_2O$  en % POR PESO.

Temperatura	NaCl	$MgCl_2$	Fase sólida
25°C	26.45	0	NaCl
	20.5	5.0	NaCl
	15.2	10.0	NaCl
	10.5	15.0	NaCl
	6.5	20.0	NaCl
	3.3	25.0	NaCl
	1.1	30.0	NaCl
	0.3	35.55	$NaCl+MgCl_2 \cdot H_2O$
	0	35.60	$MgCl_2 + 6H_2O$

Fuente Kovda, 1973.



CUADRO No. 6 MAXIMA SOLUBILIDAD EN AGUA DE SALES ENCONTRADAS EN LOS SUELOS A DIFERENTES TEMPERATURAS (SOLUCION SATURADA).

Sal	En g. por 100 g. de solución						En g. por litro de sol.					
	Temperatura en °C						Temperatura en °C					
	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6.5	10.9	17.9	28.4	32.4	32.1	70	122	213	371	441	429
NaHCO <sub>3</sub>	6.5	7.5	8.7	10.0	11.4	12.7	68	80	93	107	121	137
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.3	8.3	16.1	29.0	32.6	31.8	45	90	185	373	430	415
NaCl	26.3	26.3	26.4	26.5	26.7	26.9	318	317	317	317	318	319
MgSO <sub>4</sub>	18.0	22.0	25.2	28.0	30.8	33.4	-	-	-	-	-	-
MgCl <sub>2</sub>	38.8	39.8	41.0	48.6	51.8	54.5	-	-	-	-	-	-
CaCl <sub>2</sub>	37.3	39.4	42.7	50.7	53.4	56.0	-	-	-	-	-	-
NaNO <sub>3</sub>	42.1	44.4	46.7	49.0	51.2	53.3	570	607	686	686	724	762
KNO <sub>3</sub>	11.6	17.5	24.0	31.5	39.0	46.0	125	194	279	384	498	614
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	51.7	52.2	52.6	53.2	53.9	54.7	814	823	829	832	852	867
KHCO <sub>3</sub>	18.4	21.5	25.2	28.5	32.2	36.0	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6.7	8.5	10.0	11.5	12.9	14.2	71	91	108	125	142	157
KCl	21.9	23.8	25.6	27.2	28.7	30.1	253	277	301	322	341	359

En soluciones altamente concentradas, algunas sales fácilmente solubles forman nuevas sales complejas binarias y terciarias las cuales frecuentemente son más solubles, que cada sal por separado, hay casos en que ocurre lo contrario. La solubilidad de algunas sales puede variar de acuerdo a la forma de sal en la fase sólida.

Se tienen diferentes clases de sales en los suelos, a continuación se mencionan características de las más importantes, por Kovda 1968.

#### 1. Sales del ácido carbónico ó carbonatos

Su efecto depende considerablemente, de su composición, cantidad de sales que se acumulan en los suelos, grado de su solubilidad y toxicidad para las plantas.

##### a). Carbonato de calcio

Esta es una sal de muy baja solubilidad  $0.0131 \text{ g.l}^{-1}$ . Debido a su baja solubilidad el carbonato de calcio en los suelos para la mayoría de las plantas no es nociva para las plantas.

##### b). Carbonatos de magnesio

Es más soluble que la anterior, pero a su vez se acumula en los suelos en su fase sólida formando un compuesto en forma de concreciones y que se denomina dolomita, en algunos suelos de las zonas áridas las concreciones dolomitizadas pueden contener hasta un 2.5 de carbo-

nato de magnesio.

c). Carbonato de sodio

Este es un compuesto de alta solubilidad y debido a esto produce una fuerte alcalinización del medio por este motivo es de alta toxicidad para las plantas provoca la peptización de los coloides del suelo.

2. Sales del ácido sulfúrico. Sulfatos

Se encuentran en casi todos los suelos, en grandes o pequeñas cantidades.

a). Sulfato de calcio

Su solubilidad es muy baja no es dañina para las plantas, precipita en forma de yeso. Este compuesto se utiliza para la recuperación de suelos salinos y sódicos.

b). Sulfato de magnesio

Es una sal típica de los suelos salinos con una elevada toxicidad que perjudicará a las plantas. Es una de las sales más nociva para las plantas.

c). Sulfato de sodio

Su solubilidad es mayor que la anterior teniendo un comporta-

miento muy complejo, debido a que su solubilidad depende de la temperatura.

### 3. Sales de ácido clorhídrico

Estas sales en conjunción con los sulfatos son los compuestos más importantes que provocan la formación de los suelos salinos. Todos los cloruros presentan una alta solubilidad y dan como resultado una alta toxicidad para las plantas.

#### a). Cloruro de calcio

Existe raras veces en el suelo y su aparición se debe cuando la salinización de los suelos está en el orden de  $400$  a  $500 \text{ g.l}^{-1}$ .

#### b). Cloruro de magnesio

Tiene una alta solubilidad de  $353 \text{ g.l}^{-1}$  por lo cual es muy nociva para las plantas; grandes cantidades de esta sal se observano lo en grados máximos de salinización. En los horizontes superiores de los suelos salinos el cloruro de magnesio, de manera semejante, como el cloruro de calcio, puede aparecer como resultado de las reacciones de intercambio entre las soluciones que ascienden de cloruros de sodio y el magnesio adsorbido de los suelos.

#### c). Cloruro de sodio

Posee una alta solubilidad que condiciona su alta toxicidad pa-

ra las plantas es una de las sales más frecuentes en los suelos salinos junto con el sulfato de sodio y el sulfato de magnesio.

En conclusión esta clasificación se basa en el contenido total de sales (sean o no tóxicas).

3.2.3. Clasificación de acuerdo a la profundidad de los horizontes salinos más concentrados.

Los suelos salinos se distinguen de acuerdo a la profundidad de los horizontes salinos que son separados por salinidad, por ejemplo para suelos bajos riego, debido a una "dinámica" muy vigorosa en las estaciones diferentes del año Bazilebich 1968, recomienda separar los horizontes de los suelos de acuerdo a su salinidad:

a). Solonchak (cuando las sales se encuentran en una profundidad de 0-50 cm).

b). Suelo con capacidad potencial de ser un solonchak debido al ascenso de sales por capilaridad cuando las sales se encuentran en una profundidad de 50-150 cm.

c). Suelos profundamente salinos cuando las sales se encuentran a una profundidad de 150-200 cm.

Selyakov 1965, indica que la clasificación más ampliamente utilizada es la que se basa en la proporción de iones, principalmente -

aniones, y la predominancia de iones individuales o grupos. Diversos autores como Valyashko, Kurnakov, citados por el mismo autor, sostienen que la clasificación debe ser determinada por las sales características sin considerar la cantidad presente.

#### 3.2.4. Otras clasificaciones

Gedroitz, citado por González (20 ) clasificó los suelos alcali salinos en tres clases: solonchak, solonetz, y solods; esta clasificación esta basada en el grado de salinidad y en la lixiviación de sodio del suelo.

Solonchaks son referidos a los suelos salinos

Solonets son suelos sódicos que poseen sodio intercambiable

Solods este suelo se forma debido a una destrucción de los aluminosilicatos del suelo, fracción arcillosa fundamentalmente - bajo la acción de soluciones alcalinas.

Los procesos químicos de formación de  $\text{SiO}_2$  libre ocurre durante la desalinización de los solonetzes.

Greene, citado por González 1982, presentó una clasificación de suelos de acuerdo al porcentaje de sales con respecto al peso del suelo seco según el siguiente cuadro No. 8

CUADRO No. 8 CLASIFICACION DE SUELOS DE ACUERDO AL % DE SOLIDOS  
 TOTALES.

Salinidad	% de Sales
Baja	de 0.1 - 0.4
Media	de 0.4 - 0.6
Media alta	de 0.6 - 0.8
Alta	de 0.8 a 1.0

Kovda 1968, en función de la hidrología y del quimismo de los suelos salinos dividió a los suelos salinos en:

1. Suelos salinos activos, que están relacionadas con las aguas freáticas, a través de la altura capilar. Comúnmente la profundidad de las aguas freáticas es de 0.5 - 0.3 m.

2. Suelos salinos con humedecimiento capilar, la profundidad de las aguas freáticas se encuentra a 5.0 - 9.0 m.

3. Suelos salinos residuales (secos), las aguas freáticas se encuentran a una profundidad de 20.0 - 25.0 m.

Sin embargo, debido a la extrema aridez del clima, el máximo de sales solubles en estos suelos están localizados en los espesores su

periores del suelo. La suma de sales en estos espesores alcanza 20 25% y en las dunas salinas puede alcanzar hasta 60.0%. De acuerdo con sus características morfológicas, los suelos salinos pueden ser:

1. Húmedos
2. Secos
3. Con costras
4. Esponjosos
5. Columnares
6. Negros o blancos

y por último los suelos salinos, que se han formado en diferentes condiciones físico-geográficas se caracterizan por una composición muy variada de sales. Las propiedades agronómicas y de mejoramiento de los suelos salinos considerablemente, en un mayor grado dependen de la composición química. Se conocen los siguientes tipos de suelos salinos:

1. Suelos salinos ricos en nitratos ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ). De acuerdo a la toxicidad de sus sales y características de mejoramiento, los suelos salinos ricos en nitratos, están muy cercanos a los clorhídricos.

2. Suelos salinos clorhídricos. En la composición de las sales se encuentran el  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  y a veces el  $\text{CaCl}_2$ .



3. Suelos salinos sulfático-clorhídricos. Estos suelos salinos están ampliamente distribuidos y se caracterizan por una amplia variación de las relaciones de los cloruros y de los sulfatos, con predominancia de cloruros, con una alta cantidad de sales solubles en los horizontes superiores 3.0 - 5.0%.

4. Suelos salinos clorhídrico-sulfáticos. Estos suelos salinos se caracterizan por una predominancia en la composición de las sales solubles de sulfatos de sodio y de magnesio sobre los cloruros.

5. Suelos salinos sulfáticos. En la composición de las sales generalmente se encuentran  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y  $\text{CaSO}_4$ . Estos suelos salinos se encuentran frecuentemente en interior de las depresiones.

6. Suelos salinos sulfático-sódicos. En la composición de las sales de estos suelos predominan los sulfatos, aunque existen los cloruros, pero lo más característico es que también se presenten los carbonatos y los bicarbonatos.

7. Suelos salinos sódicos. Las sales predominantes en estos suelos son:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  con mezclas de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y  $\text{MgSO}_4$ . La toxicidad de la soda es muy alta y los valores de la alcalinidad de los suelos es de 9.5 - 10.5 - 11.0.

8. Suelos salinos ricos en boratos. Las sales solubles del ácido

do bórico de las emanaciones volcánicas que contienen en boro que se acumulan en condiciones de clima seco forman los suelos salinos bóricos ricos en boro.

Hay otra clasificación como la que menciona Duchaufour 1984, en la cual se dividen a los suelos salinos en:

-Subclase de los suelos salinos. Las soluciones de los suelos son ricas en sales de sodio neutras, el pH no es mayor de 8.5.

-Subclase de los suelos alcalinos. En estos suelos predomina el sodio intercambiable el pH generalmente mayor de 8.5.

-Subclase de los solonchak. Este es un grupo integrado en donde el ion sodio esta en forma soluble y en forma intercambiable.

Estas clases de suelos salinos se dividen en:

1. Suelo Salino con complejo cálcico
2. Suelo salino con complejo sódico
3. Suelos salinos con sulfato reducción
4. Suelos salinos.
  - a). Suelos alcalinos no lavados
  - b). Suelos alcalinos lavados
  - c). Suelos alcalinos degradados

De sigmond 1936, dividió a los suelos en:

-Suelos salinos. Con contenidos de sales mayores del 0.1%.  
El PSI es menor de 12.

-Suelos salinos sódicos. Con contenidos de sales mayores -  
de 0.1% y un PSI mayor de 12.

Otra clasificación es la de Seth, 1967 que esta basada en  
el contenido salino de el extracto de saturación, siguiente cuadro  
No. 9

Cuadro No. 9 Clasificación basada en el contenido salino del Ex-  
tracto de saturacion.

TIPO	C.E. $\times 10^3$ (mmhos/cm)
Normal	Menor de 1.0
Transformándose a salino	De 1.0 a 2.0
Salino	De 2.0 a 3.0
Altamente salino	Mayor de 3.0

Siranosyan, 1966 presenta una clasificación basada en el -  
efecto de las sales solubles de los suelos clorhídrico-sulfáticos -  
en la germinación y desarrollo de varios cultivos, Cuadro siguien-  
te No. 10

**Cuadro No. 10** Clasificación de el efecto sobre la germinación y desarrollo de varios cultivos en salinidad del tipo cloruros.

Tipo	Contenido de sales % en base al peso de suelo seco.
No salino	Menor de 0.3
Débilmente salino	De 0.3 a 0.6
Medio salino	De 0.6 a 1.0
Salino	De 1.0 a 1.5
Altamente salino	De 1.5 a 2.0

Otra clasificación es la dada por las actas agronómicas de Hungría, Sabolcs 1969 donde se hace la división siguiente para los suelos sódicos:

**1. Por su origen**

a). Suelos sódicos. Provocados por niveles freáticos salinos - con contenidos mayores del 0.2% de sales solubles.

b). Suelos sódicos de pradera. Influenciados estacionalmente por niveles freáticos que contienen alrededor del 0.2% de sales solubles.

c). Suelos sódicos profundos. (Con un horizonte A, mayor de 17 cm) de pradera influenciados por niveles freáticos que contienen menos de 0.2% de sales solubles.

Por lo que se refiere a niveles de sodio adsorbido en el complejo de intercambio catiónico, Antipov-Karataev 1953 presenta la siguiente clasificación. Ver cuadro No. 11

Cuadro No. 11 Clasificación de acuerdo al porcentaje de Sodio adsorbido.

Suelos	% Na adsorbido
Poco salinos	3 - 10
Medianamente salinos	10 - 15
Muy salinos	15 - 20
Solonets	20

La clasificación propuesta por los investigadores americanos Bower 1969 de acuerdo con el porcentaje de sodio intercambiable - (PSI) considerando la respuesta vegetal es ver cuadro No. 12

Cuadro No. 12 Clasificación Americana de acuerdo al PSI y su efecto sobre rendimiento.

Clase de sodicidad	Límites de PSI	Rendimiento relativo (%).
Ligeramente sódico	7	80 - 60
Moderadamente sódico	15 - 20	60 - 40
Fuertemente sódico	20 - 30	40 - 20
Extremadamente sódico	30	20

En la India los suelos son clasificados en tres grupos Raychaudhuri 1969. citado por (26)

1. -Suelos salinos continentales. Las causas de salinización son las siguientes:

- a). Aridez del clima
- b). Topografía
- c). La cercanía de las aguas salinas del subsuelo

2. -Suelos salinos desarrollados por la irrigación

3. -Suelos salinos desarrollados debido a la inundación del mar.

De una manera general los suelos salinos se clasificaron, por los investigadores americanos Richards 1973 como sigue:

a). Los suelos salinos corresponden a los suelos solonchack en la clasificación rusa y se les refiere como los suelos alcali blancos.

C.E. del extracto de saturación. Mayor de  $4 \text{ mmhos.cm}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$   
 porcentaje de sodio - Mayor generalmente de 15% intercambiable.  
 pH. menor 8.5.

Los principales aniones son:  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ , y pequeñas cantidades de  $\text{HCO}_3^-$ .

Los principales cationes son:  $\text{Ca}$ , y  $\text{Mg}$ , y pequeñas cantidades de  $\text{Na}$ .

b). Suelos sódicos. Corresponden a los solonetz y se les refiere como alcali negros.

-C.E. del extracto de saturación. Menor de 4 mmhos/cm a 25°C.

-Porcentaje de sodio intercambiable. Generalmente mayor de 15%  
pH - entre 8.5 y 10.

Los cationes predominantes. Sodio con algunas cantidades de  
Ca - Mg, Na, K.

c). Suelos salino sódicos

C.E. del extracto de saturación. Mayor de 4 mmhos/cm. a 25°C

Porcentaje de sodio intercambiable. Mayor de 15%

pH - menor de 8.5.

De acuerdo con lo que se ha expuesto anteriormente podemos observar que existen varias clasificaciones de suelos salinos sin embargo, las clasificaciones mas conocidas son la clasificación rusa y la clasificación americana, esto se debe a la influencia que ejercen estas dos grandes escuelas en la investigación pedológica. En la clasificación rusa se combinan los principios de pedogénesis, la geoquímica de las sales y la fisiología de las plantas. En la clasificación americana se utilizan fundamentalmente dos parámetros que son conductividad eléctrica del extracto de saturación y el porcien

tó de sodio intercambiable.

### 3.3. Evaluación de las reservas de sales en los suelos

Para evaluar los compuestos salinos en los suelos se utilizan extractos acuosos obtenidos en diferentes relaciones suelo-agua - (1: 0.2 - 0.6, 1:5, 1:10, 1:20.....n). En los extractos acuosos se pueden determinar los iones:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , así como sustancias orgánicas, además de otros como los microelementos. La obtención de los extractos acuosos son la base para investigar a los suelos salinos, éstos permiten establecer el grado y carácter de la salinidad. El método de los extractos acuosos se utiliza para investigar la dinámica de los procesos que ocurren en los suelos y para estudiar el régimen de sustancias nutritivas, para evidenciar la existencia en los suelos de sustancias nocivas para las plantas y para la resolución de otros problemas de carácter práctico. La acción del agua en el suelo consiste en la solubilización de sales sencillas, parcialmente de sustancias húmicas y de compuestos del silicio. De acuerdo con el grado de solubilización de las sales en el agua, las sales se dividen en: fácilmente solubles, medianamente y difícilmente solubles. De las sales tóxicas fácilmente solubles que mas frecuentemente se encuentran en los suelos son:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{MgSO}_4$  Kovda 1969. Las sales fácilmente solubles, de acuerdo con su toxicidad se colocan como sigue:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaCl}_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4$ .



Las sales de mediana solubilidad como el  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y las sales de difícil solubilidad como el  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$  pasa a la solución solo parcialmente, en función de la composición y concentración de la solución en equilibrio.

Es necesario tener en cuenta que desde el momento de la solubilización de las sales, en el suelo interacciona una solución salina muy compleja y no una solución acuosa, de tal manera que en los suelos salinos interacciona una solución salina, en los suelos sódicos interactúa una solución alcalina. Como resultado de la interacción de la solución del suelo, particularmente con el  $\text{NaCl}$  se aumenta la solubilidad de sales de mediana solubilidad, teniéndose además reacciones de intercambio, entre los cationes del extracto acuoso y los cationes intercambiables. La reacción alcalina de los suelos sódicos aumenta la solubilidad del humus, Selyakov 1967.

Se ha considerado que tres factores influyen en el desarrollo de las plantas y producción de cosechas bajo condiciones de salinidad.

- a). La presión osmótica de las soluciones
- b). La concentración de iones específicos y
- c). El deterioro físico del suelo debido a una acumulación de sodio intercambiable.

Para definir el "status" de la salinidad en el suelo se utili

zan:

a). Contenido de sales expresado en porcentajes con respecto a peso de suelo seco y g. de sales/g de suelo seco.

b). La conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación y

c). La determinación química de iones, además, adicionalmente a esto en el Laboratorio Agua-Suelo-Planta del Centro de Hidrociencias Colegio de Postgraduados se utiliza el residuo seco y el residuo calcinado. Se ha demostrado por diferentes investigadores que a medida que aumenta la relación de extracción de sales, aumenta la cantidad de sólidos que se extraen del suelo Selyakov 1967, Gedroitz 1955, - González del Cristo 1982.

Por lo que se refiere a la respuesta vegetal a las soluciones salinas de los suelos, se ha mencionado por diversos autores Meiri, 1973, Richards 1973, que las plantas responden a una concentración "real" de estas soluciones, por lo que conociendo, la concentración de las soluciones en un contenido de humedad equivalente a saturación y bajo las siguientes consideraciones:

1. El extracto de saturación es una función de las características de humedad del suelo. El porcentaje de saturación PS de la mayoría de suelos de textura media y pesada es dos veces la capacidad de campo.

2. La conductividad eléctrica de la solución de un suelo es proporcional a la concentración de sus sales. La solución del suelo es una mezcla de sales y en promedio es  $C = CE_{es} \times 10$  en altas concentraciones y  $C = CE_{es} \times 12$  en bajas concentraciones, (donde  $CE$  = conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en  $25^{\circ}C$  y  $C$  es la concentración total de iones  $meq.l^{-1}$ ).

3. La conductividad eléctrica del extracto de saturación es proporcional a la presión osmótica  $P_0$  de la solución y en muchos casos esta es la que determina el comportamiento vegetal. El Laboratorio de Salinidad de los EUA (1954) ha propuesto una relación empírica  $P_0 = 0.36 \times CE_{es}$ .

Sobre la determinación de la conductividad eléctrica en las soluciones obtenidas en los extractos a saturación y además expresando los resultados de las concentraciones iónicas en  $meq.l^{-1}$ , si no se conoce el por ciento de saturación y la cantidad de suelo utilizada, no es posible expresar los resultados en % de sales, de aquí se deriva que con solamente medir la conductividad eléctrica de las soluciones no se pueden calcular las reservas de sales en los suelos, aún - aquellos que pueden circunstancialmente encontrarse en una relación de extracción suelo-agua 1: 0.2 - 0.6.

Sobre la forma de evaluar la concentración de sales "real" a través de la  $CE_{es}$  hay que mencionar que en esta evaluación no se toman en cuenta relaciones aniónicas y catiónicas de las soluciones de

los suelos, esto sin embargo predetermina los procesos que ocurren en los suelos, además de la inconveniencia de expresar las concentraciones de cada ion en  $\text{meq.l}^{-1}$  del extracto. Por otra parte, y aunque en la práctica, la salinidad del suelo se expresa de una manera insuficiente, ya que solamente se indica la  $\text{CE}_{\text{es}}$  que tendría la solución del suelo si este estuviera saturado, lo apropiado sería evaluar la  $\text{CE}_{\text{es}}$  (o salinidad) a capacidad de campo o a punto de marchitez. De este aspecto se ha mencionado que existe una relación muy estrecha entre el contenido de humedad de un suelo saturado y en contenido de humedad a capacidad de campo siendo el porcentaje de saturación (\*) aproximadamente igual a cuatro veces del porcentaje a 15 atmósferas, el cual se aproxima mucho al porcentaje de marchitez.

Para ilustrar las diferencias que existen en las evaluaciones de la conductividad eléctrica de una solución, cuando estas se quieren utilizar para expresar concentración, además de utilizar esta sobre posibles efectos sobre las plantas, se considerarán dos suelos diferentes en sus propiedades: un suelo arcilloso y un suelo.

---

(\*) El porcentaje de saturación es definido como la cantidad de agua en porcentaje por peso que un suelo tendrá a saturación James, Hanks y Jurinak 1982.

Sobre la forma de evaluar la salinidad, utilizando la conductividad eléctrica, Kovda 1973 que esta forma no da información acerca de la composición de la mezcla de sales, puesto que diferentes mezclas de sales con la misma CE pueden tener una influencia muy diferente en el desarrollo de los cultivos.

arenoso de acuerdo con Pizarro 1978.

Suelo arcilloso: porosidad 43%, capacidad de campo = 36%, punto de marchitez = 20%.

Suelo arenoso: porosidad = 39%, capacidad de campo = 16%, punto de marchitez = 12%.

Ahora supongamos que en ambos suelos se mide una conductividad eléctrica de  $CE_{es} = 2 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ , e infiriendo en base a esta medida, entonces, los dos suelos serían iguales en lo que se refiere a la salinidad. Sin embargo, si se calculan las conductividades eléctricas a capacidad de campo y en el punto de marchitez vemos que la salinidad del suelo en contacto con las raíces es menor en el caso del suelo arcilloso (en el que varía entre 2.4 y 4.3  $\text{mmhos.cm}^{-1}$ ) que en el suelo arenoso (4.9 y 6.5  $\text{mmhos.cm}^{-1}$ ).

$$\text{Suelo arcilloso } CE_{cc} = CE_{es} \frac{p}{C_c} = 2 \times \frac{43}{36} = 2.4 \text{ mmhos.cm}^{-1}$$

$$CE_{pm} = CE_{es} \frac{p}{p_m} = 2 \times \frac{43}{20} = 4.3 \text{ mmhos.cm}^{-1}$$

Suelos arenoso

$$CE_{cc} = CE_{es} \frac{p}{C_c} = 2 \times \frac{39}{16} = 4.9 \text{ mmhos.cm}^{-1}$$

$$CE_{pm} = CE_{es} \frac{p}{p_m} = 2 \times \frac{39}{12} = 6.5 \text{ mmhos.cm}^{-1}$$

donde:

$CE_{es}$  = Es la conductividad eléctrica del extracto de saturación  
mmhos.cm<sup>-1</sup>.

$CE_{cc}$  = Es la conductividad eléctrica a capacidad de campo mmhos  
cm<sup>-1</sup>.

$CE_{pm}$  = Es la conductividad eléctrica a punto de marchitez perma  
nente.

$p$  = porosidad

Este ejemplo demuestra, como no es suficiente la  $CE_{es}$  para indi  
car la salinidad del suelo y además, como interviene la composición  
mecánica de los suelos más aún, y para fundamentar que la extracción  
de sales depende de la relación suelo-agua se mostrarán abajo los re  
sultados de diferentes investigadores Gedroitz 1955 y Selyakov 1967  
y González 1982, que indican la dependencia de la extracción de sa  
les con respecto a las relaciones suelo agua que se utilicen. Por  
ejemplo en un suelo salino solonchak sulfático se extrajeron en dife  
rentes relaciones suelo-agua las siguientes cantidades de sales  
Gedroitz 1955.

Relación suelo-agua	% de sales en base a peso de suelo seco.
1:1	0.19 (100%)
1:5	0.955 (500%)
1:20	3.86 (2000%)

En otro caso que se estudio, González 1982, se puede ver como se  
extrae una mayor cantidad de sales a medida que aumenta la relación

suelo-agua de extracción, para suelos salinos de diferente tipo de salinidad: ver cuadro No. 13

Cuadro No. 13 Porcentaje de sales en base a peso de suelo seco en suelos salinos de diferente tipo de salinidad

Relación suelo-agua	% de sales en base a peso de suelo seco suelos salinos			
	Clorhídrico	Clorhídrico sulfático	Sulfático	sódico Sulfático
1:2 0.2-0.6	3.1	2.8	2.7	1.60
1:5	3.4	3.2	3.0	1.75
1:20	3.6	3.4	3.2	1.90
1:30	3.8	3.5	3.3	2.00

Para ilustrar como la solubilidad de las sales puede influir en los valores de la conductividad eléctrica de una solución de suelos salinos que eventualmente pueda presentarse en el siguiente cuadro - tomado de Pizarro 1978 se muestran la CE que adquiere una solución - que tiene una sal en su máxima solubilidad. Cuadro No. 14

Como se puede observar todas las sales muy solubles pueden constituir soluciones de altísima CE, siendo el caso máximo el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  con  $693 \text{ mmhos.cm}^{-1}$  en cambio el yeso solo posee solo una CE de  $2.5 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ . Por encima de una concentración correspondiente a  $2.04 \text{ g.l}^{-1}$  se precipita.

Por otra parte, todos los extractos acuosos de los suelos salinos son esencialmente salinos Minashina 1978. La mayoría de las sa-

CUADRO No. 14 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEBIDO A LA SOLUBILIDAD  
DE LAS DISTINTAS SALES.

Solubilidad Máxima				
(1) Sal	(2) Pe (g)	(3) g.l <sup>-1</sup>	(4) meq.l <sup>-1</sup>	(5) CE mmhos.cm <sup>-1</sup>
MgSO <sub>4</sub>	60.19	263	4369	364
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	71.03	430	6054	504
CaSO <sub>4</sub>	68.07	2.04	30	2.5
NaCl	58.45	318	5440	453
MgCl <sub>2</sub>	47.62	353	7413	618
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	53.00	441	8320	693
NaHCO <sub>3</sub>	84.01	137	1630	272
CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	-
MgCO <sub>3</sub>	-	-	-	-

$$(4) = \frac{(3) \times 1000}{(2)}$$

$$(5) = \frac{(4)}{12}$$



les solubles  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ . Son prácticamente y enteramente removidas del suelo con los extractos acuosos (cuando la percolación de la solución a través del suelo esta asegurada, Selyakov 1967) las sales de más baja solubilidad  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ , pasan de una manera incompleta a los extractos acuosos, cuando existe una acumulación considerable de estas en el suelo. Las sales como  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$  son disueltas en mínimas cantidades. Además se debe esperar que el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y  $\text{NaHCO}_3$  muestran una marcada influencia en la solubilización de los coloides orgánicos de los suelos.

Los extractos acuosos en la relación suelo-agua 1:5 extraen sales que se encuentran en los suelos en estado soluble y parcialmente de aquellas que estan en estado sólido. De tal manera que, entre mayor sea la relación suelo-agua, mayor será la extracción de compuestos por unidad de peso de suelo, como resultado de una solubilización de sales difícilmente solubles y desplazamiento de las bases adsorbidos, que debido a las reacciones de intercambio con las bases de las soluciones pasan a la solución.

Cuando se utilizan los resultados de los extractos acuosos en la relación suelo-agua 1:5 en la caracterización de los suelos para medidas de mejoramiento, cuando se realizan lavados es necesario tener en cuenta que, mediante esto, se evalua la suma de todas las sales fácilmente solubles que son capaces de pasar a la solución en una lámina de agua, cuando se considera un metro de espesor de suelo, igual a  $7500 \text{ mm} \cdot \text{ha}^{-1}$ . En la práctica las láminas de lavado neto generalmen

te nunca sobrepasan  $1500-2000 \text{ mm.ba}^{-1}$ . De tal manera que, el extracto acuoso en la relación 1:5 caracteriza el límite máximo posible de extracción de sales del suelo cuando se realizan lavados con extrema frecuencia, además de que se considera que, existe un contacto ideal de las dos fases líquida y sólida. En la práctica estos lavados se realizan en el transcurso de varios años.

Cuando se utilizan relaciones suelo agua de 1:0.2 - 0.6 hasta 1:1 cuando el extracto se obtiene en un contenido de humedad igual a saturación, como se realiza por el método generalmente aceptado de la escuela pedológica de EUA, en la composición del suelo cuando se calcula en base a suelo seco, se determina menor cantidad de sulfato y carbonato de calcio.

En las investigaciones pedológicas utilizan generalmente relaciones suelo agua 1:5 y 1:0.2 - 0.6 (URSS y EUA), sin embargo en investigaciones hidrogeológicas especiales a veces se utilizan las relaciones 1:10 y 1:20 .....n De aquí la utilidad de esta investigación al comparar las dos relaciones de extracción 1:5 y 1:0.2 - 0.6 que más frecuentemente se usan en la evaluación de las reservas de sales. Por otra parte, adicionalmente hay que mencionar aquellas dificultades que se han observado en la práctica de la obtención de los extractos acuosos de los suelos sódicos, la relación 1:5 ha mostrado ventajas en comparación con la relación 1:0.2 - 0.6.

De lo que se ha mencionado arriba, sobre la problemática que existe al evaluar las reservas de sales en los suelos o "status" de la sal

ntidad y considerando que actualmente existen dos relaciones suelo-agua (1:0.2 - 0.5 y 1:5) que son ampliamente utilizadas en el estudio de los suelos salinos y que en base a estas se hacen inferencias metodológicas sobre el manejo de suelos y respuesta vegetal (relación 1:0.2 - 0.6) por un lado y por otro, en la relación (1:5), esta sirve, además de fundamentar el manejo de suelos en su régimen salino y respuesta vegetal, esta se utiliza exitosamente, cuando se determinan relaciones catiónicas y aniónicas, en aquellos problemas que surgen sobre consideraciones teóricas de génesis de los suelos salinos, en este trabajo, como primer paso, para lograr conjuntar diferentes formas de estudio de las reservas de sales en los suelos o "status" de la salinidad, se ha considerado estudiar la dependencia de la extracción de sales en dos relaciones suelo-agua (1:0.2 - 0.6 y 1:5), bajo un solo espectro de "homogeneidad" es decir expresando los resultados en % por 100 g de suelo, y en ambos casos, conjuntamente, midiendo la CE.

#### IV MATERIALES Y METODOS.

##### 4.1. - Suelos utilizados.

Para realizar este trabajo se utilizaron suelos salinos naturales que poseen diferentes niveles de salinidad, considerando sitios de diferentes condiciones climáticas, con el objetivo de cubrir las variaciones en la composición cuantitativa y cualitativa de las sales.

Sin embargo no se cubrieron totalmente las variaciones posibles ya que esta aumentaría al infinito el número de muestras, los sitios utilizados y el número de muestras fueron las siguientes:

- 1) Obrajuelo, Estado de Guanajuato.- Comprende dos perfiles hasta una profundidad de 210 cm., con intervalos de 30 cm., que originan un total de 14 muestras.
- 2) Montecillos, Estado de México.- Comprende dos perfiles hasta una profundidad de 210 cm., con intervalos de 30 cm., dando como resultado un total de 14 muestras.
- 3) Monterrey, Estado de Nuevo León.- En este sitio se consideró un perfil a una profundidad de 400 cm., con intervalo de 20 cm., que son un total de 20 muestras.
- 4) El Carmen, Estado de Puebla.- Se consideraron dos perfiles con tres muestras cada uno, el total de muestras es de seis.
- 5) Los suelos que se utilizaron en este caso, y que son del sitio de Obrajuelo, Estado de Guanajuato, se tomaron a una profundidad equivalente al estrato arable.

de este predio (0-30 cm). Estos suelos fueron estudiados por el Ing. Nunes F.J. con el objetivo de mejorarlos utilizando yesos agrícolas en dos formas de aplicación: solubilizados en agua e incorporados al suelo, para este efecto, el Ing. Nunes F.J., utilizó columnas de suelo de 50 cm., de longitud, y después de realizar sus aplicaciones de yesos, los suelos solamente fueron analizados por el Ing. Nunes F.J., en lo que respecta a sales solubles, con la relación Suelo:Agua 1:5, por lo que al autor del presente trabajo le correspondió analizar en la relación Suelo:Agua 1:0.2-0.6 - las muestras del suelo, para efecto de determinar Sales Solubles.

Las muestras se tomaron a una profundidad de 5.0 cm., en cada columna (30 columnas), formando un total de 300 muestras.

La idea de analizar estos suelos fué cubrir una amplia espectro del contenido de sales y en especial de calcio. La ubicación dentro de la República Mexicana se encuentra en la Fig. No. 1

#### 4.2.- Descripción Geográfica y climática de los sitios de muestreo

La formación de los suelos salinos está condicionada a los factores climáticos y de origen de los suelos, por lo que son importantes las características específicas de cada sitio que originan un problema de sales típico, ocasionado por la ocurrencia de los factores ya mencionados; las ubicaciones geográficas y las características climáticas de los sitios de muestreo son las siguientes:

- a) Obrajuelo, Estado de Guanajuato.- Estos sitios pertenecen a la zona agrícola y a la de una Laguna Temporal - llamada el "Salitre". El sitio tiene las coordenadas geográficas de 20°32'37" Latitud Norte, 100°41'07" Longitud Oeste y una Altitud Media 1,767 m.s.n.m. Fig. No.2

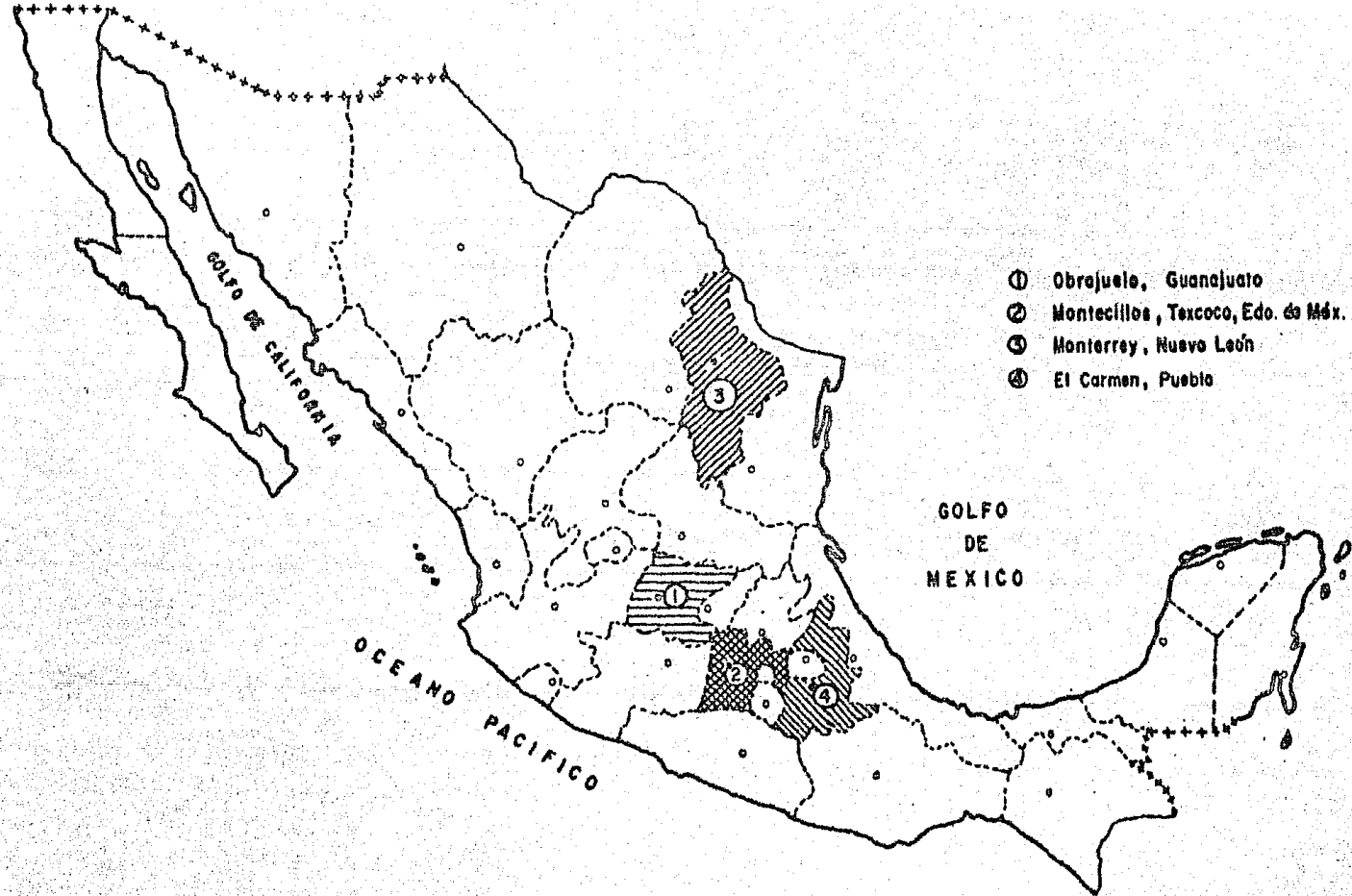


Fig. 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo en la República Mexicana

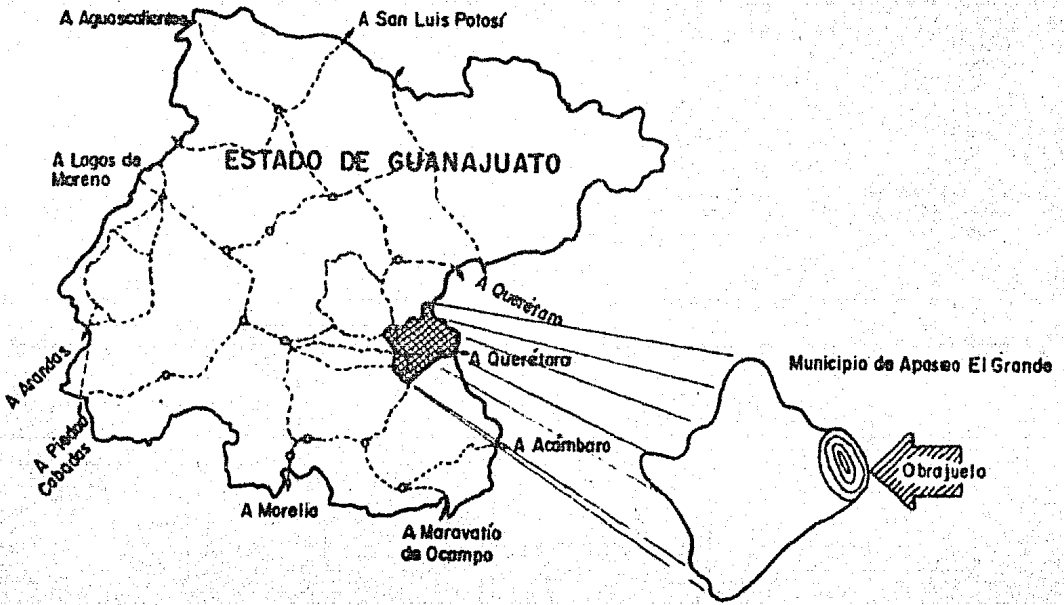


Fig. 2. Ubicación del punto de muestreo en la zona de Obrajuelo, Mpio. de Apaseo el Grande, Estado de Guanajuato.

Las variables climáticas son: El clima pertenece al tipo semicálido ( $BS_1$ ), agradable todo el año, temperatura máxima de  $37.1^\circ\text{C}$ , mínima de  $1.0^\circ\text{C}$  y la media de  $18^\circ\text{C}$ . El periodo de lluvias se encuentra entre los meses de mayo a octubre, correspondiendo a la época seca los de noviembre a abril. La precipitación media anual es de 600 mm, la máxima de 900 y la mínima de 400. La evaporación media tiene un valor de 2021.60 mm.

Los suelos de esta región son de origen aluvial, denominados como vertisoles pélicos, de textura arcillosa, color gris, planos, reacción moderadamente alcalina, estructura en bloques angulares y drenaje interno regular (SPP 1980). Algunas propiedades físicas y la textura del sitio de muestreo se encuentran en el cuadro -- No. 15

- b) Montecillos, Estado de México.- Los sitios de muestreo se encuentran dentro del área del Colegio de Postgraduados, que pertenece al Municipio de Texcoco y al Estado de México. Uno de los sitios se encuentra ubicado dentro de la Huerta Frutícola y el otro en el área Agrícola. Las coordenadas geográficas son  $19^\circ22'$  y  $19^\circ37'$  Latitud Norte y  $98^\circ54'$  y  $99^\circ03'$  Longitud Oeste. El clima corresponde a semiseco, templado frío, con baja concentración térmica en verano ( $C, d B_{2a}'$ ) (según Thornthwaite). La precipitación media anual es de 603.5 mm. La temperatura media anual es de  $15.3^\circ\text{C}$ , la máxima  $18.0^\circ\text{C}$ . La evaporación es de 1,743 mm, que es superior a la precipitación Fig. No. 3

Respecto a los suelos están dentro del ex-lago de Texcoco, y son el resultado de acumulaciones de materiales principalmente volcánico, los cuales fueron arrastrados en tiempos geológicos de las partes montañosas, por diversos medios como el agua y viento, depositados finalmente en las partes bajas, Montaña 1982.



CUADRO 15 . COMPOSICION MECANICA DE EL SUELO DE OBRAJUELOS,  
GUANAJUATO.

PROFUNDIDAD. (CM)	COLOR DEL SUELO EN SECO	PORCENTAJE			CLASE TEXTURAL
		ARENA	LIMO	ARCILLA	
0-30	7.5 YR - 5/0 gris	18.2	20.0	61.8	ARCILLA
30-60	10YR 3/1 gris muy oscuro	17.6	17.0	65.4	ARCILLA
60-90	10Y/R 6/1 gris	16.6	38.3	45.1	ARCILLA
90-120	10YR 7/2 gris claro	16.5	45.1	38.4	FRANCO ARCILLO LIMOSO
120-150	10YR 7/3 pardo muy pálido	13.5	42.1	44.4	ARCILLA LIMOSA

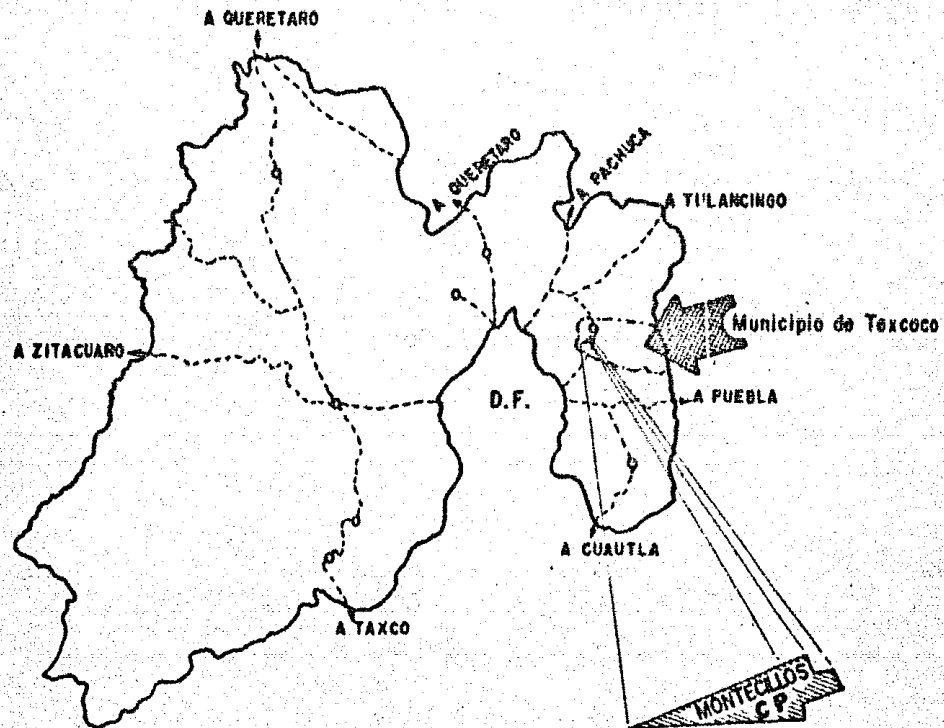


Fig. 3. Localización geográfica de el sitio muestreado, en el predio Montecillos CP, Mpio. de Texcoco, Edo. de México.

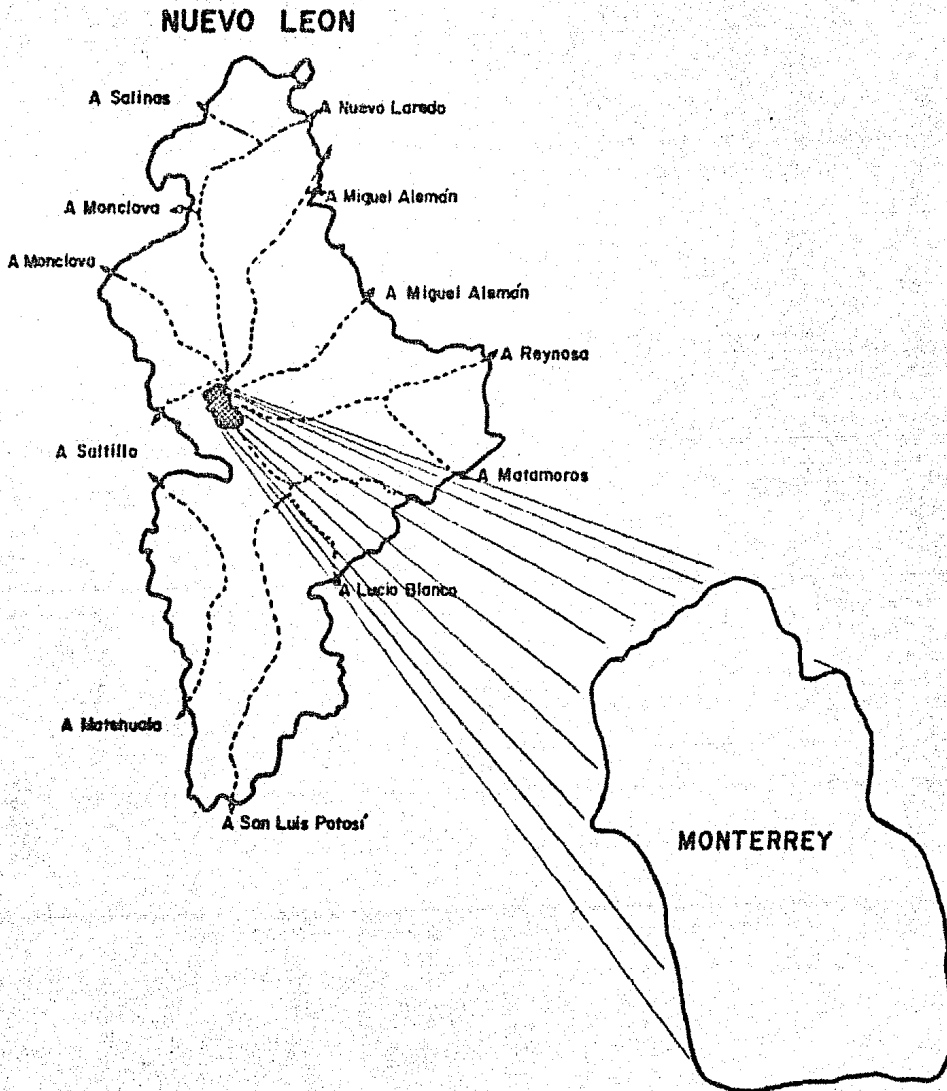
La textura de los sitios de muestreo se encuentra en el cuadro No. 16

- c) Monterrey, Estado de Nuevo León.- El sitio de muestreo se encuentra dentro del campo experimental "San José Caprino" de la Escuela de Agricultura, Universidad de Nuevo León, en los límites de la Ciudad de -- Monterrey. Las coordenadas geográficas son 25°41' - Latitud Norte y 100°19' Longitud Oeste. El clima corresponde a un semiseco extremo, la precipitación pluvial en general es bastante escasa, aunque cuenta con regiones que registran lluvias mayores de 80 mm. La precipitación total anual es de 445.6 mm. y la temperatura media anual es de 22.2° C, siendo la máxima 28° C y la mínima 16.4° C. La evaporación total -- anual es de 2,894.67 mm. Fig. No. 4. La textura del sitio se encuentra en el cuadro No. 17.
- d) El Carmen, Estado de Puebla.- Los sitios corresponden al estudio realizado por el Gobierno del Estado de Puebla para caracterizar parte de la zona conocida como la "Cuenca de Oriental", situada entre los 97°09' y 98°03' de Longitud Oeste y los 18°48' y -- 19°43' Latitud Norte. Fig. No. 5

El clima de la Cuenca de Oriental se clasifica en -- los subgrupos C. templado-húmedo y B, seco-estepario, de acuerdo con la clasificación de Koeppen modificada por García (1973). Los climas del subgrupo C, se caracterizan por temperatura del mes más frío entre 3°C y 18°C del más caliente; la isoterma que se encuentra en la mayor parte de la cuenca es de 16°C -- y las isoyetas varían de 400 a 1,000 mm., por año, -- esta última en la zona de los volcanes. De acuerdo con la latitud, el clima sería Subtropical, pero este está modificado por la orografía (Sierra Madre -- Oriental) y por la configuración de la cuenca, así -- como por la posición perpendicular de esta con res-- pecto a la trayectoria del flujo aéreo.

CUADRO 16 . COMPOSICION MECANICA DE EL SUELO DE MONTECILLOS  
PERFIL No.1 Y PERFIL No. 2

PROFUNDIDAD. (CM)	PORCENTAJE			CLASE TEXTURAL.
	ARENA	LIMO	ARCILLA	
PERFIL 1				
0-30	50	32	18	FRANCO
30-60	60	22	18	MIGAJON ARENOSO
60-90	66	22	12	MIGAJON ARENOSO
90-120	66	20	14	MIGAJON ARENOSO
120-150	70	20	10	MIGAJON ARENOSO
150-180	72	18	10	MIGAJON ARENOSO
180-210	58	32	10	MIGAJON ARENOSO
PERFIL 2				
0-30	22	34	44	ARCILLA
30-60	22	34	44	ARCILLA
60-90	24	26	50	ARCILLA
90-120	32	32	36	MIGAJON ARCILLOSO
120-150	46	22	28	MIGAJON ARCILLO - ARENOSO
150-180	34	36	30	MIGAJON ARCILLO - ARENOSO
180-210	36	34	30	MIGAJON ARCILLOSO



**Fig. 4. Ubicación del sitio de muestreo en Monterrey, Nuevo León.**

CUADRO 17 . COMPOSICION MECANICA DE EL SUELO DE MONTERREY,  
NUEVO LEON.

PROFUN- DIDAD. (CM)	PORCENTAJE			CLASE TEXTURAL.
	ARENA	LIMO	ARCILLA	
0-20	22	38	40	MIGAJON ARCILLOSO
20-40	22	38	40	MIGAJON ARCILLOSO
40-60	34	34	32	MIGAJON ARCILLOSO
60-80	34	34	32	MIGAJON ARCILLOSO
80-100	36	40	24	MIGAJON FRANCO
100-120	36	44	20	MIGAJON FRANCO
120-140	40	42	18	MIGAJON FRANCO
140-160	40	38	22	MIGAJON FRANCO
160-180	48	42	10	MIGAJON FRANCO
180-200	48	38	14	MIGAJON FRANCO
200-220	28	44	28	MIGAJON FRANCO
220-240	32	44	24	MIGAJON FRANCO
240-260	36	42	22	ARCILLA
260-280	32	46	22	MIGAJON FRANCO
280-300	26	44	30	MIGAJON ARCILLOSO
300-320	26	42	32	MIGAJON ARCILLOSO
320-340	16	40	44	ARCILLA
340-360	18	36	46	ARCILLA
360-380	14	40	46	MIGAJON ARCILLO LI MOSO
380-400	08	38	54	ARCILLA

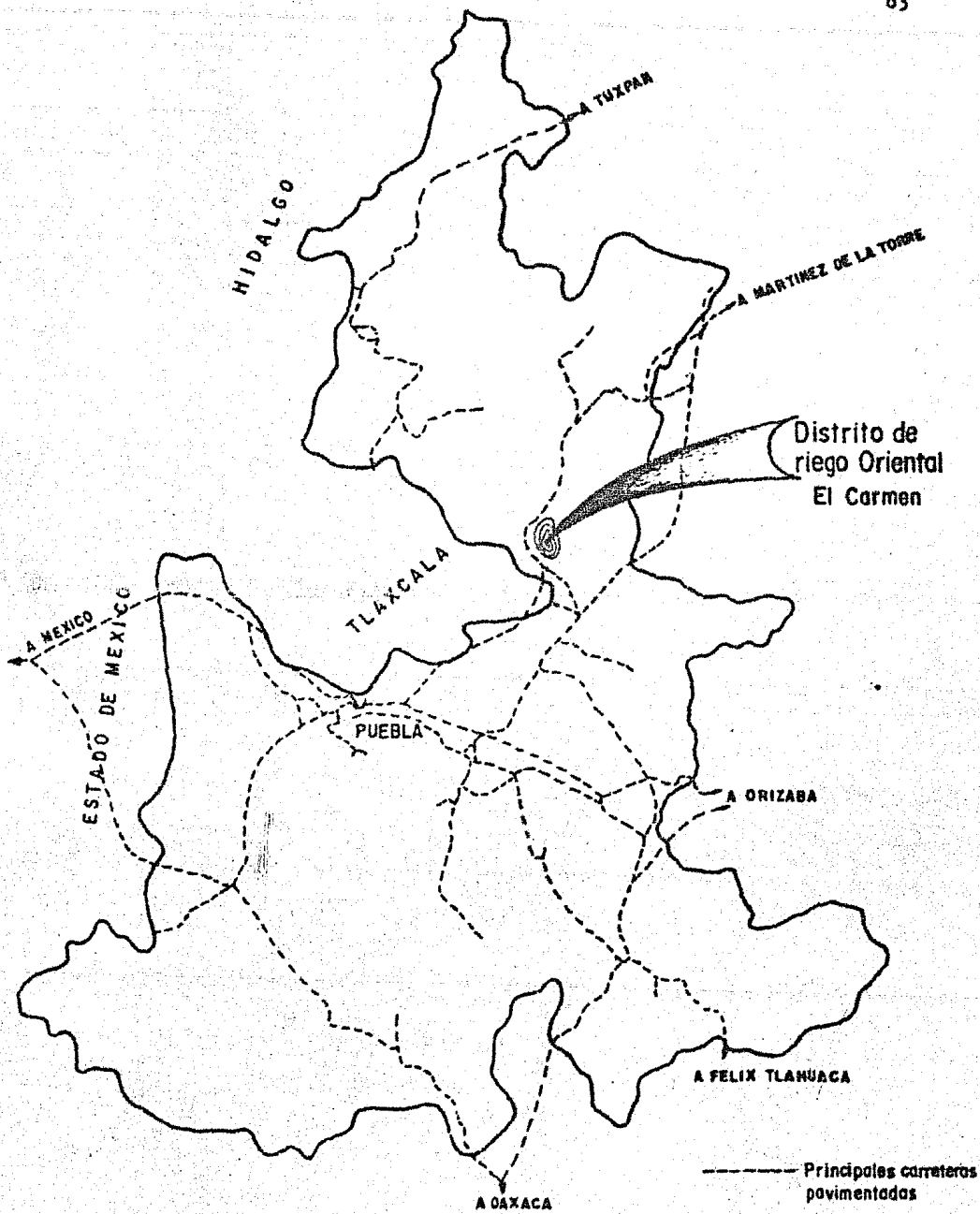


Fig. 5. Localización geográfica de los puntos de muestreo, El Carmen , Estado de Puebla.

El sistema hidrográfico superficial es prácticamente inexistente puesto que la mayor parte de la superficie de la cuenca corresponde a material de tipo cinerítico de edad reciente, en el que la mayoría de las aguas que precipitan se filtran debido a la alta permeabilidad del material. Gasca (1981).

- e) Suelos del experimento de Mejoramiento.- Las muestras utilizadas como se mencionó anteriormente corresponden a Obrajuelo, Estado de Guanajuato, las cuales se sometieron a recuperación química utilizando yeso agrícola. Las texturas no se determinaron para este sitio.

En estos suelos se determinó el contenido de humedad, en estado de secado al aire, y en condiciones de saturación, con el objeto de visualizar variaciones debidas a los diferentes frentes de mejoramiento que tuvieron lugar durante la aplicación de los yesos agrícolas. Cuadro No.

#### 4.3.- Métodos utilizados para el Análisis de los Suelos.

Las sales solubles se determinaron en las relaciones Suelo-Agua 1:0.2, 0.6 (extracto de saturación) y en la relación 1:5, en cada una de las muestras, obteniendo el afluyente después de aplicar succión con una bomba de vacío.

En parte de las muestras, el autor realizó las dos relaciones, sin embargo en otras se utilizaron los datos en relación 1:5 obtenidos por Nunes (1984) y el Laboratorio de Aguas y Suelos del Centro de Hidrociencias. Todos los Análisis fueron realizados en el Laboratorio anteriormente mencionado.

Los análisis y métodos utilizados en ambas relaciones fueron los siguientes:



- a) pH.- Con un potenciómetro marca Zeromatic
- b) Conductividad Eléctrica.- Con puente de conductividad (Wheatstone). Modelo RD 26
- c) Residuo Seco.- Determinado en base a peso, evaporando una alícuota generalmente de 25 ml.
- d) Calcio Soluble.- Por titulación con etilen-diamino-tetraacetato (EDTA) o ión versenato.
- e) Magnesio.- Por titulación con etilen-diamino-tetraacetato. (EDTA) o ión versenato.
- f) Sodio y Potasio.- Por flamometría. Con el fotómetro marca IL-643
- g) Carbonatos.- Por titulación con ácido sulfúrico -- ( $H_2SO_4$ ).
- h) Bicarbonatos.- Por titulación con ácido sulfúrico -- ( $H_2SO_4$ ).
- i) Cloruros.- Por titulación con Nitratos de Plata -- ( $AgNO_3$ ).
- j) Sulfatos.- Por turbidimetría. Con el espectrofotómetro. Perkin-Elmer 35
- k) Bases Intercambiables.- Por el método Pfeffer. Para la extracción de Sales Solubles+Intercambiables.
- l) Textura.- Por el método del Hidrómetro de Bouyoucos.
- m) Análisis de los Resultados.- Se utilizó el paquete estadístico S.A.S. (Statistical Analysis System).

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS EN ESTADO DE SECADO AL AIRE EN -  
CONDICIONES DE SATURACION DE LOS SUELOS SOMETIDOS A MEJORAMIENTO CON  
YESOS AGRICOLAS.

NO. COLUMNA.	PROF. CM.	% θ SECA DO AL AIRE	% θ SA-TURACION	NO. CO--LUMNA	PROF. CM.	% θ SE-CADO AL AIRE	% θ SA-TURACION
1	1	7.8	76.0	4	1	7.7	77.0
	2	8.1	80.0		2	8.1	81.0
	3	6.5	79.0		3	7.2	79.0
	4	6.6	79.0		4	8.6	82.0
	5	7.5	79.0		5	6.9	77.0
	6	6.7	76.0		6	6.4	80.0
	7	7.0	77.0		7	6.8	78.0
	8	7.2	78.0		8	8.0	80.0
	9	6.6	77.0		9	8.0	80.0
	10	5.7	73.0		10	7.6	79.0
2	1	3.0	82.0	5	1	5.1	75.7
	2	2.7	86.0		2	5.0	80.0
	3	2.5	85.0		3	5.4	76.5
	4	2.4	85.0		4	4.0	79.1
	5	2.9	86.0		5	4.6	80.1
	6	2.1	84.0		6	4.4	84.3
	7	1.6	83.0		7	4.0	79.1
	8	2.5	86.0		8	4.5	79.8
	9	1.9	84.0		9	4.2	79.1
	10	2.7	79.0		10	4.0	76.3
3	1	7.1	81.0	6	1	2.8	76.8
	2	7.3	83.0		2	3.9	76.5
	3	4.6	79.0		3	4.1	75.9
	4	5.0	79.0		4	3.6	76.1
	5	4.8	81.0		5	4.9	78.7
	6	5.1	84.0		6	4.1	76.0
	7	6.0	86.0		7	3.9	73.6
	8	5.3	86.0		8	4.1	77.8
	9	5.1	87.0		9	0.4	79.3
	10	5.5	76.0		10	3.6	73.0

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS EN ESTADO DE SECADO AL AIRE EN -  
CONDICIONES DE SATURACION DE LOS SUELOS SOMETIDOS A MEJORAMIENTO CON -  
YESOS AGRICOLAS.

No. COLUM NA.	PROF. CM	% θ SE-- CADO AL AIRE	% θ SATU RACION	No. COLUM NA.	PROF. CM.	% θ SE-- CADO AL AIRE	% θ SATU RACION
7	1	5.3	74.4	10	1	8.2	69.3
	2	5.2	75.0		2	8.0	71.0
	3	3.8	75.3		3	6.6	73.3
	4	4.2	76.7		4	6.6	72.0
	5	4.6	75.6		5	6.2	73.1
	6	4.9	75.0		6	0.0	76.0
	7	4.7	73.2		7	6.2	75.2
	8	4.6	74.6		8	7.3	73.6
	9	4.4	75.9		9	5.5	73.5
	10	4.6	75.6		10	6.6	72.5
8	1	5.2	68.1	11	1	6.8	67.9
	2	6.1	70.7		2	6.8	70.5
	3	6.0	72.3		3	7.0	71.5
	4	5.0	74.4		4	6.3	71.8
	5	5.8	74.0		5	7.8	70.0
	6	5.2	77.3		6	8.0	70.8
	7	4.5	75.3		7	7.0	70.5
	8	5.0	76.3		8	6.8	70.0
	9	5.1	76.8		9	6.0	70.8
	10	5.6	70.8		10	7.9	74.3
9	1	5.0	76.0	12	1	5.0	71.0
	2	4.3	79.0		2	5.5	72.5
	3	4.4	78.0		3	4.4	74.4
	4	3.3	75.9		4	4.6	75.9
	5	3.7	78.9		5	6.0	72.1
	6	4.7	79.5		6	4.6	73.8
	7	4.5	79.3		7	4.4	73.0
	8	0.0	80.2		8	4.1	74.4
	9	4.4	78.0		9	4.6	74.0
	10	4.3	76.5		10	4.7	75.9

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS EN ESTADO DE SECADO AL AIRE EN CONDICIONES DE SATURACION DE LOS SUELOS SOMETIDOS A MEJORAMIENTO CON YESOS AGRICOLAS.

No. CO-- COLUMNA	PROF. CM	% θ SE-- CADO AL AIRE	% θ SATU RACION	No. CO-- LUMNA	PROF. CM	% θ SE-- CADO AL AIRE	% θ SATU RACION.
13	1	3.6	72.4	16	1	4.0	66.4
	2	4.3	73.3		2	3.1	66.1
	3	4.8	74.8		3	2.0	66.4
	4	4.2	75.7		4	4.1	66.1
	5	5.4	75.4		5	1.7	68.1
	6	2.7	75.8		6	4.0	67.9
	7	4.3	76.2		7	3.8	68.0
	8	2.5	74.8		8	2.8	69.0
	9	4.0	74.4		9	3.4	66.5
	10	4.0	69.5		10	3.7	67.2
14	1	4.6	64.9	17	1	7.2	59.6
	2	5.5	75.3		2	8.3	59.3
	3	4.6	68.5		3	9.1	59.0
	4	4.5	68.5		4	6.9	59.8
	5	4.7	67.4		5	7.0	59.7
	6	4.7	70.0		6	8.5	59.2
	7	4.5	68.3		7	7.3	59.6
	8	4.4	68.0		8	2.2	61.6
	9	4.9	65.8		9	7.5	59.5
	10	4.3	66.0		10	8.8	59.1
15	1	2.0	70.1	18	1	5.7	67.9
	2	4.1	66.0		2	6.2	64.8
	3	3.5	66.3		3	5.2	67.0
	4	1.0	70.9		4	5.7	65.6
	5	0.0	73.7		5	5.8	64.4
	6	2.0	69.8		6	4.9	70.6
	7	2.5	70.5		7	5.5	67.0
	8	1.2	72.1		8	5.5	64.5
	9	2.2	70.8		9	4.8	69.2
	10	1.8	67.3		10	6.7	63.9

CUADRO No. 18

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS EN ESTADO DE SECADO AL AIRE EN CONDICIONES DE SATURACION DE LOS SUELOS SOMETIDOS A MEJORAMIENTO CON YESOS AGRICOLAS.

No. COLUMNNA	PROF. CM	% $\theta$ SE--CADO AL AIRE	% $\theta$ SATU RACION	No. CO--LUMNA	PROF. CM	% $\theta$ SE--CADO AL AIRE	% $\theta$ SATU RACION.
19	1	1.9	68.1	22	1	1.5	77.6
	2	6.1	68.6		2	2.1	74.4
	3	2.9	67.0		3	1.7	74.8
	4	3.7	68.0		4	1.7	71.7
	5	2.1	69.8		5	1.5	71.3
	6	3.0	68.8		6	0.5	72.7
	7	1.6	69.7		7	1.5	74.0
	8	3.3	70.0		8	2.8	72.9
	9	3.4	68.1		9	1.6	71.2
	10	1.5	66.6		10	2.3	72.8
20	1	1.2	70.8	23	1	1.6	75.0
	2	2.1	68.7		2	2.9	67.5
	3	3.2	68.7		3	1.1	68.8
	4	1.2	70.6		4	0.6	70.0
	5	2.0	69.0		5	1.5	68.9
	6	2.8	69.3		6	2.6	66.5
	7	1.9	71.1		7	2.2	69.8
	8	1.0	71.1		8	1.7	69.4
	9	2.2	70.0		9	1.4	70.8
	10	0.2	69.0		10	1.1	67.0
21	1	2.2	69.5	24	1	3.8	60.7
	2	2.9	69.3		2	4.2	62.1
	3	1.8	69.3		3	4.6	59.4
	4	2.3	67.9		4	4.1	60.6
	5	1.0	71.1		5	4.8	59.0
	6	0.0	71.0		6	5.1	59.4
	7	2.0	70.3		7	4.6	58.1
	8	2.6	70.9		8	5.3	59.8
	9	2.5	71.2		9	5.2	58.9
	10	2.2	70.8		10	5.9	56.4

CUADRO No. 18  
 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS EN ESTADO DE SECADO AL AIRE EN  
 CONDICIONES DE SATURACION DE LOS SUELOS SOMETIDOS A MEJORAMIENTO CON  
 YESOS AGRICOLAS.

No. CO- LUMNA	PROF. CM	% $\theta$ SE-- CADO AL AIRE	% $\theta$ SATU RACION	No. CO -- LUMNA	PROF. CM	% $\theta$ SE-- CADO AL AIRE	% $\theta$ SATU RACION
25	1	1.9	87.2	28	1	0.0	67.5
	2	2.1	89.7		2	3.0	66.4
	3	2.1	84.9		3	0.9	70.8
	4	1.0	84.3		4	0.5	71.0
	5	0.5	87.1		5	1.0	69.3
	6	0.9	84.3		6	0.0	70.7
	7	1.0	81.8		7	1.3	71.3
	8	1.1	87.8		8	0.4	72.8
	9	1.0	85.8		9	1.0	71.3
	10	0.6	75.8		10	0.4	67.3
26	1	2.2	62.6	29	1	3.8	74.5
	2	3.8	59.7		2	2.9	75.5
	3	3.4	61.9		3	2.6	76.0
	4	1.7	64.8		4	3.4	72.2
	5	3.6	62.0		5	3.8	76.3
	6	4.4	59.1		6	4.1	72.9
	7	3.6	62.3		7	4.3	77.8
	8	4.2	60.0		8	4.6	75.6
	9	4.1	60.4		9	4.3	74.6
	10	3.5	59.0		10	4.7	67.1
27	1	3.8	68.5	30	1	2.4	65.1
	2	2.1	59.8		2	4.5	76.1
	3	1.2	60.9		3	4.3	66.8
	4	2.0	59.3		4	7.0	65.4
	5	2.7	63.2		5	4.7	68.5
	6	3.8	59.7		6	5.4	68.3
	7	2.9	54.8		7	5.2	68.4
	8	2.5	60.1		8	4.6	68.5
	9	2.3	60.2		9	4.0	68.7
	10	3.3	54.9		10	4.3	73.8

NOTA: Las profundidades son 1=0-5 cm., 2=5-10 cm., y así sucesivamente hasta la 10 que es igual a 45-50 cm.

## V.- RESULTADOS DE LA RELACION SATURACION Y 1:5.

Como se menciona en la parte de la Introducción y se puede deducir de la Bibliografía el uso de cualquier relación suelo: agua es de utilidad; sin embargo para cada enfoque sobre el proceso de estudio, originará que cierta relación sea conveniente o no para el fin propuesto. Se describieron los resultados, algunos estarán dentro del apéndice, centrando la discusión en las figuras y coeficientes de paso, que permiten mostrar con cierta objetividad los resultados.

### 5.1 Perfiles de Sales en los Sitios de Muestreo.

Los datos que se obtuvieron respecto al contenido de sales y cada ión en particular se graficaron, siguiendo la metodología de la URSS, en perfiles de sales, que permiten observar con mayor objetividad los cambios de los iones en el perfil de suelo, a cada ión corresponde una área específica de acuerdo a su contenido y el total de ellos se grafica como cationes y aniones.

1.- Obrajuelo, Estado de Guanajuato.- Los datos acerca de los iones, pH, CE, RS (residuo seco), se encuentran en los cuadros que corresponden a saturación y los cuadros correspondientes a la relación 1:5. Los perfiles de sales de cada relación se encuentran en las Figs. 6 y 7 y los cuadros 19, 20, 21 y 22.

2.- Montecillos, Estado de México.- Los datos para sales totales y pH se encuentran en los cuadros 23, 24, 25 y 26. Así como las figuras 8 y 9 que representan los perfiles de sales de cada sitio de muestreo.

3.- Monterrey, Estado de Nuevo León.- En este caso es un perfil el cual sus resultados se presentan en el cuadro 27 y 28 y la gráfica en la Figura No. 10

4.- El Carmen, Estado de Puebla.- En este sitio se tomaron dos perfiles cuyos resultados en extracto de saturación y relación 1:5 se encuentran en los cuadros 29-32 los perfiles de sales en las relaciones Suelo:Agua mencionadas se representan en las Figuras No. 11

5.- Experimento Sobre Mejoramiento de Suelos.- Los resultados de este experimento en relación Suelo-Agua 1:5 se encuentran en el trabajo de Nunes F. 1984 y los obtenidos en el extracto de saturación obtenidos por el autor se reportan en los cuadros Nos. 33 al 48.

La información obtenida es considerable, por lo que los datos anteriormente mencionados, no se incluyen y se cita la referencia en la cual se encuentran. Sin embargo como parte importante de comparación se dibujaron los perfiles de sales de cada relación en una hoja común, encontrándose en las Figuras de la 1 a la 12 a la 27.

#### 5.2.- Relaciones Funcionales de las Variables consideradas en Saturación y Relación 1:5

Aún cuando el objetivo de este trabajo, en parte, es encontrar las relaciones funcionales entre las variables medidas en Relación 1:5 y  $1:0.2 - 0.6$  (Saturación), en algunos casos, se muestra la variación de los puntos con respecto a una línea recta. En esta parte se mostrarán las Figuras que contienen algunas posibilidades de relación y la dispersión de los puntos medidos, su discusión se realizará con más detalle, posteriormente.

Para el análisis de los datos, se dividieron en tres formas, primero se analizaron los datos de El Carmen, Estado de Puebla; Monterrey, Estado de Nuevo León; Montecillos, Estado de México; Obrajuelo, Estado de Guanajuato, en un grupo, después los del experimento de mejoramiento en otro y finalmente todos en un solo grupo, por lo que aparecerán tres gráficas de cada una de las variables para las dos relaciones Suelo-Agua.



CUADRO 19 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE OBRAJUELO ,GTO. PERFIL No. 1  
 DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>		
0-30	7.4	0.21	0.20	0.04	0.80	0.05	1.09	0.00	0.45	0.20	2.37	3.02	0.116
30-60	7.2	1.83	4.96	1.24	6.05	0.20	12.45	0.00	0.34	0.26	9.94	10.54	0.342
60-90	7.2	1.83	6.40	1.36	5.90	0.23	13.89	0.00	0.22	0.29	14.23	14.74	0.496
90-120	8.9	1.06	0.08	0.20	4.95	0.11	5.34	0.68	0.92	0.28	3.85	5.73	0.260
120-150	9.1	0.84	0.08	0.16	4.10	0.09	4.43	1.06	0.67	0.25	1.54	3.52	0.200
150-180	9.1	0.90	0.10	0.34	4.20	0.09	4.73	1.32	0.22	0.27	1.02	2.83	0.158
180-210	9.1	0.97	0.06	0.14	4.90	0.10	5.20	1.38	0.45	0.26	2.82	4.91	0.250

CUADRO 20 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO DE OBRAJUELOS , GTO. PERFIL No. 1 DETERMINADA EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:-0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-30	8.5	1.61	0.07	0.03	1.18	0.01	1.31	0.12	0.38	0.21	0.74	1.47	0.034
30-60	7.2	4.69	1.43	0.28	3.21	0.05	4.97	0.00	0.17	0.16	3.76	4.10	0.379
60-90	7.0	5.22	1.63	0.42	4.70	0.07	6.83	0.00	0.11	0.16	4.53	4.80	0.431
90-120	8.2	3.96	0.14	0.02	3.96	0.03	4.15	0.11	0.27	0.19	2.74	3.33	0.290
120-150	8.8	3.34	0.14	0.06	3.60	0.02	3.83	0.47	0.32	0.18	1.91	2.89	0.241
150-180	8.8	3.55	0.08	0.06	4.49	0.04	4.67	0.53	0.89	0.21	1.65	3.29	0.327
180-210	9.0	3.86	0.10	0.03	4.10	0.03	4.27	0.92	0.29	0.26	1.99	3.48	0.297

CUADRO 21 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE OBRAJUELO , GTO. PERFIL No. 2  
DETERMINADA EN EL EXTRACTO SUELO: AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>		
0-30	9.2	0.84	0.16	0.24	3.85	0.13	4.38	0.94	1.05	0.54	5.31	7.84	0.174
30-60	9.3'	1.40	0.16	0.36	7.50	0.10	8.12	1.50	1.19	1.46	3.34	7.49	0.310
60-90	9.1	1.83	0.12	0.32	8.95	0.11	9.50	1.00	1.64	2.30	2.91	7.85	0.238
90-120	9.1	2.01	0.12	0.32	9.70	0.14	10.28	1.12	1.30	2.64	4.37	9.43	0.504
150-180	9.1	2.92	0.18	0.34	13.55	0.23	14.30	1.16	0.86	4.86	9.25	16.13	0.726
180-210	9.2	2.98	0.24	0.28	14.45	0.27	15.24	1.46	0.46	5.52	11.23	18.67	0.512

NOTA: LA PROFUNDIDAD DE 120-150 CM. NO SE REALIZO POR FALTA DE SUELO

CUADRO 22 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE OBRAJUELOS, GTO. PERFIL No. 2 DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:1=0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		
0-30	8.7	2.19	0.12	0.07	2.49	0.04	2.73	0.19	0.68	0.63	0.29	1.80	0.133
30-60	8.7	2.92	0.15	0.06	3.70	0.05	3.98	0.38	0.50	1.17	1.18	3.24	0.288
60-90	8.7	3.96	0.18	0.02	6.10	0.09	6.40	0.36	0.65	2.04	2.43	5.51	0.385
90-120	8.6	5.53	0.14	0.07	9.22	0.15	9.57	0.23	0.80	2.88	3.35	7.27	0.542
150-180	8.4	2.71	0.14	0.07	10.18	0.20	10.60	0.24	0.26	5.52	4.55	10.57	0.782
180-210	8.4	3.23	0.12	0.06	9.70	0.21	10.10	0.19	0.19	5.54	4.35	10.28	0.779

NOTA: LA MUESTRA DE 120-150 CM. NO FUE ANALIZADA POR FALTA DE SUELO.

CUADRO 23 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DEL PREDIO DE MONTECILLOS. PERFIL No. 1 DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C . E. mmhos/cm a 25° C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-30	6.7	0.39	0.73	0.62	0.05	0.07	1.47	0.00	0.07	0.14	0.86	1.47	0.116
30-60	8.1	0.23	0.32	0.30	0.15	0.05	0.82	0.00	0.23	0.10	0.42	0.75	0.072
60-90	8.7	0.13	0.10	0.21	0.15	0.06	0.52	0.00	0.42	0.10	0.07	0.59	0.032
90-120	8.8	0.12	0.12	0.10	0.05	0.05	0.32	0.00	0.25	0.09	0.05	0.39	0.032
120-150	8.7	0.12	0.12	0.13	0.15	0.05	0.45	0.00	0.27	0.09	0.08	0.44	0.032
150-180	8.4	0.13	0.14	0.15	0.15	0.06	0.50	0.00	0.17	0.09	0.13	0.39	0.046
180-210	8.4	0.14	0.15	0.15	0.15	0.07	0.52	0.00	0.20	0.09	0.15	0.44	0.042

CUADRO 24 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DEL PREDIO DE MONTECILLOS. PERFIL No. 1. DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1=0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades	pH	C. E. mmhos/ cm a 25°C	Cationes meq/100 g. de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo Seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-30	5.7	3.25	0.69	0.64	0.12	0.01	0.93	0.00	0.03	0.08	0.82	0.93	0.063
30-60	6.7	1.73	0.32	0.24	0.15	0.00	0.35	0.00	0.05	0.08	0.22	0.35	0.056
60-90	7.5	0.78	0.08	0.16	0.12	0.00	0.62	0.01	0.09	0.08	0.22	0.62	0.022
90-120	7.5	0.73	0.06	0.10	0.12	0.00	0.17	0.00	0.04	0.07	0.04	0.17	0.023
120-150	7.5	0.78	0.06	0.11	0.14	0.00	0.25	0.00	0.07	0.11	0.06	0.25	0.031
150-180	7.4	1.30	0.13	0.05	0.18	0.00	0.35	0.00	0.07	0.11	0.17	0.35	0.045
180-210	7.5	1.19	0.11	0.12	0.18	0.01	0.33	0.00	0.06	0.12	0.14	0.33	0.113

CUADRO 25 CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DEL PREDIO DE MONTECILLOS PERFIL No. 2 DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C.E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo.				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-30	8.4	1.61	1.20	1.56	4.35	0.72	7.83	0.00	0.52	0.57	5.93	7.02	0.582
30-60	9.0	0.46	0.19	0.23	2.20	0.29	1.91	0.00	0.80	0.19	0.74	1.73	0.134
60-90	8.9	0.39	0.16	0.18	1.10	0.18	1.62	0.00	0.60	0.23	0.71	1.54	0.114
90-120	8.8	0.46	0.26	0.33	1.20	0.15	1.94	0.00	0.42	0.28	0.98	1.68	0.130
120-150	8.5	0.56	0.22	0.34	1.55	0.13	2.28	0.00	0.33	0.31	1.30	1.94	0.164
50-180	8.6	0.73	0.30	0.40	2.15	0.20	3.05	0.00	0.51	0.40	1.65	2.56	0.214
80-210	8.6	0.64	0.26	0.42	1.90	0.18	2.76	0.00	0.45	0.37	1.34	2.16	0.172

CUADRO 26 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DEL PREDIO DE MONTECILLOS. PERFIL No. 2. DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA, 1=0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades	pH	C. E. mmhos/ cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>m</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>m</sup>		
0-30	7.8	5.94	1.25	1.96	2.11	0.25	5.55	0.04	0.27	0.63	3.88	4.82	0.321
30-60	7.8	2.17	0.15	0.35	1.21	0.16	1.89	0.02	0.18	0.25	0.59	1.05	0.103
60-90	7.9	1.14	0.15	0.34	0.90	0.08	1.49	0.00	0.15	0.22	0.50	0.89	0.088
90-120	7.9	2.30	0.29	0.55	1.19	0.08	2.12	0.00	0.12	0.34	0.88	1.35	0.130
120-150	7.9	2.80	0.38	0.87	1.82	0.12	3.20	0.00	0.16	0.40	1.25	1.81	0.191
150-180	7.8	3.02	0.49	0.91	2.22	0.13	3.76	0.01	0.16	0.47	1.66	2.32	0.205
180-210	7.9	3.80	0.41	0.72	1.73	0.10	2.97	0.01	0.16	0.46	1.35	2.00	0.207



CUADRO 27 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE MONTERREY, NUEVO LEON DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO-AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-20	7.7	0.48	0.46	0.88	0.75	0.09	2.18	0.00	0.41	0.68	1.03	2.12	0.168
20-40	7.8	0.47	0.46	0.92	0.75	0.08	2.21	0.00	0.39	0.66	0.98	2.03	0.172
40-60	8.4	0.39	0.42	0.78	0.75	0.13	2.08	0.00	0.31	0.64	0.70	1.65	0.144
60-80	8.3	0.41	0.47	0.81	0.45	0.06	1.79	0.00	0.35	0.68	0.72	1.75	0.128
80-100	8.5	0.40	0.45	0.77	0.40	0.08	1.70	0.00	0.30	0.68	0.80	1.78	0.140
100-120	8.5	0.39	0.43	0.76	0.40	0.11	1.70	0.00	0.30	0.62	0.74	1.66	0.134
120-140	8.8	0.33	0.37	0.60	0.35	0.12	1.44	0.00	0.30	0.56	0.69	1.55	0.122
140-160	8.7	0.36	0.45	0.59	0.30	0.15	1.49	0.00	0.26	0.56	0.81	1.63	0.116
160-180	8.5	0.32	0.42	0.53	0.20	0.14	1.29	0.00	0.24	0.46	0.68	1.38	0.126
180-200	8.6	0.28	0.35	0.47	0.20	0.14	1.12	0.00	0.20	0.40	0.66	1.26	0.094

CUADRO 27 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE MONTERREY, NUEVO LEON DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO: AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
200-220	8.7	0.45	0.68	0.90	0.35	0.07	2.00	0.00	0.20	0.47	1.25	1.92	0.160
220-240	8.4	0.44	0.62	0.90	0.30	0.05	1.87	0.00	0.25	0.49	1.26	2.00	0.184
240-260	8.6	0.43	0.60	0.90	0.30	0.03	1.83	0.00	0.22	0.47	1.21	1.90	0.178
260-280	8.5	0.39	0.52	0.88	0.30	0.03	1.73	0.00	0.24	0.49	1.02	1.75	0.148
280-300	8.5	0.46	0.50	0.91	0.55	0.05	2.01	0.00	0.30	0.61	1.23	2.14	0.176
300-320	8.5	0.46	0.62	0.99	0.40	0.03	2.04	0.00	0.27	0.61	1.26	2.14	0.184
320-340	8.4	0.47	0.64	0.93	0.45	0.05	2.07	0.00	0.26	0.65	1.28	2.19	0.186
340-360	8.5	0.47	0.64	1.04	0.40	0.04	2.12	0.00	0.28	0.69	1.25	2.22	0.178
360-380	8.5	0.47	0.68	1.02	0.40	0.04	2.14	0.00	0.22	0.72	1.28	2.22	0.172
380-400	8.6	0.51	0.73	1.05	0.45	0.04	2.27	0.00	0.25	0.74	1.34	2.33	0.170

CUADRO 28 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE MONTERREY, NUEVO LEON DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:=0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-20	7.8	2.95	0.89	0.59	0.80	0.04	2.32	0.01	0.28	0.72	1.18	2.23	0.172
20-40	7.8	3.06	0.95	0.59	0.76	0.03	2.34	0.05	0.19	0.80	1.24	2.28	0.176
40-60	7.8	2.65	0.60	0.42	0.51	0.00	1.54	0.02	0.09	0.62	0.73	1.48	0.115
60-80	7.8	2.85	0.76	0.46	0.56	0.00	1.79	0.02	0.07	0.67	1.02	1.79	0.133
80-100	7.8	3.06	0.82	0.45	0.60	0.04	1.92	0.00	0.08	0.74	0.91	1.73	0.140
100-120	7.7	3.16	0.92	0.61	0.60	0.06	2.19	0.00	0.08	0.78	1.19	2.05	0.160
120-140	7.7	3.26	0.83	0.47	0.66	0.07	2.04	0.00	0.07	0.88	1.13	1.89	0.147
140-160	7.6	3.26	0.70	0.37	0.42	0.07	1.57	0.00	0.04	0.44	0.93	1.42	0.116
160-180	7.5	3.16	0.87	0.39	0.41	0.09	1.77	0.00	0.05	0.47	1.17	1.69	0.128
180-200	7.6	2.95	0.55	0.25	0.32	0.05	1.18	0.00	0.03	0.31	0.76	1.10	0.087

CUADRO 28 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE MONTERREY, NUEVO LEON DETERMINADO EN EL EXTRACTO DE SUELO:AGUA 1:=0:2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>		
200-220	7.7	3.46	0.98	0.43	0.43	0.03	1.88	0.00	0.05	0.38	1.33	1.76	0.141
220-240	7.4	3.57	1.01	0.41	0.43	0.02	1.89	0.00	0.04	0.42	1.27	1.74	0.142
240-260	7.4	3.26	0.96	0.42	0.36	0.01	1.76	0.00	0.04	0.38	1.30	1.73	0.135
260-280	7.6	3.26	0.95	0.33	0.37	0.00	1.66	0.00	0.04	0.43	1.07	1.55	0.129
280-300	7.6	3.06	1.00	0.21	0.51	0.02	1.75	0.00	0.05	0.49	1.09	1.64	0.134
300-320	7.6	3.26	0.91	0.54	0.43	0.01	1.90	0.00	0.05	0.54	1.19	1.78	0.213
320-340	7.7	2.95	1.01	0.57	0.47	0.02	2.09	0.00	0.06	0.60	1.34	2.00	0.154
340-360	7.5	2.85	0.89	0.51	0.48	0.01	1.90	0.00	0.06	0.66	1.06	1.79	0.371
360-380	7.5	3.06	0.96	0.55	0.55	0.02	2.08	0.00	0.05	0.61	1.13	1.80	0.152
380-400	7.6	2.95	0.94	0.62	0.62	0.02	2.20	0.00	0.07	0.65	1.23	1.95	0.143

CUADRO 29 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE EL CARMEN, PUEBLA PERFIL No. 1 DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-12	9.1	0.22	0.03	0.04	1.10	0.06	1.23	0.42	0.73	0.19	0.15	1.49	0.116
32-40	9.6	0.24	0.04	0.04	1.20	0.05	1.33	0.42	0.70	0.28	0.12	1.52	0.116
65-70	8.4	0.18	0.06	0.04	0.80	0.06	0.96	0.10	0.68	0.24	0.10	1.12	0.094

CUADRO 30 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES DE EL SUELO DE EL CARMEN, PUEBLA PERFIL No. 1 DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1=0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades (xm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-12	8.7	1.61	0.04	0.02	0.66	0.02	0.75	0.03	0.57	0.08	0.04	0.73	0.075
32-40	8.8	1.29	0.03	0.03	0.53	0.01	0.61	0.04	0.28	0.22	0.13	0.68	0.047
65-70	8.5	1.07	0.03	0.01	0.49	0.00	0.55	0.03	0.31	0.12	0.25	0.73	0.168

CUADRO 31 . . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO DE EL CARMEN, PUEBLA PERFIL No. 2  
 DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:5

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100gde suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-13	10.0	0.38	0.09	0.10	1.85	0.13	2.12	1.30	0.60	0.18	0.29	2.37	0.154
27-35	9.9	0.72	0.08	0.10	3.95	0.14	4.22	1.90	1.14	0.58	0.38	4.00	0.274
65-75	9.7	0.30	0.18	0.22	1.35	0.12	1.67	0.60	0.70	0.20	0.26	1.76	0.106

CUADRO 32 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO DE EL CARMEN, PUEBLA PERFIL No. 2 DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1=0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION).

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-13	9.3	1.93	0.01	0.00	0.63	0.02	0.66	0.09	0.21	0.07	0.15	0.53	0.007
27-35	9.5	3.22	0.01	0.01	1.04	0.02	1.09	0.20	0.23	0.14	0.25	0.83	0.141
65-75	8.9	1.61	0.04	0.03	0.47	0.01	0.57	0.05	0.26	0.10	0.22	0.59	0.044



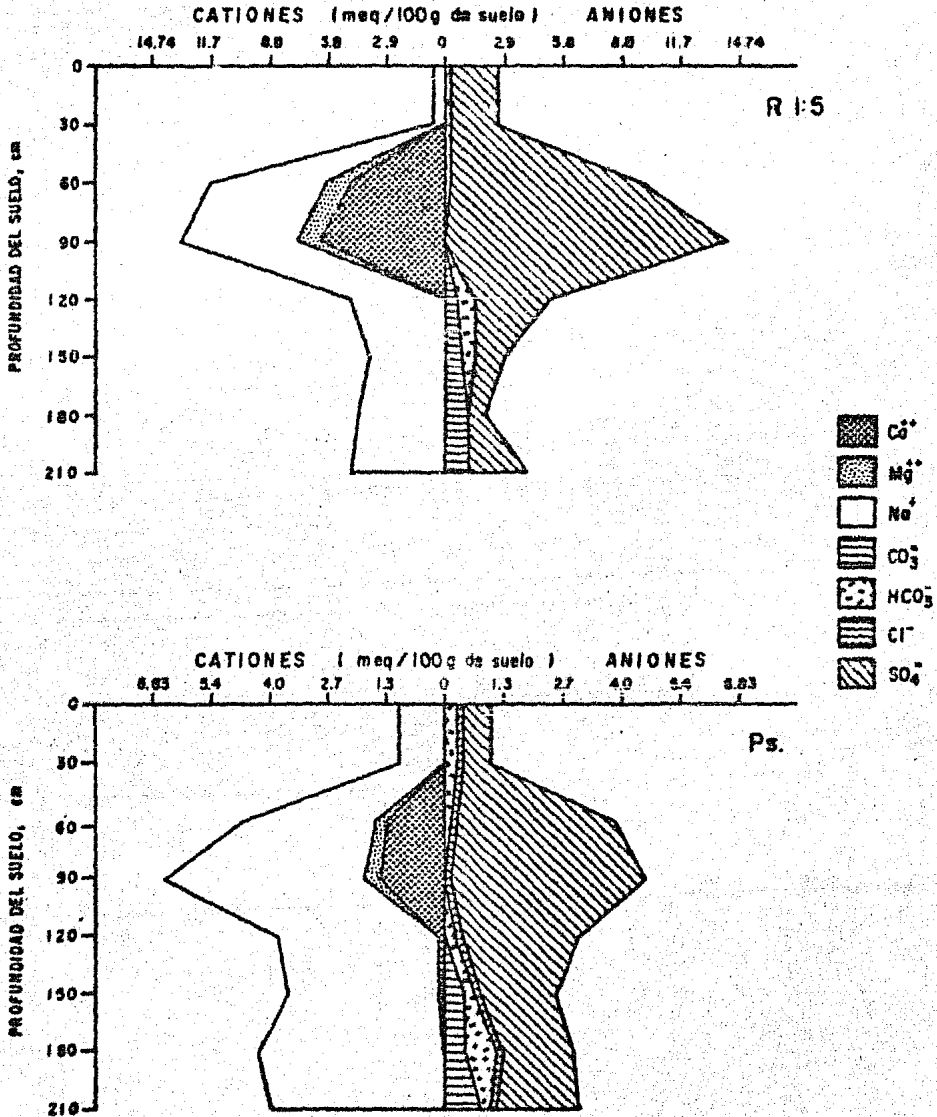


Fig. 6. Perfil No.1 de sales solubles del suelo de Obrajuelo, Gto. Expresado en relaciones suelo: agua 1:5 y pasta de saturación.

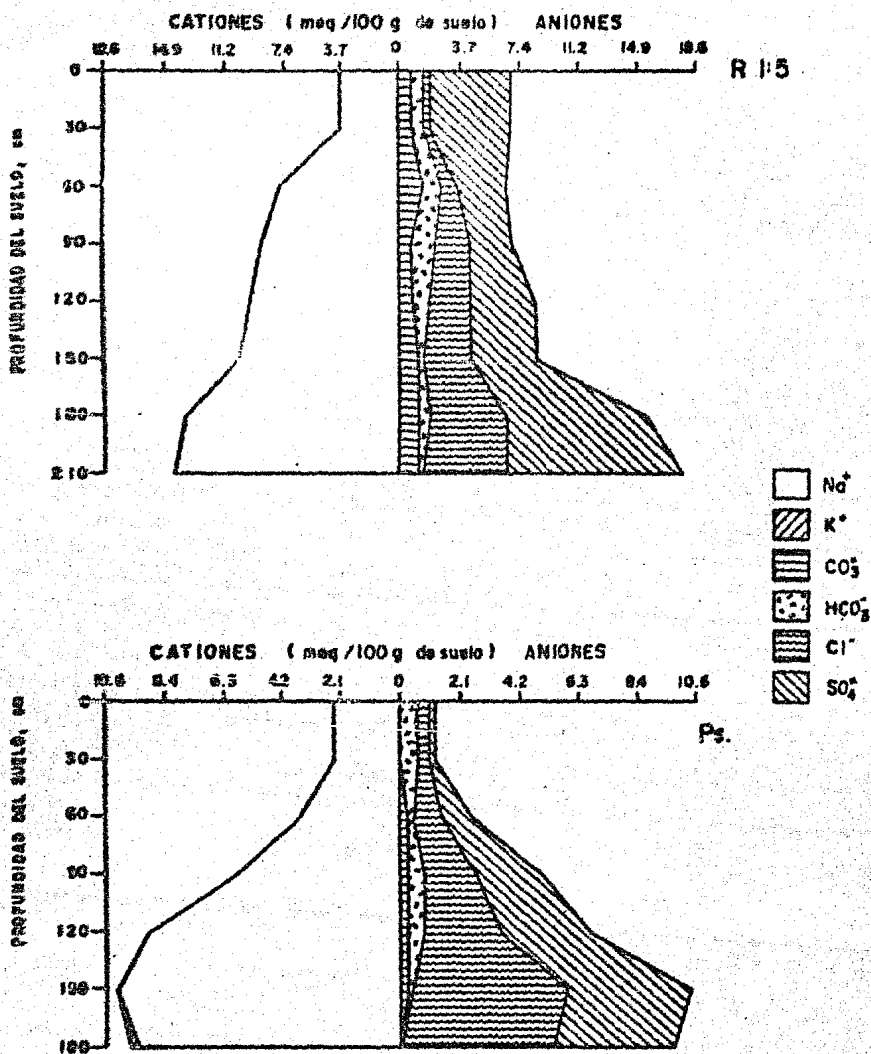


Fig. 7. Perfil No. 2 de sales solubles del suelo de Obrajuelo, Gto. Expresado en relaciones suelo:agua 1:5 y pasta de saturación.

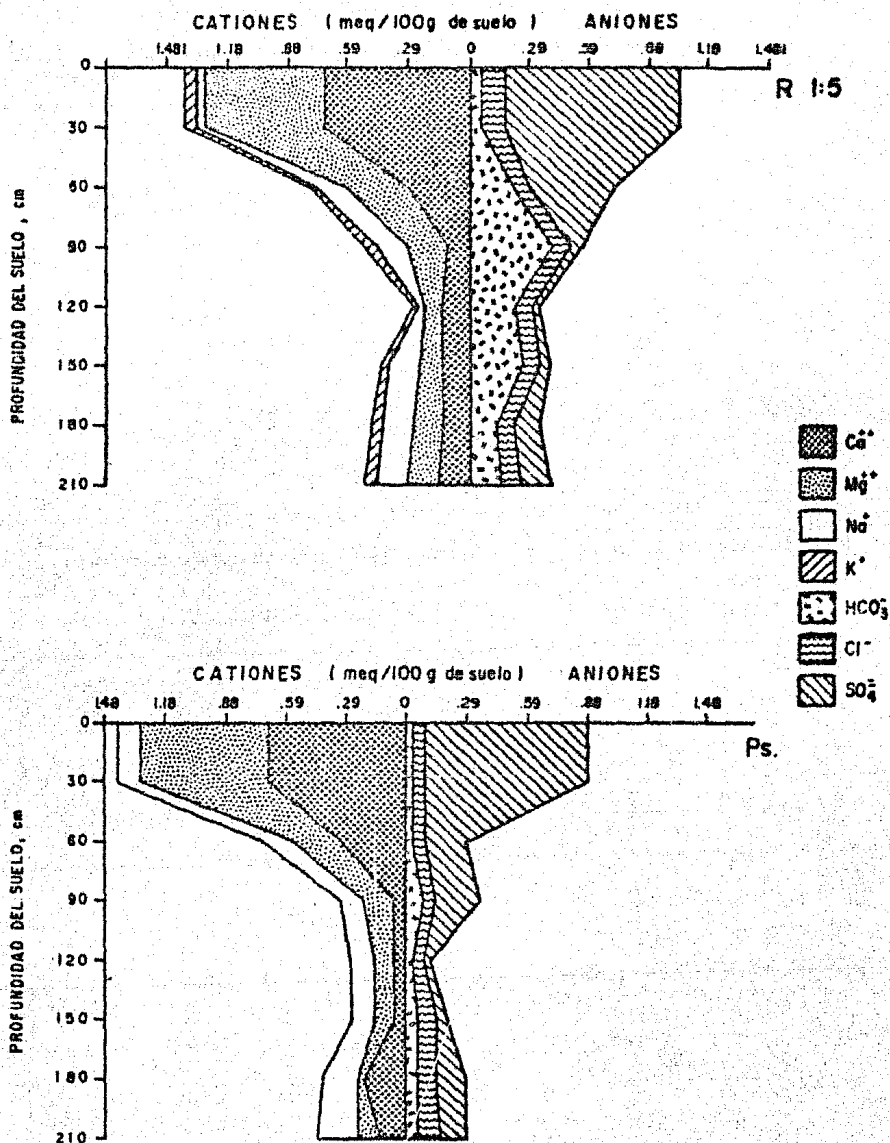


Fig. 8 Perfil No. 1 de sales solubles de suelo de Montecillos.  
Expresado en relación suelo: agua 1:5 y pasta de saturación.

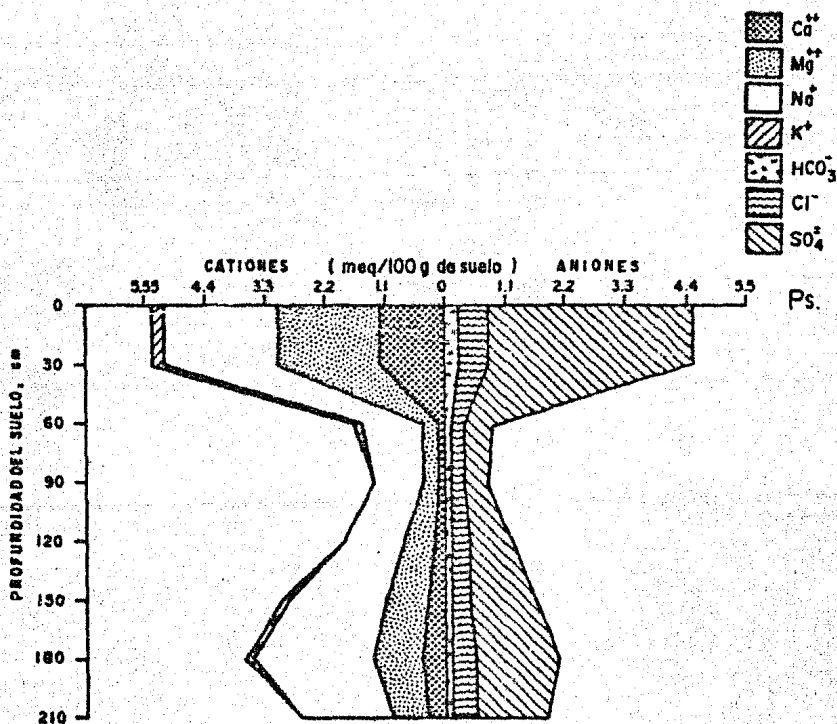
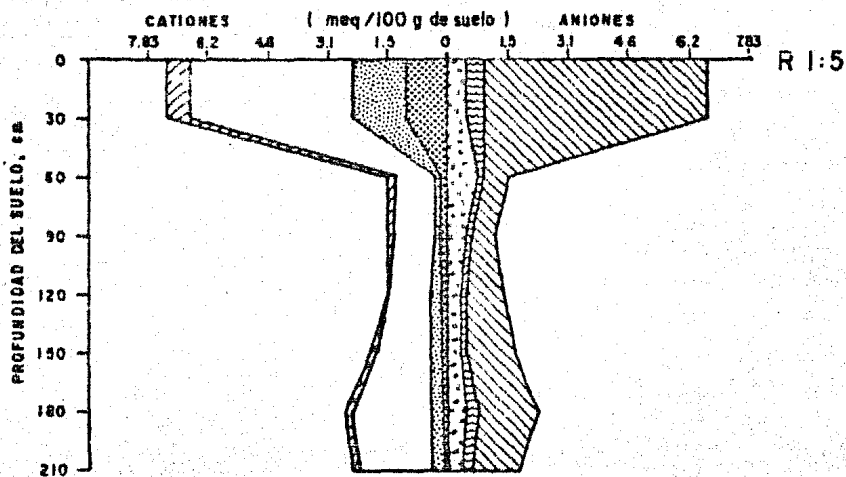


Fig. 9. Perfil No. 2 de sales solubles de suelo de Montecillos  
Expresado en relación suelo-agua 1:5 y pasta de saturación.

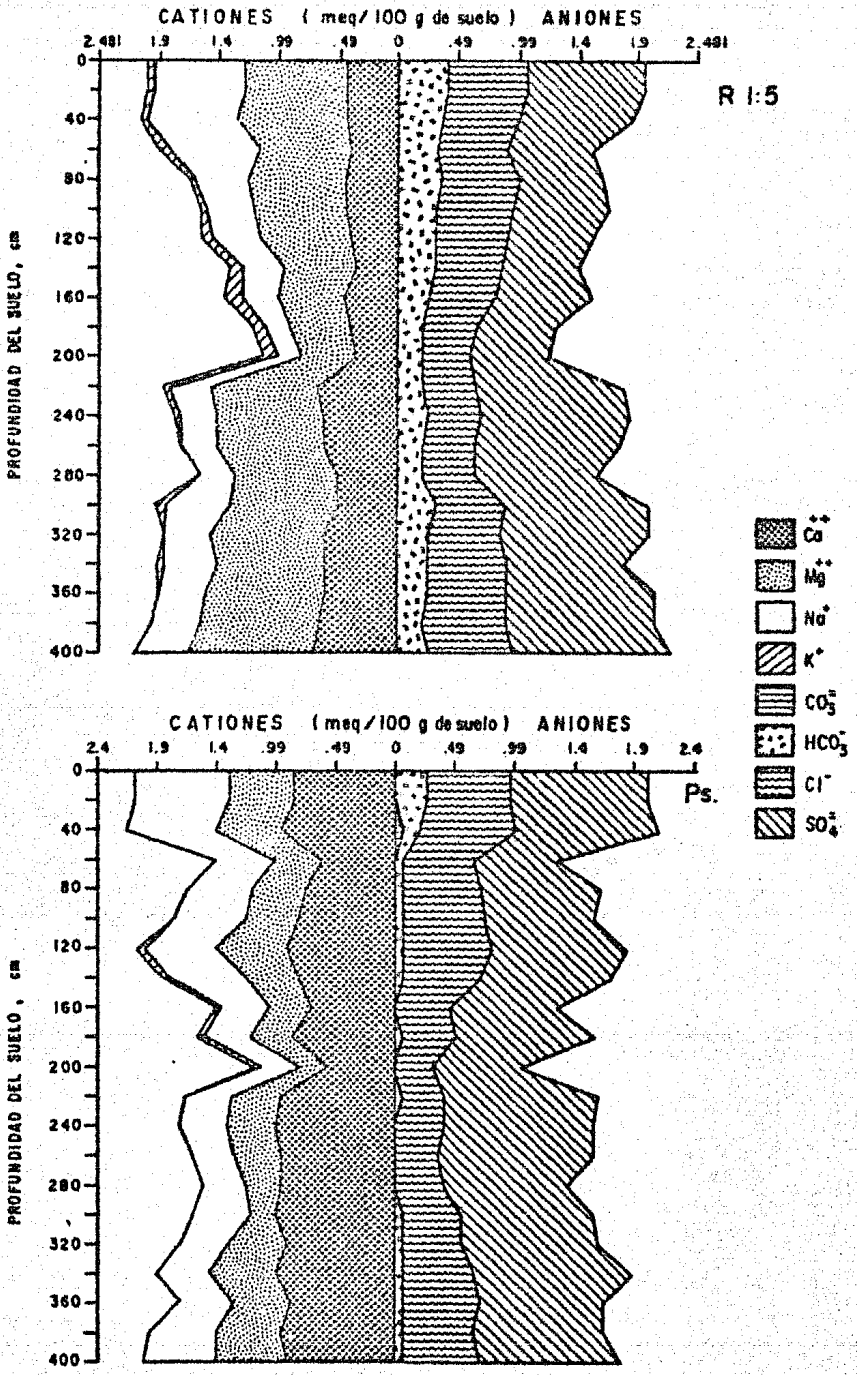


Fig. 10. Perfil de sales solubles de suelos de Nuevo León. Expresados en relaciones suelo-agua 1:5 y pasta de saturación.

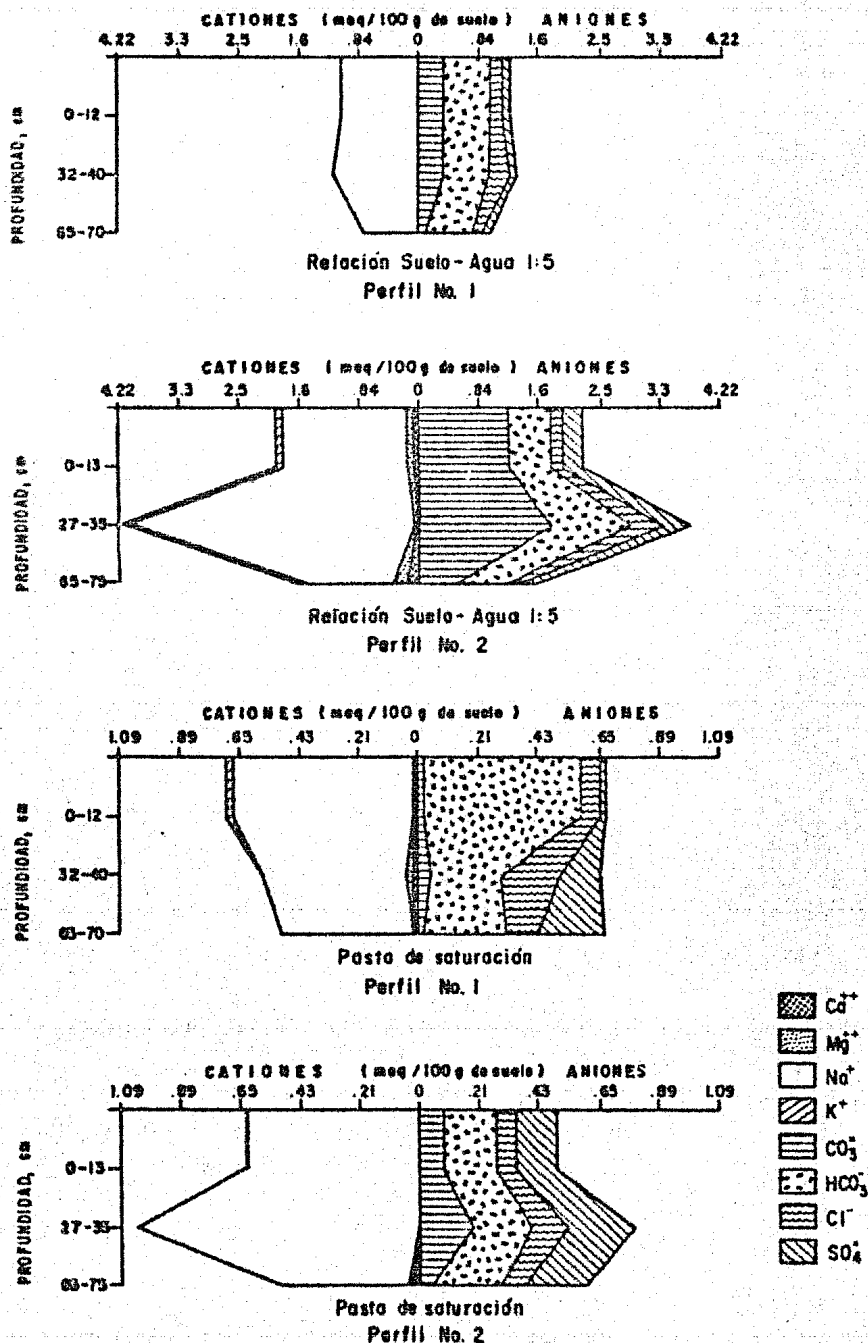


Fig. II. Perfil 1 y 2 de sales solubles de suelos de El Carmen, Puebla. Expresados en relaciones suelo:agua 1:5 y pasta de saturación.

CUADRO 33 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 28.74 CM (0.00 FT) CON YESO JALISCO SOLUBILIZADO EN AGUA DE RIEGO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>		
0-5	7.7	4.47	1.82	0.39	2.12	0.08	4.41	0.02	0.29	0.66	2.40	3.38	0.345
5-10	8.0	3.32	0.49	0.18	2.60	0.07	3.36	0.05	0.38	0.38	1.31	2.13	0.216
10-15	8.4	2.90	0.28	0.14	2.29	0.09	2.81	0.09	0.40	0.31	1.07	1.87	0.189
15-20	8.4	2.63	0.21	0.26	2.03	0.07	2.58	0.08	0.41	0.29	0.86	1.66	0.169
20-25	8.4	2.41	0.20	0.06	1.78	0.04	2.09	0.11	0.37	0.26	0.84	1.60	0.159
25-30	8.5	2.30	0.18	0.06	1.92	0.04	2.21	0.09	0.36	0.24	0.76	1.46	0.149
30-35	8.4	2.29	0.17	0.03	1.83	0.04	2.09	0.08	0.35	0.24	0.78	1.46	0.147
35-40	8.5	3.08	0.18	0.05	2.04	0.04	2.32	0.09	0.37	0.24	0.80	1.52	0.156
40-45	8.4	3.32	0.29	0.11	3.35	0.05	3.80	0.10	0.35	0.28	1.46	2.19	0.219
45-50	8.0	7.94	1.64	0.48	6.46	0.04	8.62	0.05	0.30	2.04	3.19	5.58	0.613

CUADRO 34 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION), DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 48.40 CM (0.50 FT) CON YESO JALISCO SOLUBILIZADO EN AGUA DE RIEGO

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	7.9	4.77	1.87	0.30	2.20	0.07	4.44	0.01	0.28	0.62	2.53	3.45	0.349
5-10	7.8	4.11	1.36	0.41	1.83	0.06	3.66	0.01	0.24	0.41	2.53	3.19	0.301
10-15	8.0	4.12	0.86	0.30	2.21	0.06	3.44	0.05	0.27	0.16	2.25	2.74	0.285
15-20	8.4	4.37	0.60	0.23	2.25	0.04	3.13	0.07	0.31	0.14	2.18	2.71	0.296
20-25	8.2	4.15	0.53	0.13	2.61	0.04	3.33	0.07	0.36	0.13	2.04	2.60	0.282
25-30	8.3	3.41	0.34	0.10	1.85	0.03	2.33	0.07	0.35	0.25	1.43	2.11	0.210
30-35	8.3	3.09	0.30	0.08	1.59	0.02	1.99	0.08	0.30	0.41	1.16	1.96	0.193
35-40	8.4	3.41	0.26	0.06	2.01	0.03	2.37	0.08	0.38	0.46	1.15	2.07	0.208
40-45	8.5	3.05	0.23	0.06	1.83	0.02	2.15	0.10	0.42	0.44	1.06	2.03	0.185
45-50	8.5	3.05	0.23	0.01	1.76	0.02	2.03	0.11	0.45	0.45	1.11	2.13	0.193



CUADRO 35. . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6; (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 61.93 CM. (0.75 T<sub>T</sub>); CON YESO JALISCO SOLUBILIZADO EN AGUA DE RIEGO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/ cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	7.9	5.10	2.04	0.18	1.60	0.06	3.88	0.01	0.24	0.23	2.89	3.37	0.378
5-10	7.6	4.72	1.81	0.40	1.47	0.06	3.74	0.00	0.22	0.01	3.18	3.41	0.373
10-15	8.0	4.44	1.26	0.37	1.91	0.06	3.61	0.01	0.23	0.07	2.77	3.09	0.346
15-20	7.9	4.39	0.81	0.25	2.14	0.05	3.26	0.02	0.24	0.09	2.38	2.74	0.327
20-25	8.2	4.47	0.68	0.16	2.35	0.05	3.24	0.02	0.27	0.09	2.34	2.73	0.329
25-30	8.4	4.44	0.63	0.24	2.29	0.05	3.22	0.05	0.32	0.11	2.65	3.14	0.340
30-35	8.3	4.01	0.48	0.13	2.28	0.04	2.94	0.06	0.30	0.52	2.11	3.00	0.285
35-40	8.3	3.96	0.47	0.14	1.92	0.04	2.58	0.08	0.32	0.56	1.95	2.91	0.275
40-45	8.4	3.79	0.39	0.10	1.75	0.03	2.28	0.09	0.30	0.54	1.84	2.79	0.256
45-50	8.3	4.52	0.29	0.06	2.30	0.03	2.69	0.10	0.36	0.53	1.54	2.54	0.235

CUADRO 36 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 72.84 CM (1.00 FT) CON YESO JALISCO SOLUBILIZADO EN AGUA DE RIEGO.

Profundidades (CM)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>m</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>m</sup>		
0-5	8.1	5.93	2.18	0.45	2.79	0.08	5.51	0.05	0.33	0.94	3.51	4.84	0.453
5-10	8.0	4.72	1.74	0.51	1.97	0.08	4.30	0.02	0.20	0.42	3.14	3.79	0.368
10-15	8.1	4.94	1.42	0.55	2.49	0.09	4.55	0.01	0.25	0.35	2.97	3.59	0.398
15-20	8.2	5.16	0.96	0.48	3.31	0.08	4.83	0.03	0.30	0.42	2.92	3.67	0.549
20-25	8.3	4.62	0.49	0.42	2.81	0.06	3.78	0.05	0.29	0.37	2.37	3.09	0.311
25-30	8.2	4.00	0.47	0.17	2.50	0.05	3.19	0.07	0.31	0.46	1.97	2.81	0.269
30-35	8.4	3.92	0.45	0.15	2.37	0.05	3.03	0.07	0.30	0.43	1.69	2.50	0.246
35-40	8.4	3.89	0.46	0.14	2.50	0.05	3.15	0.07	0.31	0.41	1.79	2.59	0.258
40-45	8.5	3.94	0.38	0.16	2.59	0.04	3.18	0.10	0.30	0.48	1.67	2.56	0.256
45-50	8.5	4.14	0.34	0.08	2.43	0.04	2.90	0.11	0.39	0.53	1.74	2.78	0.426

CUADRO 37 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO, EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 76.19 CM (1.25 FT) CON YESO JALISCO SOLUBILIZADO EN AGUA DE RIEGO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.1	4.85	2.24	0.19	2.07	0.08	4.59	0.03	0.48	0.27	3.02	3.80	0.395
5-10	7.9	4.01	1.60	0.46	1.46	0.08	3.60	0.00	0.27	0.13	2.59	2.99	0.332
10-15	8.0	3.97	1.51	0.49	1.64	0.09	3.74	0.01	0.22	0.19	2.58	3.01	0.313
15-20	8.1	4.26	1.14	0.36	1.86	0.05	3.42	0.01	0.27	0.18	2.64	3.11	0.324
20-25	8.2	3.97	0.71	0.21	1.91	0.04	2.88	0.03	0.30	0.08	2.24	2.65	0.293
25-30	8.4	3.83	0.63	0.19	2.17	0.05	3.04	0.04	0.20	0.14	2.26	2.65	0.299
30-35	8.4	3.75	0.59	0.15	1.92	0.05	2.72	0.07	0.35	0.39	2.25	3.06	0.295
35-40	8.4	3.33	0.48	0.15	2.38	0.05	3.07	0.05	0.32	0.37	1.84	2.59	0.263
40-45	8.4	4.29	0.59	0.17	2.77	0.06	3.59	0.07	0.35	0.50	2.27	3.19	0.312
45-50	8.4	3.70	0.45	0.19	2.37	0.05	3.06	0.05	0.33	0.50	1.95	2.84	0.288

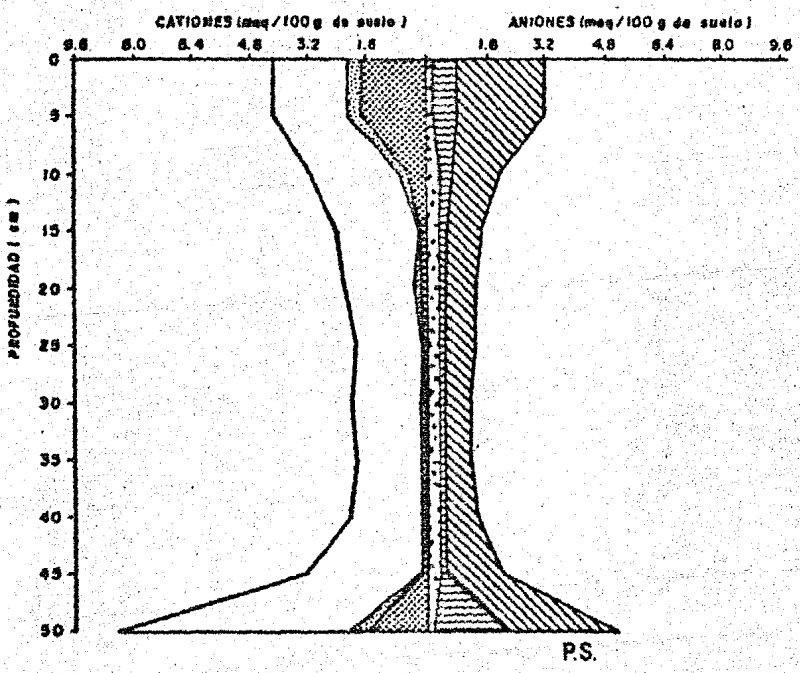
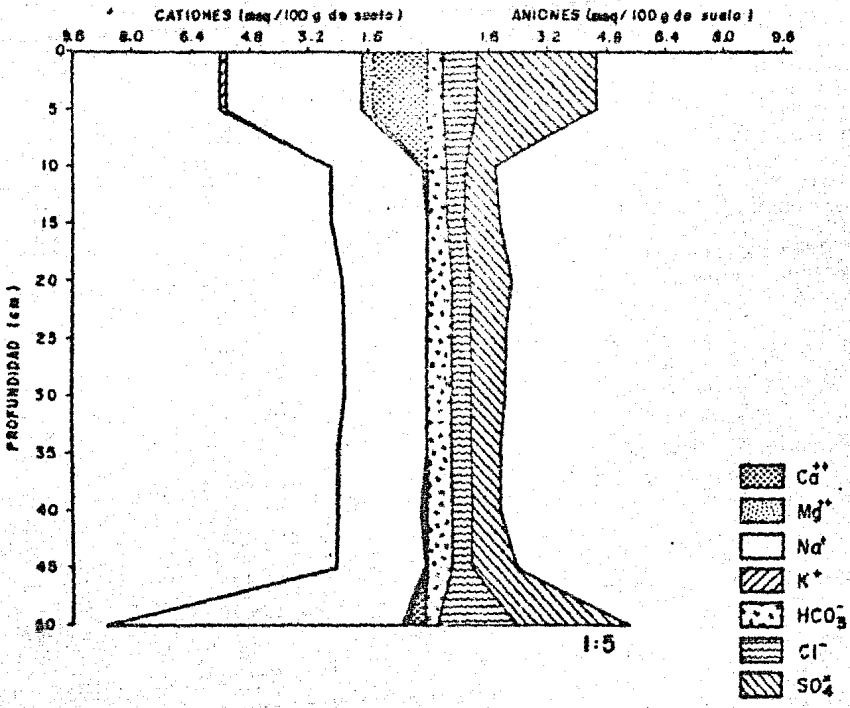


Fig. 12. Perfiles promedio de sales solubles expresado en relación suelo:agua 1:5 y pasta de saturación, después de aplicar una lámina neta de 28.74 cm (0.00 n) con yeso Jalisco solubilizada en el agua de riego.

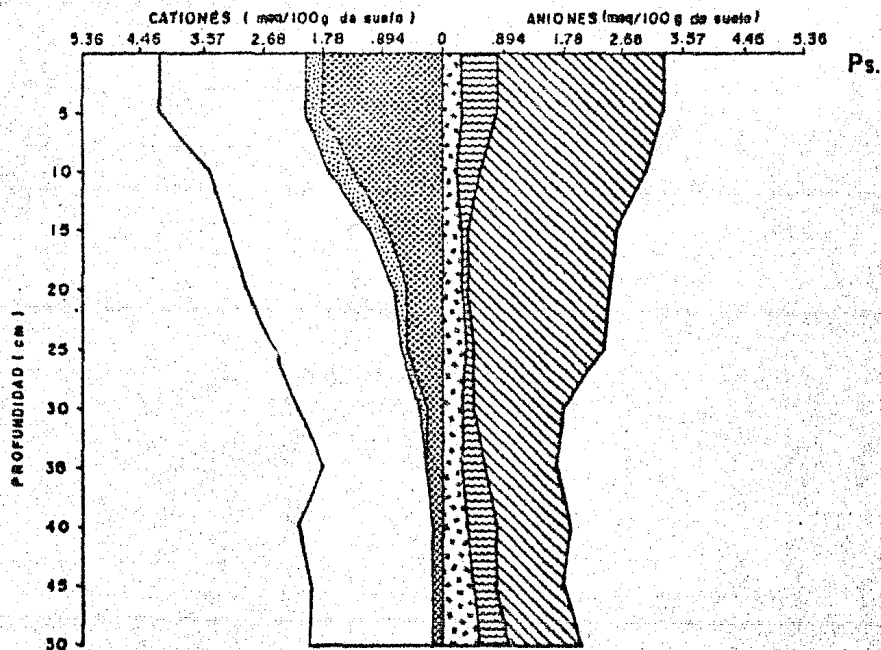
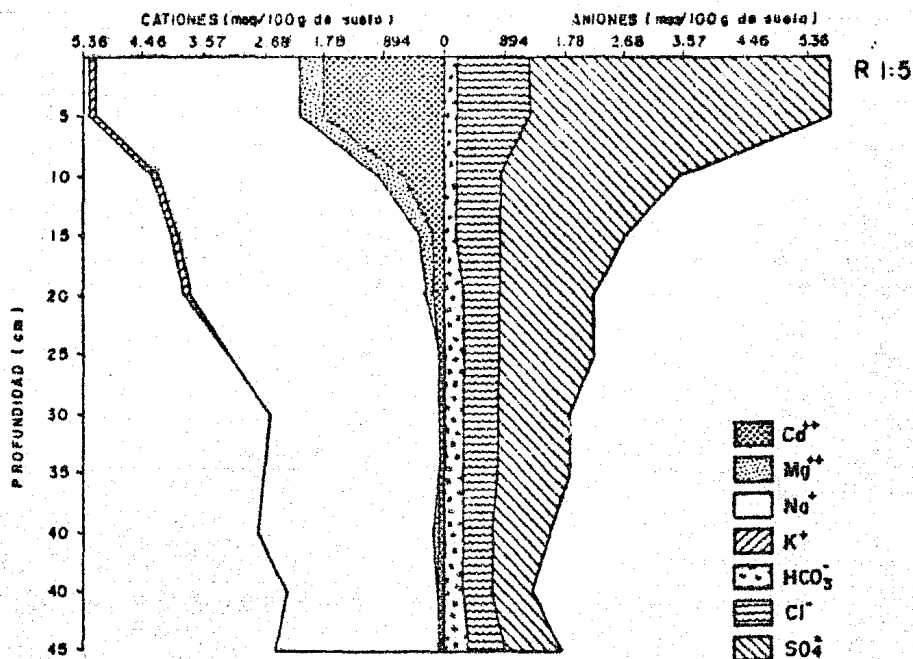


Fig.13. Perfiles promedio de sales solubles expresado en diferentes relaciones suelo : agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado una lámina neta de 48.40 cm (0.50 m) con yeso Jalisco solubilizado en agua de riego.

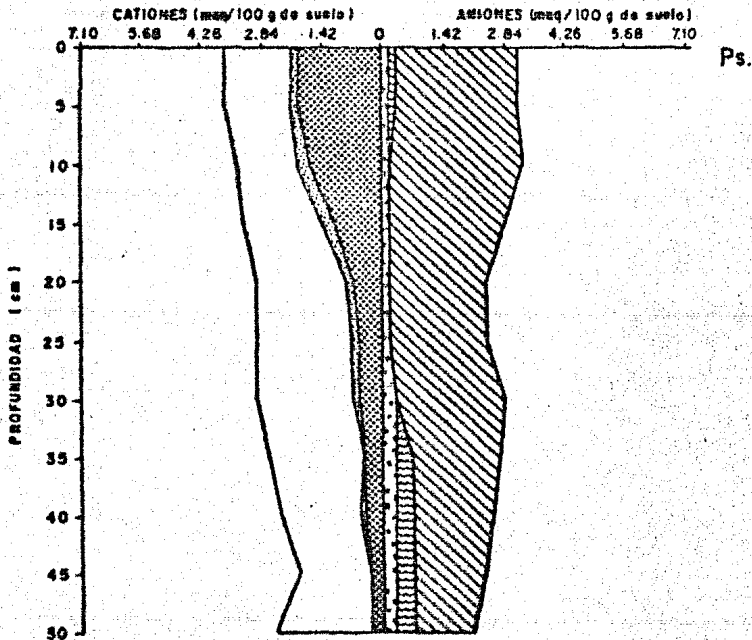
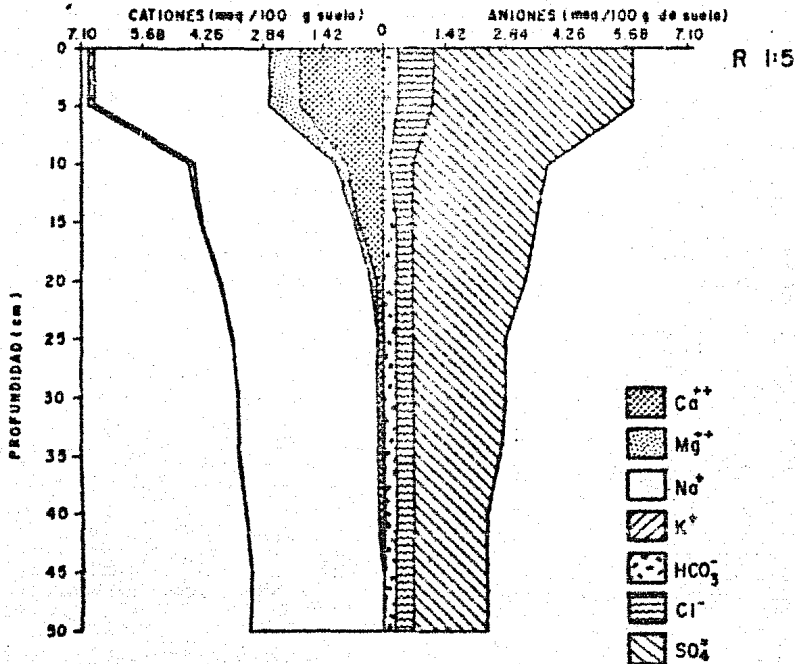


Fig. 14. Perfiles promedio de sales solubles expresadas en relación suelo: agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado una kámina neta de 61.93 cm (0.75 n) con yeso Jalisco solubilizado en agua de riego.

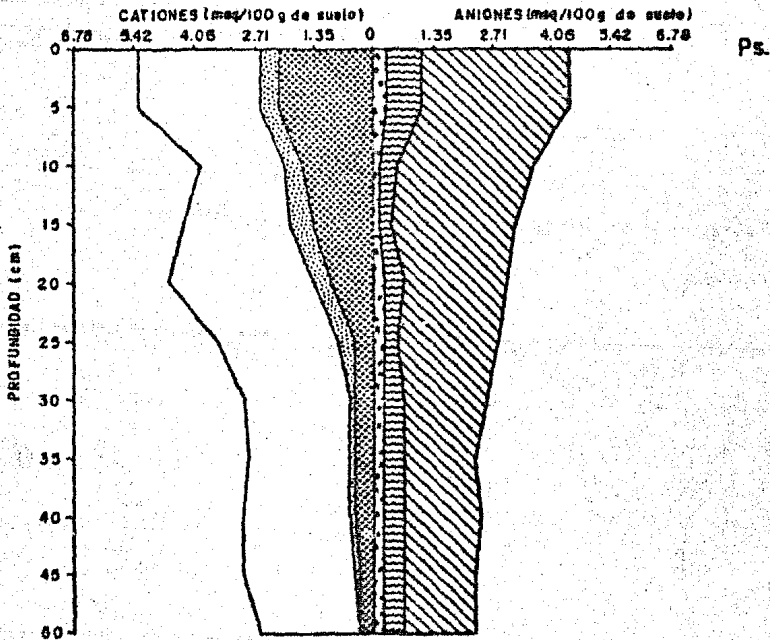
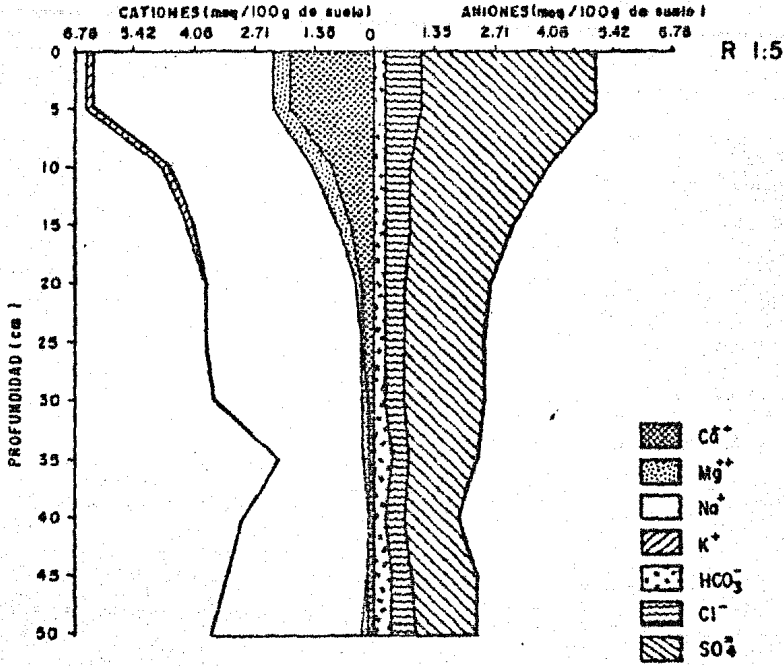


Fig. 15. Perfiles promedio de sales solubles expresados en diferentes relaciones suelo: agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado una lámina neta de 72.84 cm (1.00 n) con yeso Jalisco solubilizado en agua de riego.

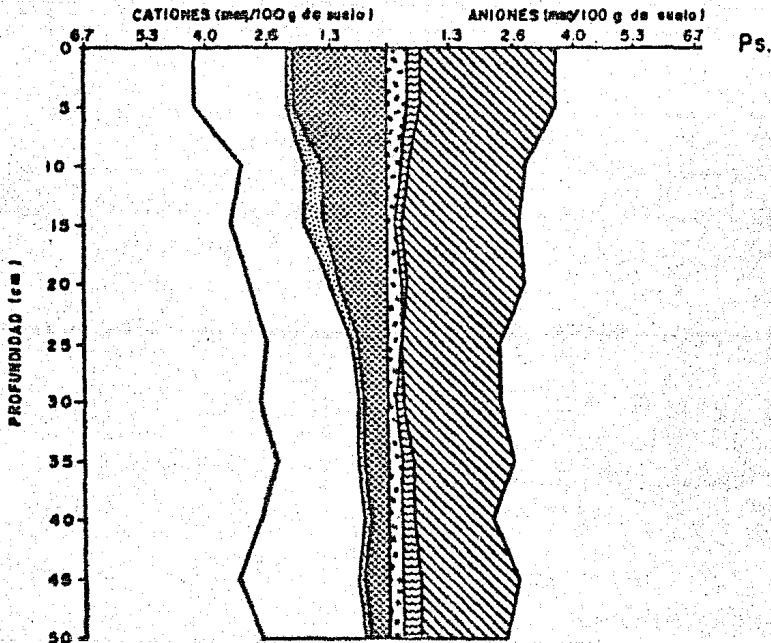
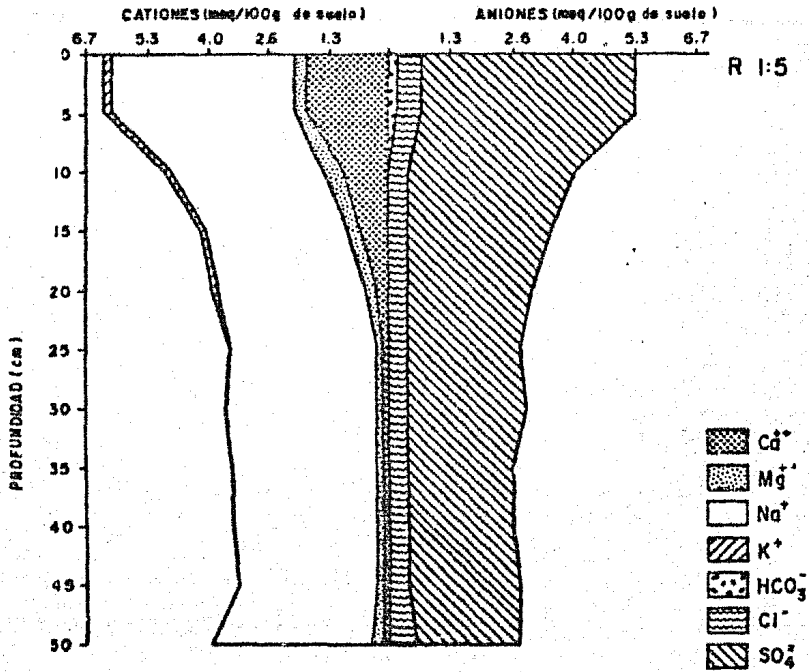


Fig. 16. Perfiles promedio de sales solubles expresado en diferentes relaciones suelo: agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado una kímna neta de 76.19 cm (1.25n) con yeso Jalisco solubilizado en agua de riego.



CUADRO 38 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 27.65 CM (0.00 FT) CON YESO JALISCO INCORPORADO AL SUELO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100 de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.1	4.93	1.92	0.54	2.15	0.06	4.68	0.09	0.25	0.73	4.46	5.53	0.368
5-10	8.0	4.25	2.09	0.47	1.44	0.07	4.08	0.05	0.21	0.44	2.89	3.60	0.340
10-15	8.0	4.94	1.80	0.55	2.11	0.07	4.53	0.06	0.21	0.32	3.52	4.13	0.398
15-20	8.1	5.99	1.79	0.66	3.48	0.08	6.01	0.06	0.24	0.29	4.58	5.18	0.478
20-25	8.2	6.85	1.78	0.67	4.53	0.08	7.06	0.08	0.25	0.75	4.91	6.00	0.559
25-30	8.2	6.95	1.89	0.49	4.75	0.08	7.21	0.09	0.26	0.29	5.38	6.03	0.569
30-35	8.0	6.85	1.95	0.46	4.76	0.08	7.25	0.08	0.25	0.28	5.40	6.03	0.455
35-40	8.2	6.95	1.85	0.54	4.87	0.07	7.34	0.05	0.29	0.26	5.51	6.13	0.573
40-45	8.2	7.47	1.93	0.41	4.77	0.08	7.19	0.07	0.28	0.33	5.33	6.02	0.600
45-50	7.9	8.40	2.24	0.54	5.57	0.08	8.43	0.04	0.25	2.33	4.70	7.33	0.599

CUADRO 39 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PÁSTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 45.95 CM. (0.50 IT) CON YESO JALISCO INCORPORADO AL SUELO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.7	6.40	2.20	0.42	3.35	0.08	6.06	0.08	0.37	1.11	3.78	5.34	0.464
5-10	8.6	4.82	2.30	0.46	1.73	0.08	4.57	0.08	0.19	0.61	3.29	4.17	0.359
10-15	8.6	4.66	2.12	0.73	1.57	0.08	4.51	0.07	0.21	0.46	3.17	3.92	0.351
15-20	8.6	4.99	2.02	0.58	2.02	0.08	4.70	0.09	0.21	0.42	3.47	4.20	0.377
20-25	8.7	5.91	1.92	0.54	2.99	0.07	5.53	0.08	0.21	0.39	4.19	4.87	0.442
25-30	8.7	6.56	1.85	0.60	3.91	0.08	6.44	0.08	0.25	0.32	4.74	5.40	0.493
30-35	8.7	7.32	2.04	0.57	4.72	0.08	7.41	0.08	0.27	0.36	5.28	6.00	0.577
35-40	8.8	7.05	1.94	0.45	4.53	0.08	7.00	0.08	0.23	0.33	5.57	6.22	0.546
40-45	8.8	7.38	1.96	0.53	4.95	0.08	7.52	0.09	0.26	0.32	5.48	6.16	0.576
45-50	8.9	7.87	1.93	0.55	5.62	0.08	8.18	0.11	0.25	0.36	6.46	7.20	0.615

CUADRO 40 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTOSUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 57.48 CM (0.75 in) CON YESO JALISCO INCORPORADO AL SUELO.

Profundidades	pH	C.E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.4	7.74	1.89	0.27	3.32	0.08	5.56	0.07	0.28	1.01	3.77	5.13	0.452
5-10	8.2	4.65	1.85	0.51	1.72	0.08	4.16	0.03	0.23	0.56	2.88	3.71	0.342
10-15	8.1	4.35	1.79	0.61	1.46	0.08	3.94	0.03	0.19	0.47	2.82	3.52	0.326
15-20	8.1	4.38	1.70	0.61	1.48	0.07	3.87	0.04	0.17	0.46	2.91	3.59	0.319
20-25	8.3	4.86	1.85	0.36	2.01	0.08	4.30	0.02	0.20	0.42	3.06	3.71	0.368
25-30	8.2	5.56	1.70	0.56	2.70	0.07	5.04	0.05	0.17	0.41	3.93	4.57	0.405
30-35	8.2	6.54	1.77	0.47	3.69	0.08	6.01	0.05	0.20	0.43	4.67	5.37	0.486
35-40	8.1	6.54	1.56	0.56	3.95	0.07	6.15	0.06	0.20	0.41	4.82	5.49	0.493
40-45	8.3	6.54	1.65	0.45	4.07	0.07	6.25	0.06	0.21	0.38	4.84	5.49	0.490
45-90	8.2	7.18	1.27	0.76	4.44	0.07	6.54	0.08	0.19	0.40	4.68	5.36	0.519

CUADRO 41 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 67.32 CM (1.00 TI) CON YESO JALISCO INCORPORADO AL SUELO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.5	6.51	2.05	0.15	3.59	0.08	5.88	0.06	0.26	0.39	4.00	4.72	0.474
5-10	8.3	4.99	2.03	0.51	1.90	0.08	4.52	0.05	0.26	0.49	3.25	4.07	0.347
10-15	8.2	4.66	1.97	0.47	1.60	0.08	4.12	0.05	0.18	0.48	3.11	3.83	0.333
15-20	8.0	4.66	1.98	0.58	1.56	0.08	4.20	0.07	0.14	0.47	3.19	3.89	0.338
20-25	8.0	4.72	1.90	0.50	1.67	0.07	4.15	0.02	0.19	0.37	3.14	3.73	0.334
25-30	8.1	5.10	1.93	0.48	2.27	0.08	4.76	0.04	0.18	0.43	3.73	4.40	0.380
30-35	8.2	5.80	1.70	0.58	3.30	0.07	5.66	0.05	0.17	0.47	3.94	6.22	0.412
35-40	8.2	6.07	1.64	0.55	3.55	0.10	5.85	0.05	0.18	0.43	4.17	4.85	0.458
40-45	8.2	6.51	1.65	0.59	4.16	0.08	6.48	0.07	0.19	0.47	4.86	5.60	0.491
45-50	8.1	7.05	1.63	0.62	4.47	0.07	6.79	0.05	0.19	0.49	4.38	5.11	0.510

CUADRO 42 . CONTENIDO PROMEDIO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR UNA LAMINA NETA DE 78.03 CM (1.25 FT) CON YESO JALISCO INCORPORADO AL SUELO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. nmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>m</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>m</sup>		
0-5	8.2	6.29	1.71	0.04	3.40	0.07	5.22	0.09	0.27	0.73	3.81	4.91	0.431
5-10	7.9	4.71	2.13	0.25	1.71	0.07	4.16	0.08	0.18	0.39	2.94	3.60	0.346
10-15	8.0	4.74	1.96	0.44	1.58	0.08	4.06	0.04	0.17	0.35	3.10	3.67	0.338
15-20	7.9	4.71	1.99	0.49	1.54	0.08	4.10	0.03	0.16	0.42	2.91	3.53	0.338
20-25	7.9	4.74	1.99	0.49	1.53	0.07	4.09	0.03	0.16	0.42	3.15	3.77	0.329
25-30	7.9	5.03	1.93	0.53	1.79	0.07	4.33	0.04	0.16	0.43	3.48	4.12	0.353
30-35	7.9	5.28	1.86	0.43	2.27	0.07	4.64	0.04	0.17	0.42	3.51	4.16	0.376
35-40	7.9	6.04	1.81	0.51	3.16	0.07	5.55	0.05	0.20	0.44	4.09	4.79	0.449
40-45	8.0	6.62	1.62	0.49	3.77	0.07	5.96	0.05	0.19	0.45	4.30	5.00	0.468
45-50	8.0	7.23	1.69	0.47	4.29	0.07	6.53	0.06	0.19	0.47	4.61	5.35	0.507

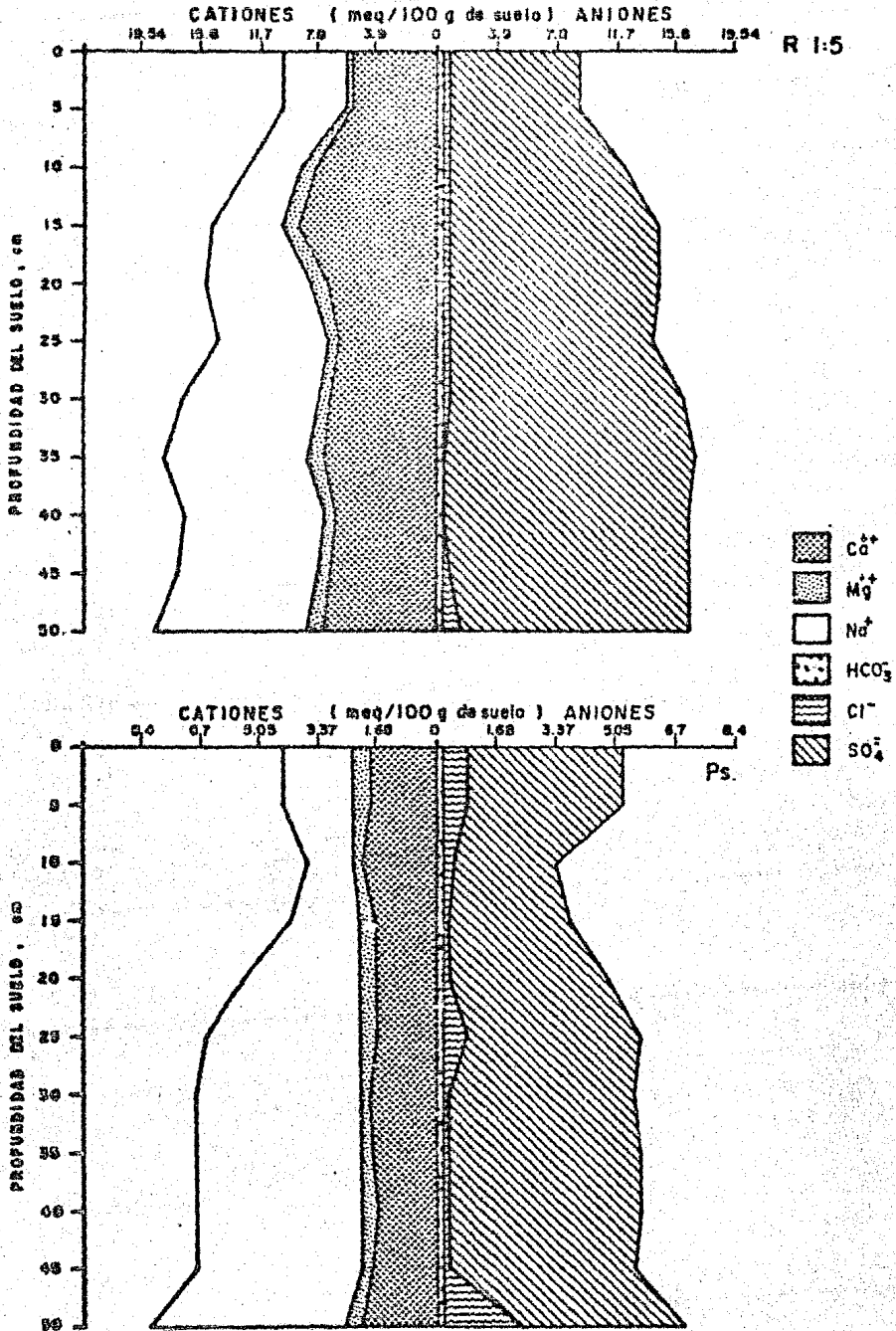


Fig. 17. Perfiles promedio de sales solubles expresado en diferentes relaciones suelo: agua, 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 27.65 cm, con yeso Jalisco incorporado al suelo, (0.00 h).

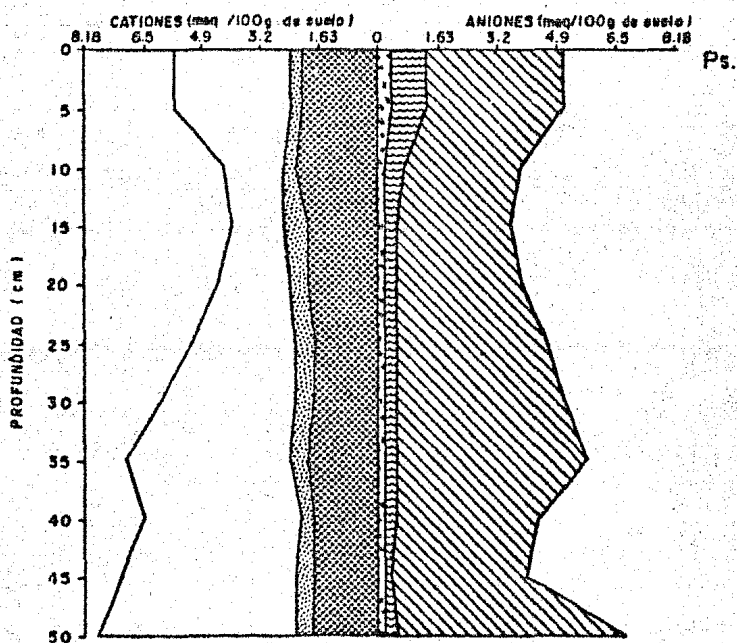
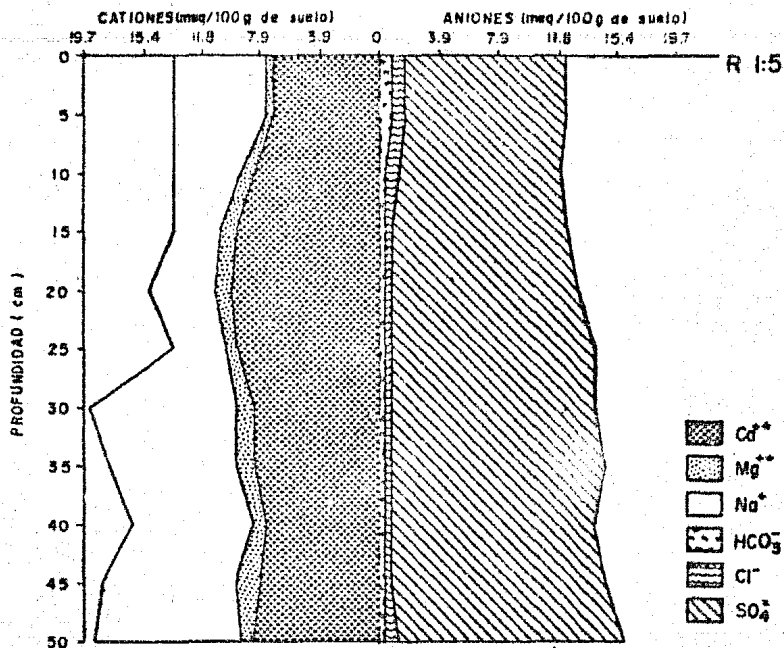


Fig. 18. Perfiles promedio de sales solubles expresado en diferentes relaciones suelo: agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 45.95 cm (0.50 n) con yeso Jalisco incorporado al suelo.

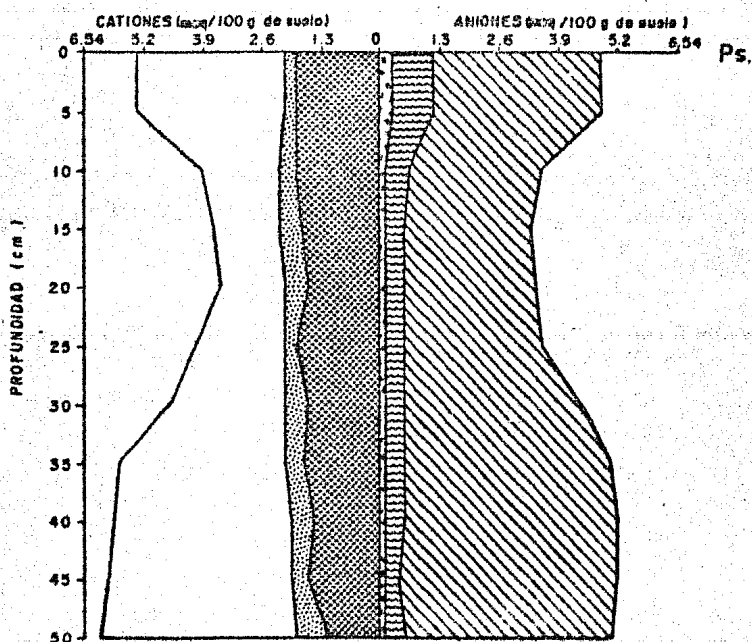
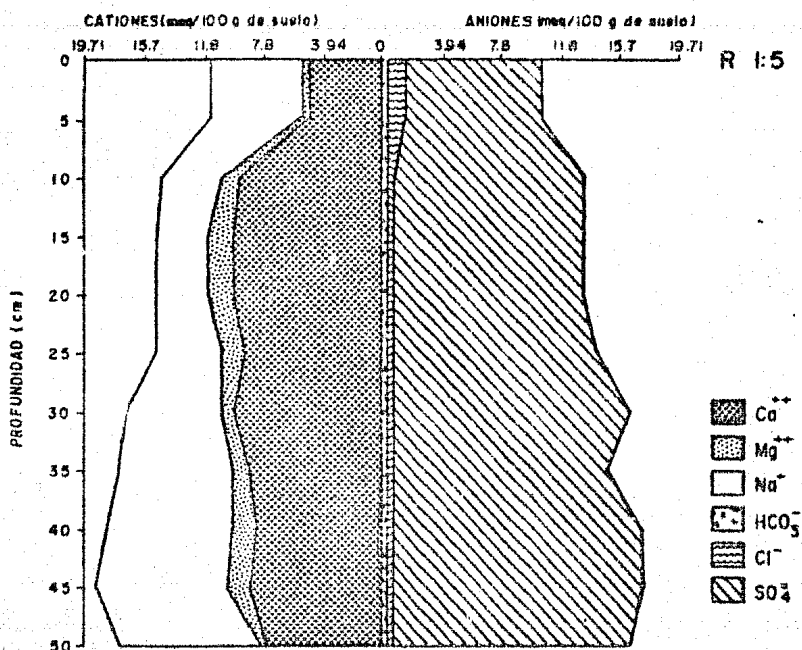


Fig.19. Perfiles promedio de sales solubles expresados en relaciones suelo: agua 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 57.48 cm (0.75 n) con yeso Jalisco incorporado al suelo.



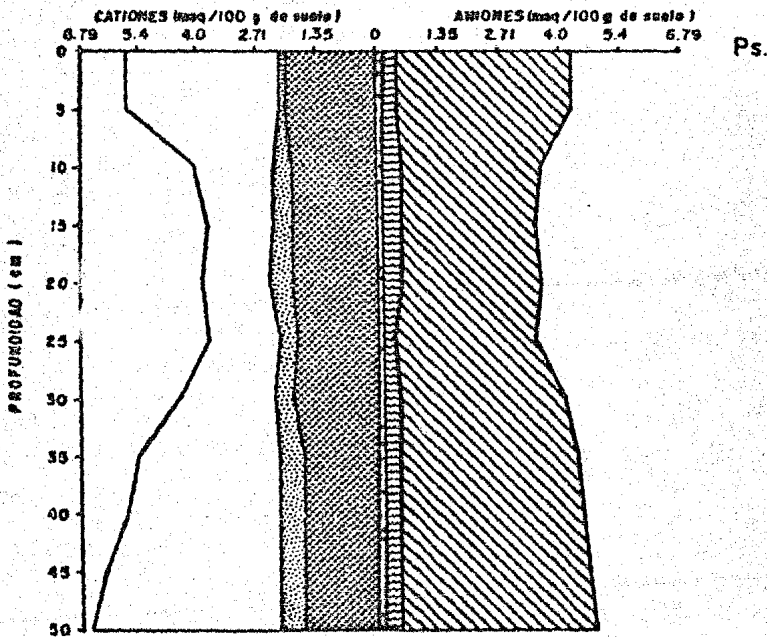
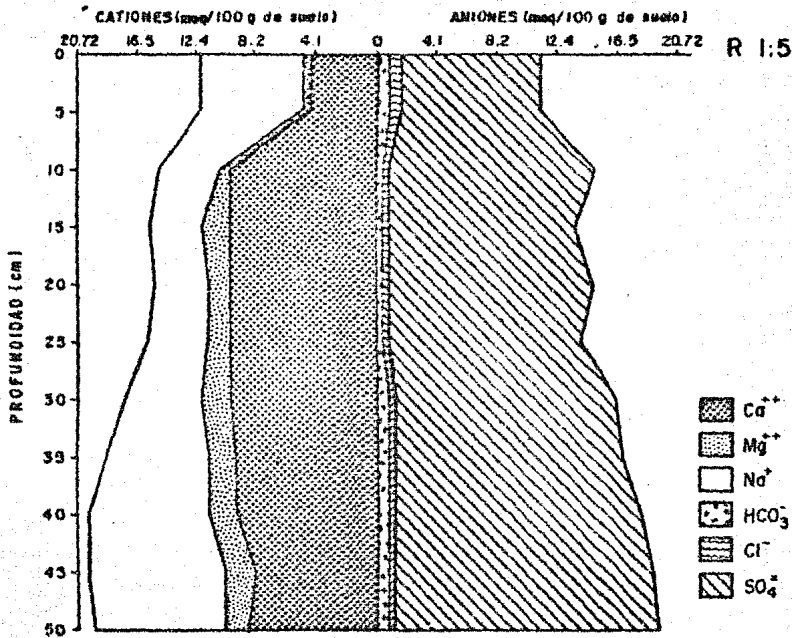


Fig. 20. Perfiles promedio de sales solubles expresados en relaciones suelo: agua, 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 67.32 cm (1.00n) con yeso Jalisco incorporado al suelo.

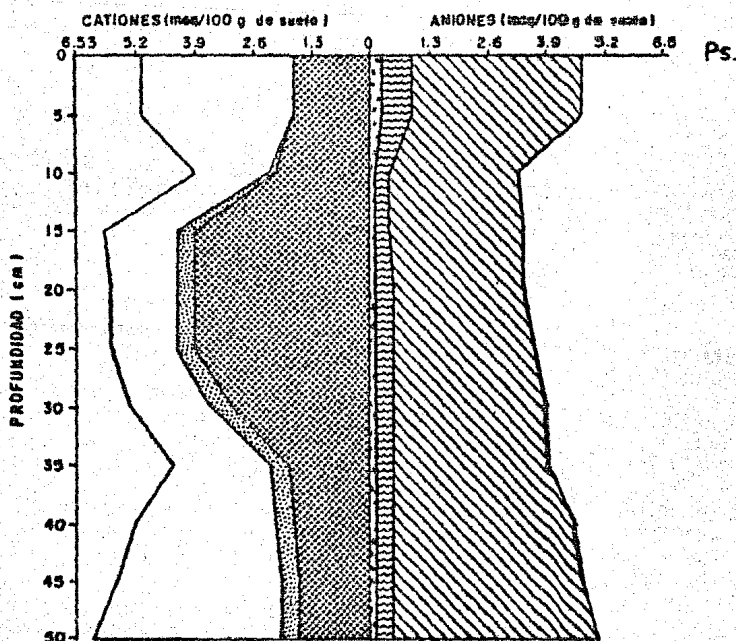
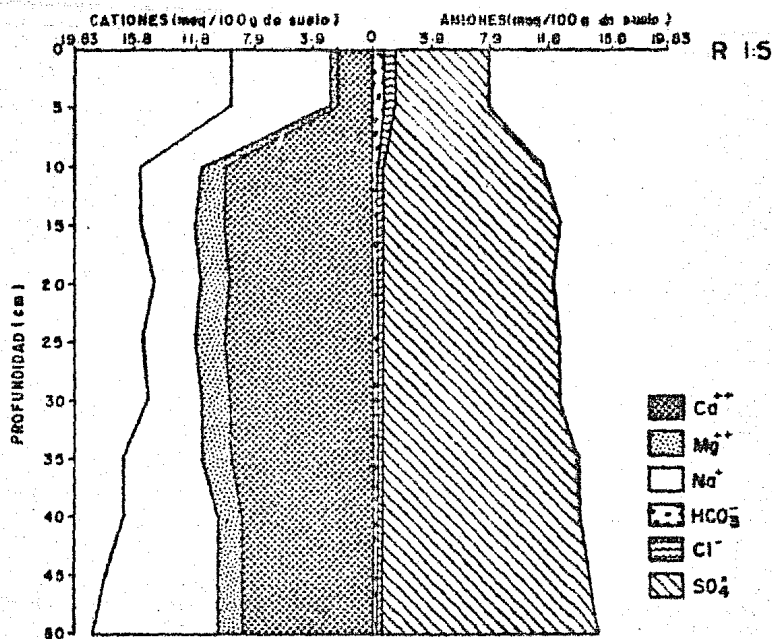


Fig. 21. Perfiles promedio de sales solubles expresadas en relaciones suelo: agua, 1:5 y pasta de saturación, después de haber aplicado agua de riego correspondiente a una lámina neta de 78.03 cm (1.25 n) con yeso Jalisco incorporado al suelo.

CUADRO 43 . CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELO DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR AGUA DE RIEGO SIN YESO CORRESPONDIENTE A UNA LAMINA NETA DE 29.28 CM (0.00 TI ) EN SUELO SIN YESO (TESTIGO)

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco cm (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.8	4.52	0.29	0.14	2.62	0.05	3.11	0.15	0.62	1.21	2.11	4.09	0.264
5-10	8.8	3.23	0.19	0.06	1.64	0.03	1.93	0.12	0.56	0.65	0.80	2.15	0.177
10-15	8.8	2.60	0.14	0.05	1.42	0.03	1.65	0.08	0.60	0.49	0.72	1.90	0.152
15-20	8.7	2.59	0.12	0.04	1.23	0.02	1.42	0.10	0.51	0.43	0.71	1.76	0.139
20-25	8.9	2.80	0.13	0.04	1.32	0.02	1.52	0.13	0.56	0.41	0.62	1.74	0.140
25-30	8.9	2.58	0.12	0.02	1.23	0.02	1.40	0.12	0.51	0.38	0.59	1.62	0.135
30-35	8.9	2.58	0.13	0.04	1.37	0.02	1.57	0.13	0.65	0.38	0.59	1.76	0.148
35-40	8.8	3.01	0.15	0.02	1.46	0.02	1.66	0.08	0.69	0.40	0.80	1.99	0.156
40-45	8.7	4.09	0.29	0.09	2.43	0.04	2.86	0.10	0.79	0.78	1.61	3.29	0.241
45-50	8.0	12.60	2.68	0.93	7.95	1.16	12.73	0.05	0.22	4.18	3.39	7.84	0.839

CUADRO 44 . CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR AGUA DE RIEGO CON YESO CORRESPONDIENTE A UNA LAMINA NETA DE 26.45 CM (0.00 FT) EN SUELO TRATADO CON YESO JALISCO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.0	4.41	1.93	0.12	1.35	0.06	3.47	0.01	0.18	0.55	2.23	2.98	0.292
5-10	8.1	4.52	1.83	0.15	1.40	0.07	3.46	0.03	0.17	0.31	2.57	3.09	0.303
10-15	8.0	5.38	1.80	0.44	2.32	0.07	4.63	0.06	0.18	0.26	3.47	3.98	0.351
15-20	8.1	6.46	1.63	0.42	3.71	0.07	5.84	0.04	0.20	0.25	4.14	4.64	0.450
20-25	8.3	7.64	1.80	0.41	5.12	0.08	7.42	0.02	0.26	0.24	4.44	4.97	0.558
25-30	8.0	6.46	1.37	0.30	3.53	0.06	5.26	0.05	0.16	0.22	4.02	4.46	0.405
30-35	8.0	6.35	1.37	0.25	3.65	0.06	5.33	0.04	0.13	0.18	4.18	4.54	0.417
35-40	8.0	6.46	1.38	0.15	3.74	0.06	5.34	0.04	0.16	0.18	4.16	4.55	0.420
40-45	8.1	6.56	1.27	0.40	3.86	0.06	5.59	0.05	0.16	0.22	4.24	4.67	0.426
45-50	8.1	8.61	1.75	0.45	4.84	0.75	7.79	0.04	0.18	1.84	3.24	5.30	0.521

CUADRO 45 . CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO, DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR AGUA DESTILADA SIN YESO CORRESPONDIENTE A UNA LA MINA NETA DE 26.86. CM (0.00 IT) CON YESO JALISCO INCOPORADO AL SUELO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	7.9	2.59	1.89	0.18	0.08	0.05	2.22	0.02	0.15	0.07	1.41	1.66	0.190
5-10	7.9	3.23	1.70	0.30	0.53	0.07	2.60	0.06	0.12	0.05	1.78	2.02	0.272
10-15	7.9	4.41	1.56	0.21	1.53	0.06	3.37	0.06	0.14	0.07	2.47	2.75	0.375
15-20	8.0	5.92	1.38	0.33	2.68	0.05	4.44	0.04	0.16	0.07	3.96	4.24	0.382
20-25	7.9	6.35	1.44	0.28	3.24	0.06	5.03	0.05	0.17	0.06	4.21	4.50	0.476
25-30	7.9	6.35	1.34	0.36	3.19	0.05	4.95	0.04	0.15	0.05	3.88	4.14	0.397
30-35	7.9	6.46	1.32	0.14	3.05	0.05	4.56	0.04	0.14	0.05	3.81	4.04	0.389
35-40	7.9	6.46	1.40	0.24	3.37	0.05	5.07	0.04	0.16	0.05	4.19	4.45	0.418
40-45	7.8	6.56	1.47	0.18	3.54	0.05	5.24	0.03	0.17	0.08	3.74	4.03	0.433
45-50	8.0	8.61	1.89	0.33	4.28	0.06	6.57	0.03	0.24	1.68	3.35	5.31	0.524

CUADRO 46 . CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO, DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR AGUA DESTILADA CON YESO JALISCO CORRESPONDIENTE A UNA LAMINA NETA DE 25.67 CM (0.00 TI) EN SUELO SIN YESO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.1	3.04	2.22	0.43	0.53	0.06	3.25	0.05	0.27	0.06	2.48	2.86	0.253
5-10	8.4	2.90	0.43	0.14	1.55	0.04	2.17	0.09	0.29	0.04	1.65	2.07	0.202
10-15	8.7	2.80	0.24	0.06	1.81	0.04	2.15	0.19	0.43	0.06	1.59	2.27	0.198
15-20	8.8	2.58	0.22	0.05	1.98	0.03	2.30	0.47	0.42	0.08	1.59	2.57	0.172
20-25	8.8	2.39	0.16	0.04	1.54	0.03	3.65	0.36	0.34	0.05	1.10	1.86	0.168
25-30	8.7	2.26	0.14	0.04	1.33	0.02	1.54	0.26	0.37	0.08	0.86	1.57	0.143
30-35	8.8	2.15	0.14	0.03	1.38	0.02	1.58	0.29	0.37	0.05	0.93	1.66	0.145
35-40	8.8	2.47	0.16	0.03	1.58	0.02	1.80	0.27	0.41	0.07	1.10	1.87	0.167
40-45	8.5	4.52	0.55	0.18	2.93	0.04	3.71	0.15	0.30	0.35	2.69	3.51	0.302
45-50	8.2	8.62	1.85	0.44	5.53	0.81	7.90	0.08	0.16	2.40	3.27	5.91	0.610

CUADRO 47 : CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO, DETERMINADO EN EL EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR AGUA DESTILADA CON YESO CORRESPONDIENTE A UNA LAMINA NETA DE 22.67 CM (0.00 IT) EN SUELO TRATADO CON YESO JALISCO.

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.0	2.60	2.09	0.33	0.02	0.05	2.51	0.04	0.21	0.07	1.65	1.97	0.210
5-10	8.0	3.03	2.02	0.40	0.03	0.06	2.53	0.03	0.20	0.04	2.34	2.62	0.243
10-15	8.0	4.09	1.80	0.48	1.30	0.06	3.65	0.04	0.19	0.04	3.06	3.34	0.313
15-20	8.1	5.81	1.81	0.38	2.96	0.07	5.23	0.03	0.23	0.04	4.79	5.10	0.441
20-25	8.0	6.57	1.63	0.45	3.71	0.07	5.87	0.04	0.21	0.04	4.95	5.24	0.489
25-30	8.1	6.57	1.66	0.46	3.89	0.07	6.08	0.04	0.22	0.05	5.09	5.41	0.511
30-35	8.2	7.00	1.71	0.64	4.31	0.07	6.73	0.04	0.24	0.07	5.69	6.05	0.523
35-40	8.1	7.00	1.81	0.47	4.58	0.07	6.93	0.04	0.23	0.07	5.64	5.98	0.556
40-45	8.1	7.00	1.79	0.54	4.63	0.07	7.03	0.07	0.22	0.07	5.16	5.52	0.554
45-50	8.1	7.54	1.68	0.51	5.60	0.08	7.87	0.08	0.27	0.33	5.03	5.72	0.558

CUADRO 48 . CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELO, DETERMINADO EN EXTRACTO SUELO:AGUA 1:0.2, 0.6 (PASTA DE SATURACION) DESPUES DE APLICAR AGUA DESTILADA SIN YESO CORRESPONDIENTE A UNA LAMINA NETA DE 23.87 CM (0.00 FT) EN SUELO SIN YESO (TESTIGO).

Profundidades (cm)	pH	C. E. mmhos/cm a 25°C	Cationes meq/100g de suelo				Total Cationes	Aniones meq/100g de suelo				Total Aniones	Residuo seco % (P/P)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		
0-5	8.5	1.72	0.12	0.06	0.79	0.02	1.01	0.22	0.21	0.08	0.68	1.20	0.101
5-10	8.6	0.92	0.06	0.01	0.53	0.01	0.63	0.10	0.41	0.06	0.28	0.86	0.079
10-15	8.8	1.17	0.06	0.03	0.60	0.01	0.70	0.17	0.39	0.05	0.09	0.72	0.080
15-20	8.8	1.19	0.07	0.01	0.64	0.01	0.74	0.24	0.38	0.05	0.16	0.85	0.097
20-25	8.8	1.18	0.07	0.02	0.63	0.01	0.74	0.30	0.35	0.05	0.65	1.36	0.091
25-30	8.8	1.18	0.07	0.02	0.66	0.01	0.76	0.36	0.31	0.05	0.17	0.90	0.098
30-35	8.8	1.18	0.08	0.00	0.65	0.01	0.75	0.26	0.37	0.05	0.26	0.95	0.086
35-40	9.0	1.66	0.87	0.45	0.96	0.01	2.31	0.33	0.52	0.06	0.24	1.17	0.113
40-45	8.8	2.05	1.05	0.35	1.12	0.02	2.54	0.21	0.36	0.32	0.13	1.03	0.117
45-50	8.1	7.53	1.38	0.40	4.91	0.07	6.76	0.06	0.19	2.20	1.93	4.38	0.533



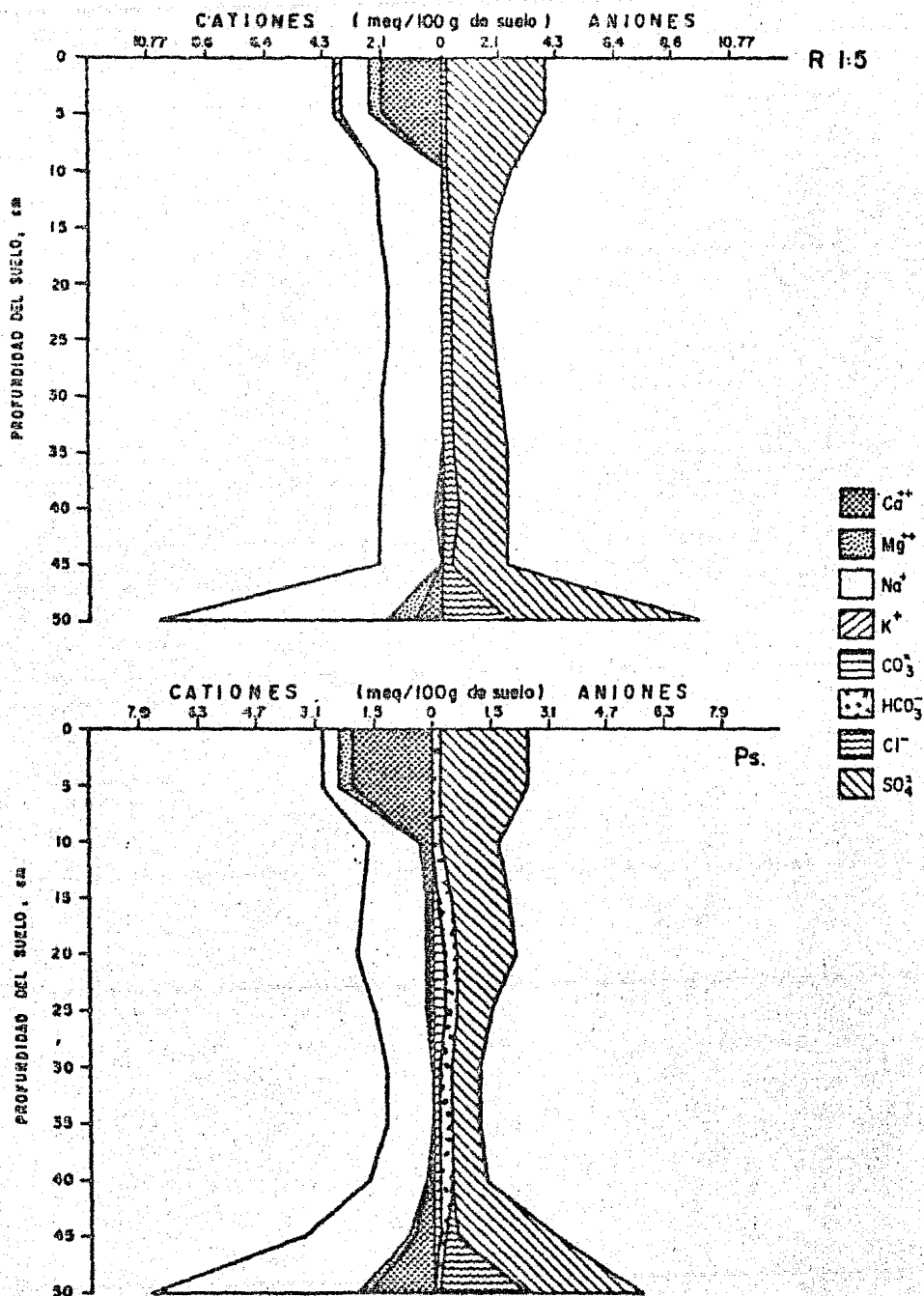


Fig. 22. Perfil de sales solubles del suelo sódico, después de aplicar agua de riego sin yeso correspondiente a una lámina neta de 29.28 cm (0.00 n) en suelo sin yeso (testigo). Expresado en relación suelo: agua 1:5 y pasta de saturación.

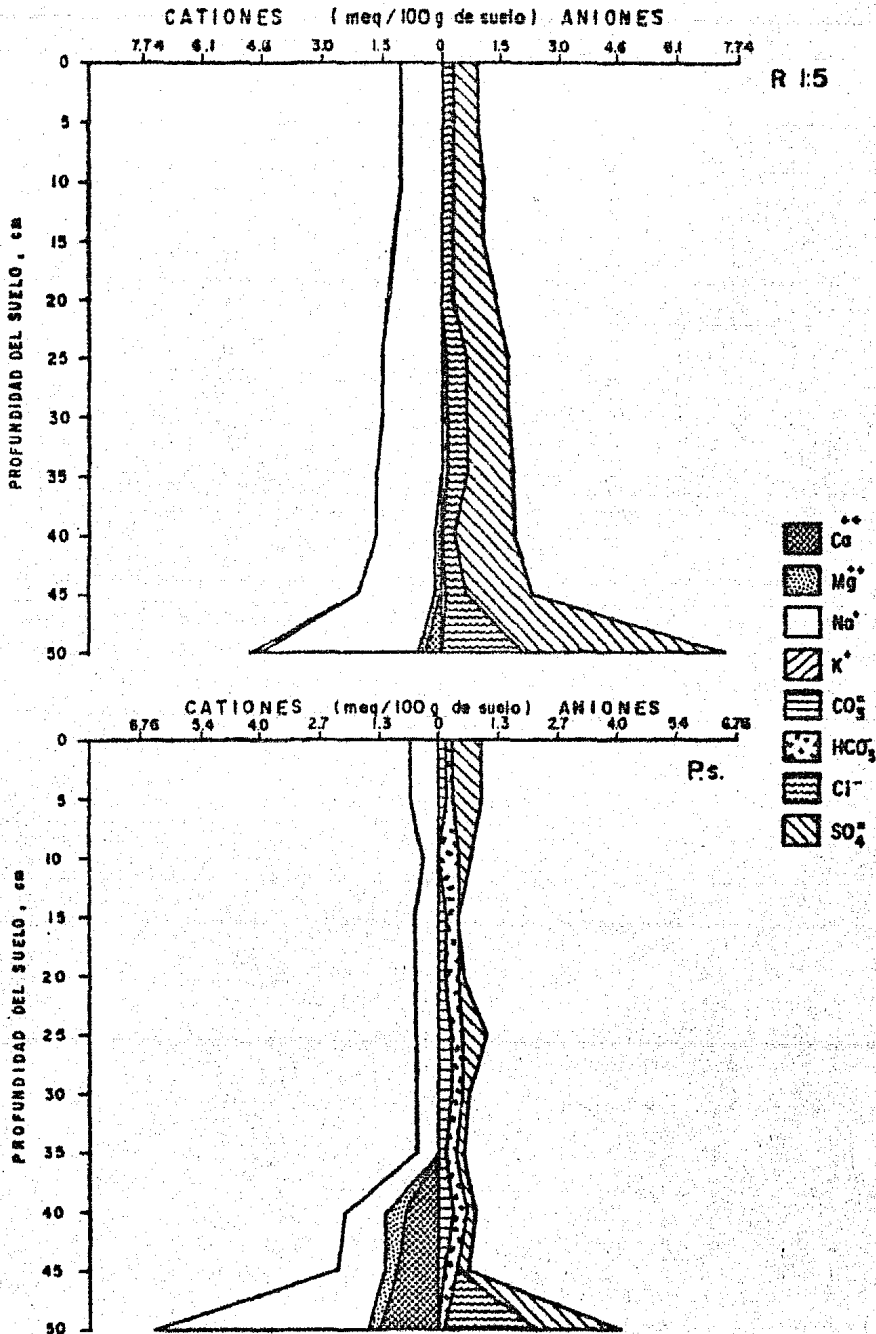


Fig.23. Perfiles de sales solubles del suelo, después de aplicar agua de riego con yeso correspondiente a una lámina neta de 26.45 cm (0.00 r) en suelo tratado con yeso. Expresado en relaciones suelo:agua 1:5 y pasta de saturación.

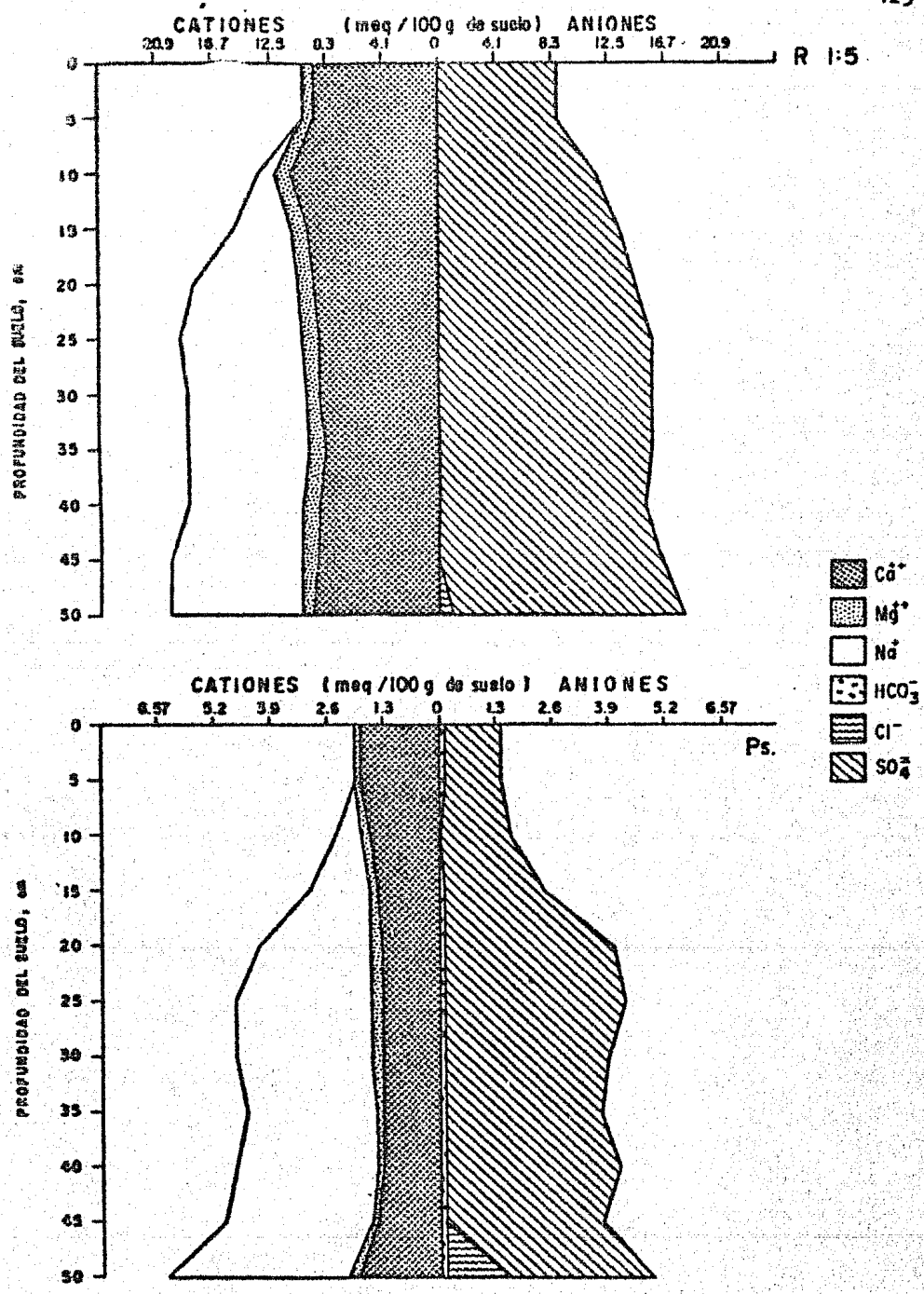


Fig. 24. Perfil de sales solubles del suelo, después de aplicar una lámina neta de 26.86 cm (0.00 a) utilizando agua destilada sin yeso en el suelo con yeso. Expresados en relación suelo: agua 1:5 y pasta de saturación.

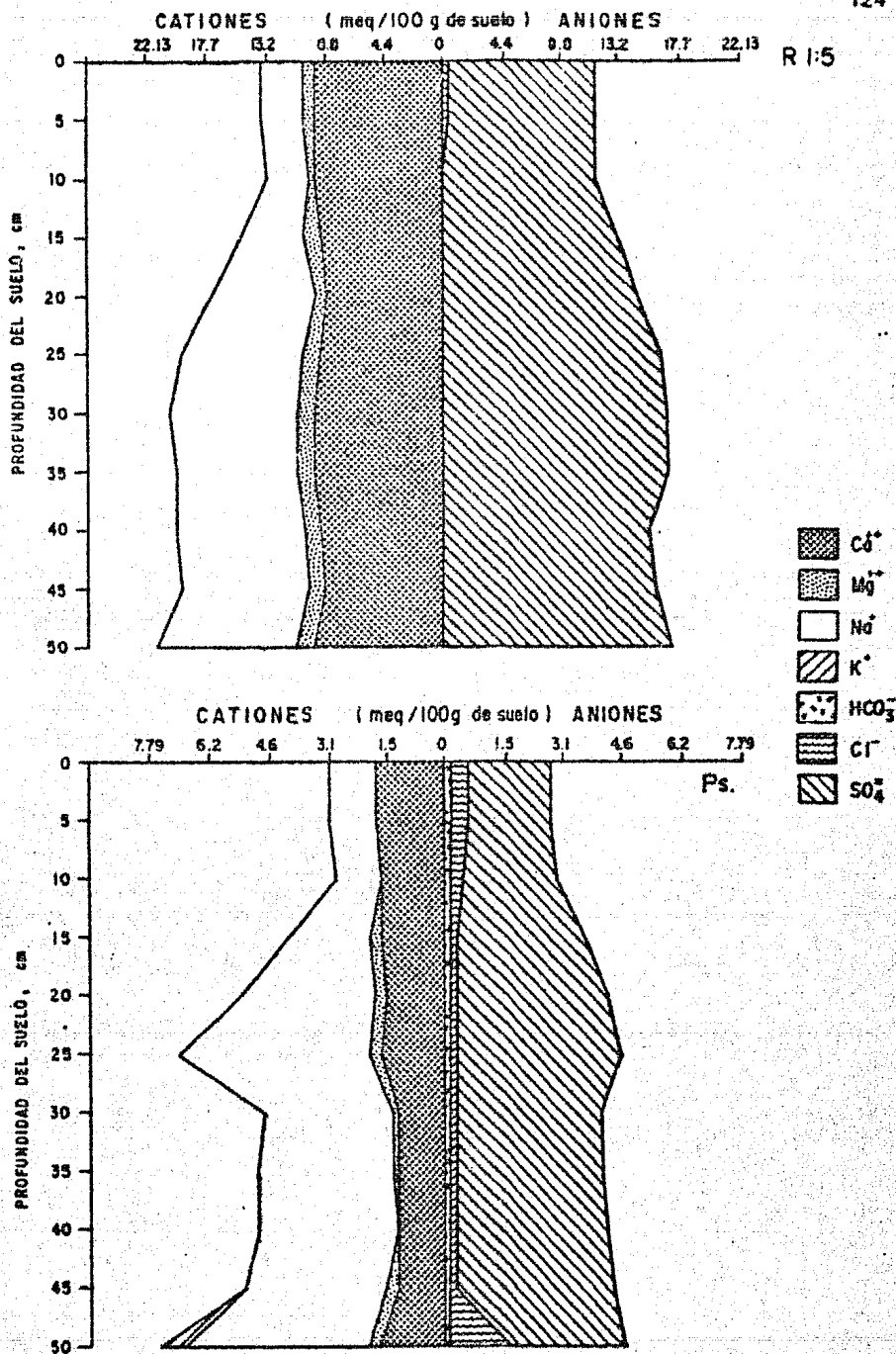


Fig. 25. Perfil de sales solubles del suelo sódico, después de aplicar una lámina neta de 25.67 cm utilizando agua destilada con yeso en el suelo sin yeso. Expresado en relación suelo-agua 1:5 y pasta de saturación.

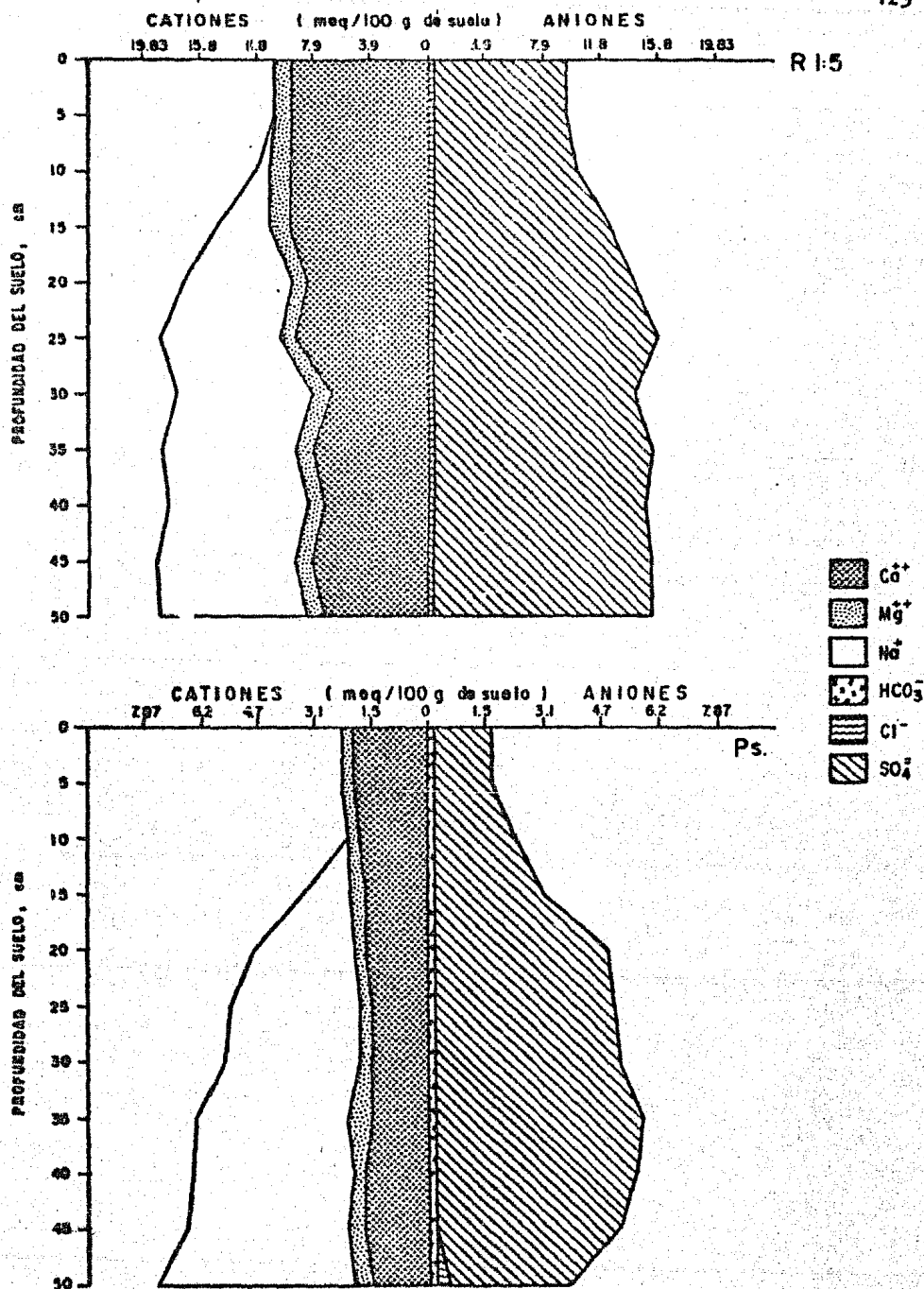


Fig. 26. Perfil de sales solubles del suelo, después de aplicar agua destilada con yeso correspondiente a una lámina neta de 22.67 cm (0.00 n) en suelo tratado con yeso. Expresado en relación suelo agua 1:5 y pasta de saturación.

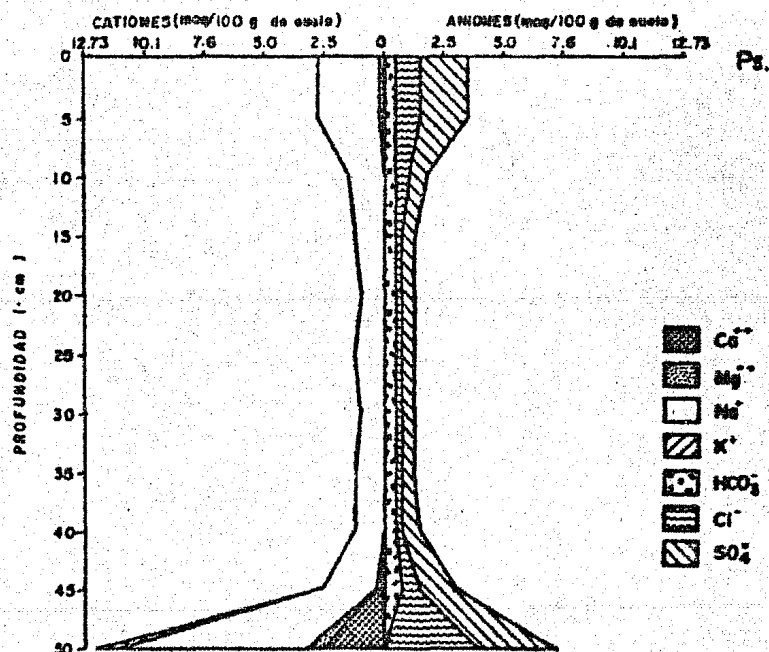
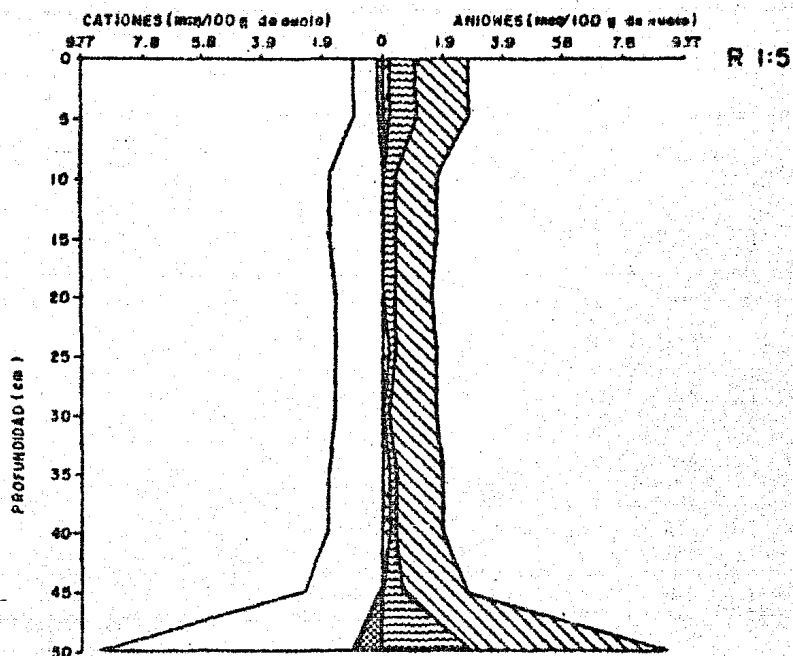


Fig. 27. Perfil de sales solubles del suelo sódico, después de aplicar una lámina neta de 23.87 cm (0.00 n) utilizando agua destilada sin yeso en el suelo sin yeso. Expresado en relación suelo: agua 1:5 y pasta de saturación.

Se consideró como la variable dependiente, la medición en saturación y la independiente en relación 1:5, el objetivo - de lo anterior, es que la última relación presenta menores problemas de operación con respecto a la primera y sin embargo gran parte de las recomendaciones sobre el efecto de sales en los cultivos se realiza con el conocimiento de la cantidad de sales en saturación, por lo que generalmente se podría utilizar 1:5 y estimar la cantidad en saturación.

Las relaciones de cada una de las variables se encuentran en el cuadro y la dispersión de los puntos con respecto a la gráfica se encuentra en las Figuras de la No. 28 a la No. 60.

Para la obtención de las funciones se utilizó el paquete estadístico S.A.S. (Statistical Analysis System), implementado en la computadora del Centro Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados, así como la de los Diagramas de Dispersión de los puntos experimentales.

Aún cuando se obtuvieron mayor número de parámetros estadísticos de las Regresiones consideradas, solo se incluyeron los que se presentan en el cuadro

## VI.- ANALISIS DE RESULTADOS.

Un extracto de un suelo salino, es una solución de Sales que resulta de la aplicación de una cantidad específica de agua destilada. Por lo que en principio la medición de la conductividad eléctrica, como una expresión de la cantidad de sales de un suelo, es una aproximación de los valores reales. Es obvio por lo tanto que las medidas de la cantidad de sales puede realizarse utilizando cualquier relación Suelo-Agua. Sin embargo, el problema principal, consisten en tratar de interpretar estos estudios bajo condiciones de campo.

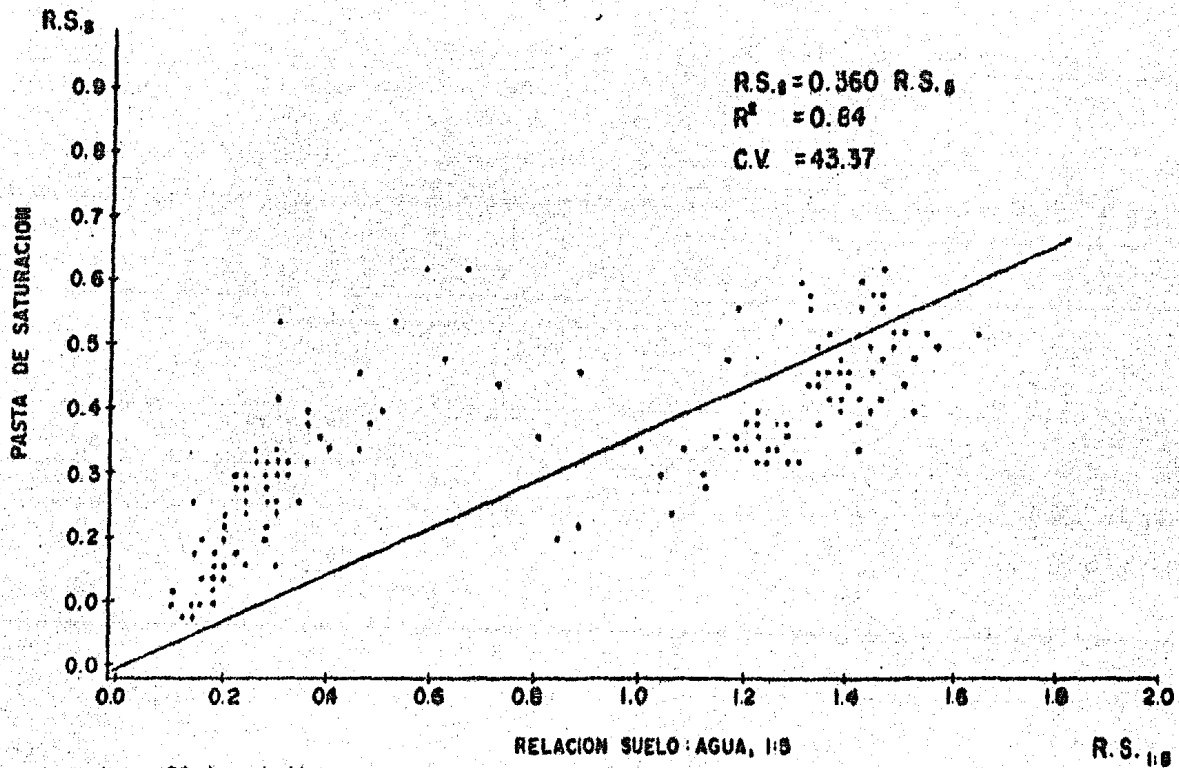
CUADRO No. 19. PARAMETROS ESTADISTICOS DE LAS REGRESIONES OBTENIDAS DE LOS DATOS DE RELACIONES SUELO-AGUA (1:0.2 - 0.6 Y 1:5) PARA LAS VARIABLES: RS, CE, pH, Ca, Mg, Na, K, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>.

VARIABLE ELACIONADA	GRUPO DE DATOS		
	DATOS EXPERIMENTO DE MEJORAMIENTO	DATOS OBRAJUELO, MONTECILLOS, MONTERREY - Y EL CARMEN.	DATOS TOTALES.
RESIDUO SECO	RSs=0.360 RS <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.84 C.V.=43.37	RSs=1.005 RS <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.90 C.V.=41.77	RSs=0.372 RS <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.80 C.V.=50.57
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	CEs=2.28 CE <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.90 C.V.=33.99	CEs=2.65 CE <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.67 C.V.=61.99	CEs=2.311 CE <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.87 C.V.=38.73
pH	pHs=1.056 pH <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.99 C.V.=4.23	pHs=0.918 pH <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.99 C.V.=5.46	pHs=1.01 pH <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.99 C.V.=7.63
CALCIO	Cas=0.758 Ca <sub>5</sub> <sup>0.442</sup> R <sup>2</sup> =0.74 C.V.=366.29	Cas=1.438 Ca <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.91 C.V.=39.4	Cas=0.693 Ca <sub>5</sub> <sup>0.517</sup> R <sup>2</sup> =0.68 C.V.=160.14
MAGNESIO	Mgs=0.364 Mg <sub>5</sub> <sup>0.553</sup> R <sup>2</sup> =0.57 C.V.=44.66	Mgs=0.519 Mg <sub>5</sub> <sup>0.995</sup> R <sup>2</sup> =0.61 C.V.=47.68	Mgs=0.377 Mg <sub>5</sub> <sup>0.615</sup> R <sup>2</sup> =0.54 C.V.=47.16
SODIO	Nas=0.5 Na <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.936 C.V.=28.59	Nas=0.722 Na <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.954 C.V.=36.42	Nas=0.532 Na <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.92 C.V.=34.68
POTASIO	Ks=0.254 K <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.89 C.V.=34.9	Ks=0.441 K <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.80 C.V.=64.54	Ks=0.277 K <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.82 C.V.=48.42
CARBONATOS		CO <sub>3s</sub> =0.0094+0.246 CO <sub>35</sub> R <sup>2</sup> =0.58 C.V.=132.43	CO <sub>3s</sub> =0.0714+0.1957CO <sub>35</sub> R <sup>2</sup> =0.24 C.V.=119.39
BICARBONATOS	HCO <sub>3s</sub> =0.491 HCO <sub>35</sub> R <sup>2</sup> =0.51 C.V.=75.54	HCO <sub>3s</sub> =0.435 HCO <sub>35</sub> R <sup>2</sup> =0.71 C.V.=74.59	HCO <sub>3s</sub> =0.472 HCO <sub>35</sub> R <sup>2</sup> =0.56 C.V.=75.86
CLORUROS	Cls=0.823 Cl <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.83 C.V.=65.26	Cls=1.03 Cl <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.99 C.V.=21.61	Cls=0.924 Cl <sub>5</sub> R <sup>2</sup> =0.90 C.V.=54.96
SULFATOS	SO <sub>4s</sub> =0.893 SO <sub>4</sub> <sup>0.5775</sup> R <sup>2</sup> =0.61 C.V.=60.55	SO <sub>4s</sub> =0.832 SO <sub>4</sub> <sup>0.7705</sup> R <sup>2</sup> =0.78 C.V.=250.2	SO <sub>4s</sub> =0.816 SO <sub>4</sub> <sup>0.6355</sup> R <sup>2</sup> =0.73 C.V.=92.17

R<sup>2</sup> = COEFICIENTE DE DETERMINACION

C.V. = COEFICIENTE DE VARIACION





**Fig. 28.** Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Residuo seco, en pasta de saturación y relación 1:5, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento.

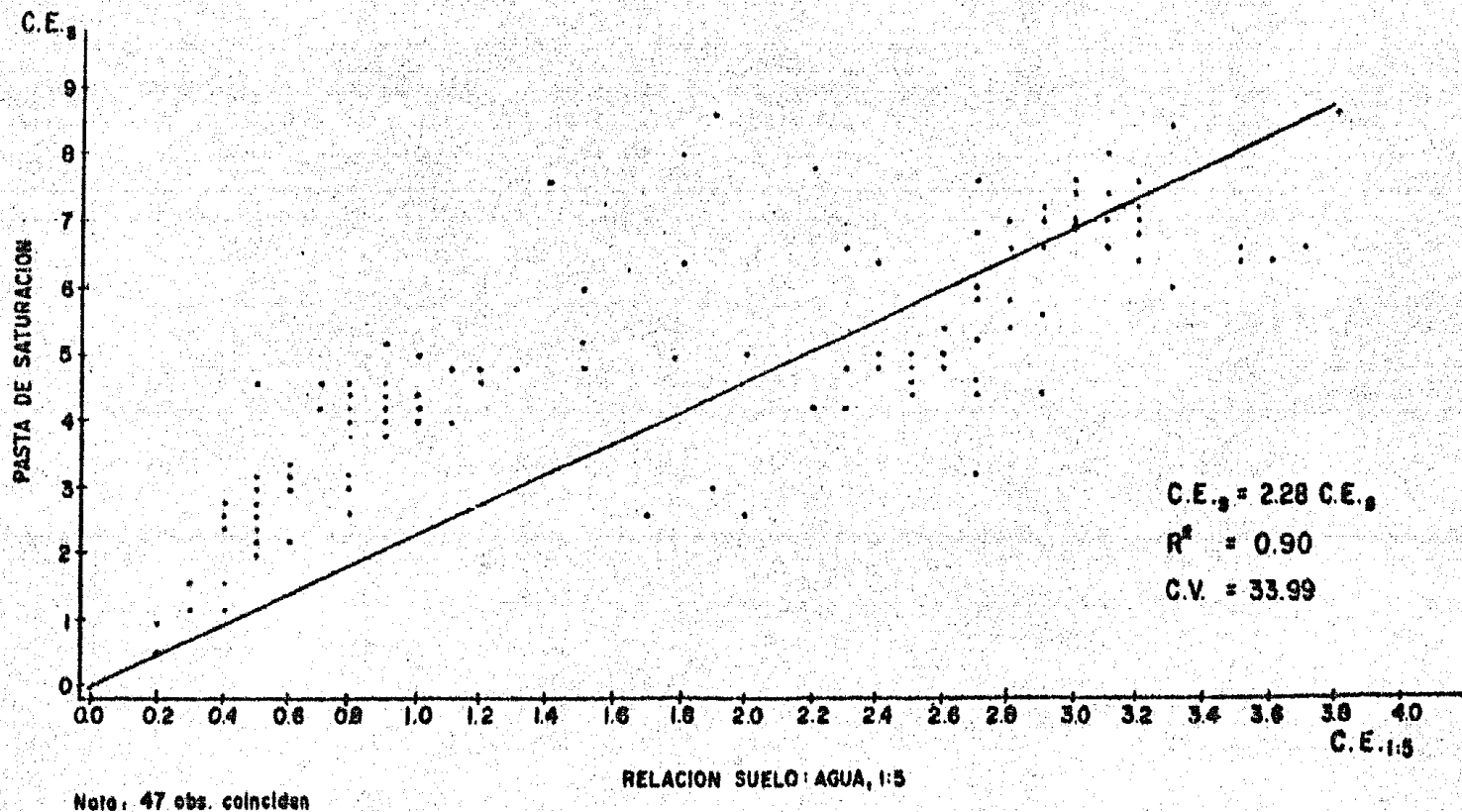


Fig. 29. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de C.E., en pasta de saturación y relación 1:5, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento.

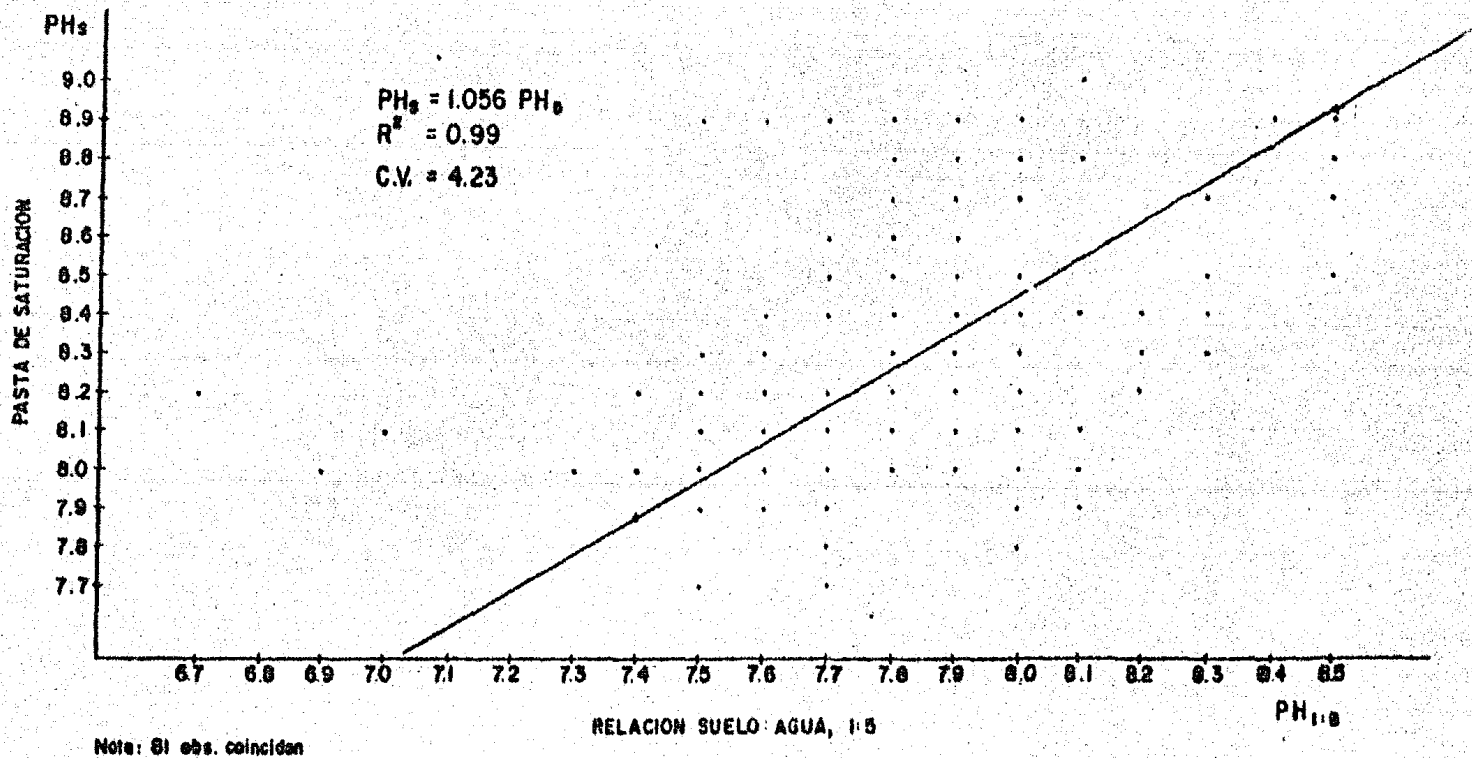


Fig. 30. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de pH en pasta de saturación y relación 1:5, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento.

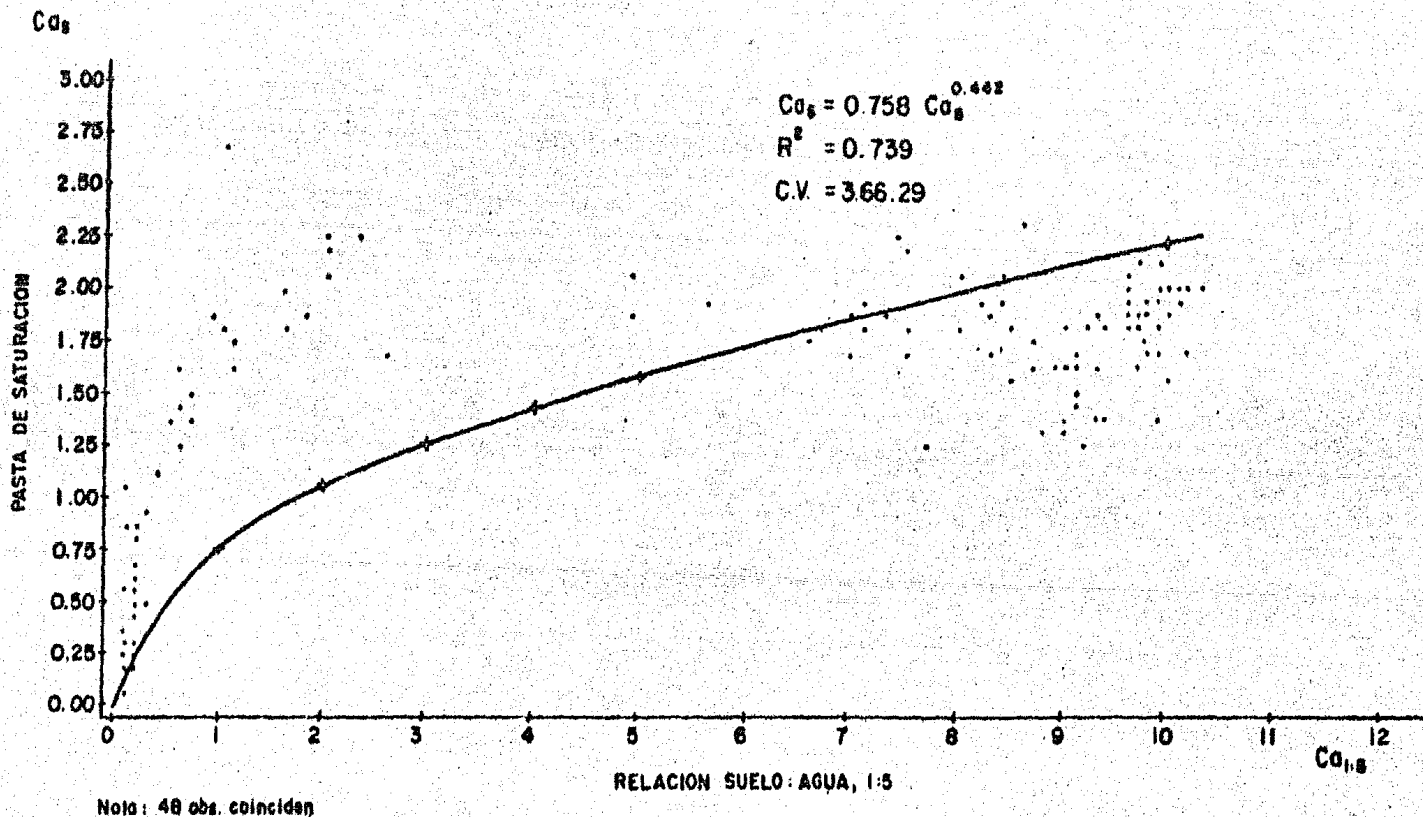
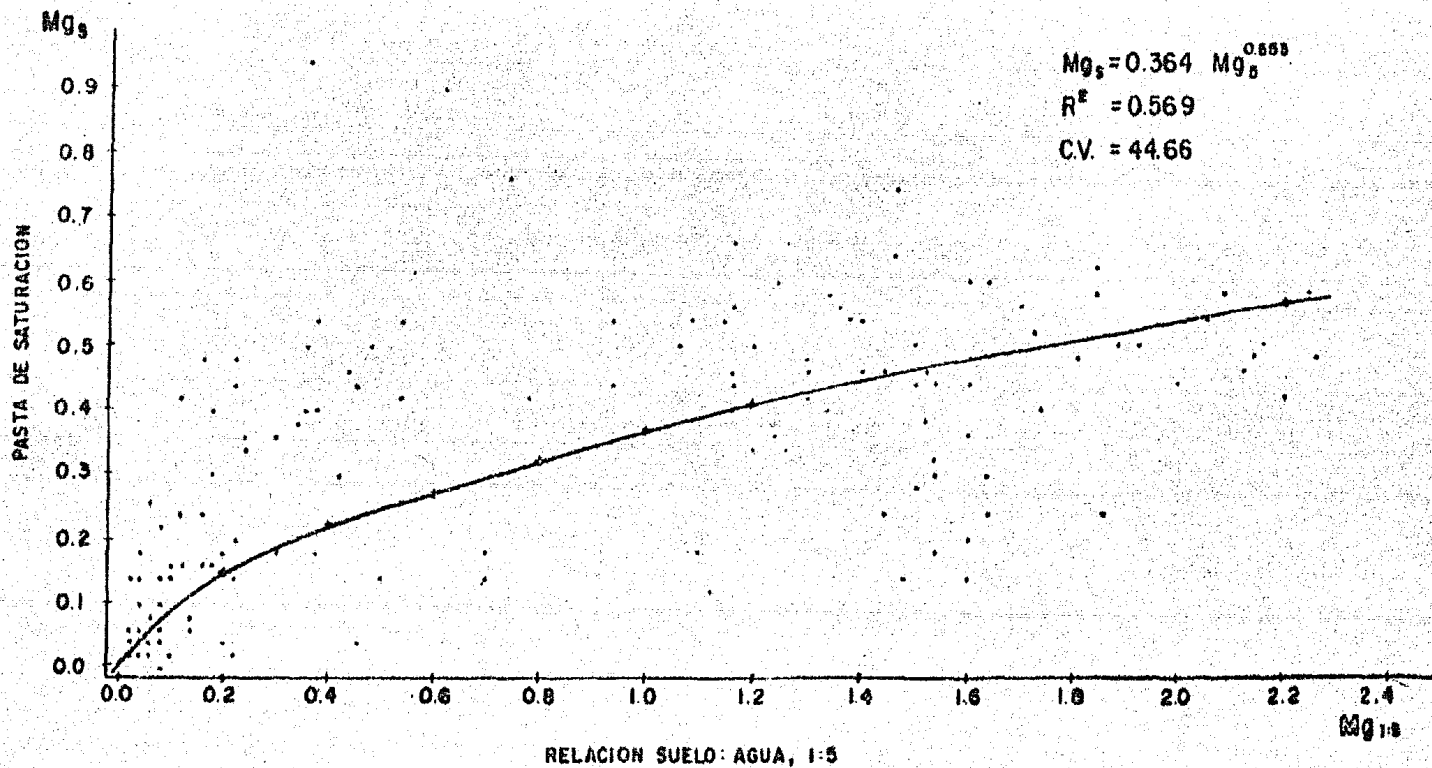


Fig. 31. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Calcio, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5.



Nota: 24 obs. coinciden

Fig. 32. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Magnesio, correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5.

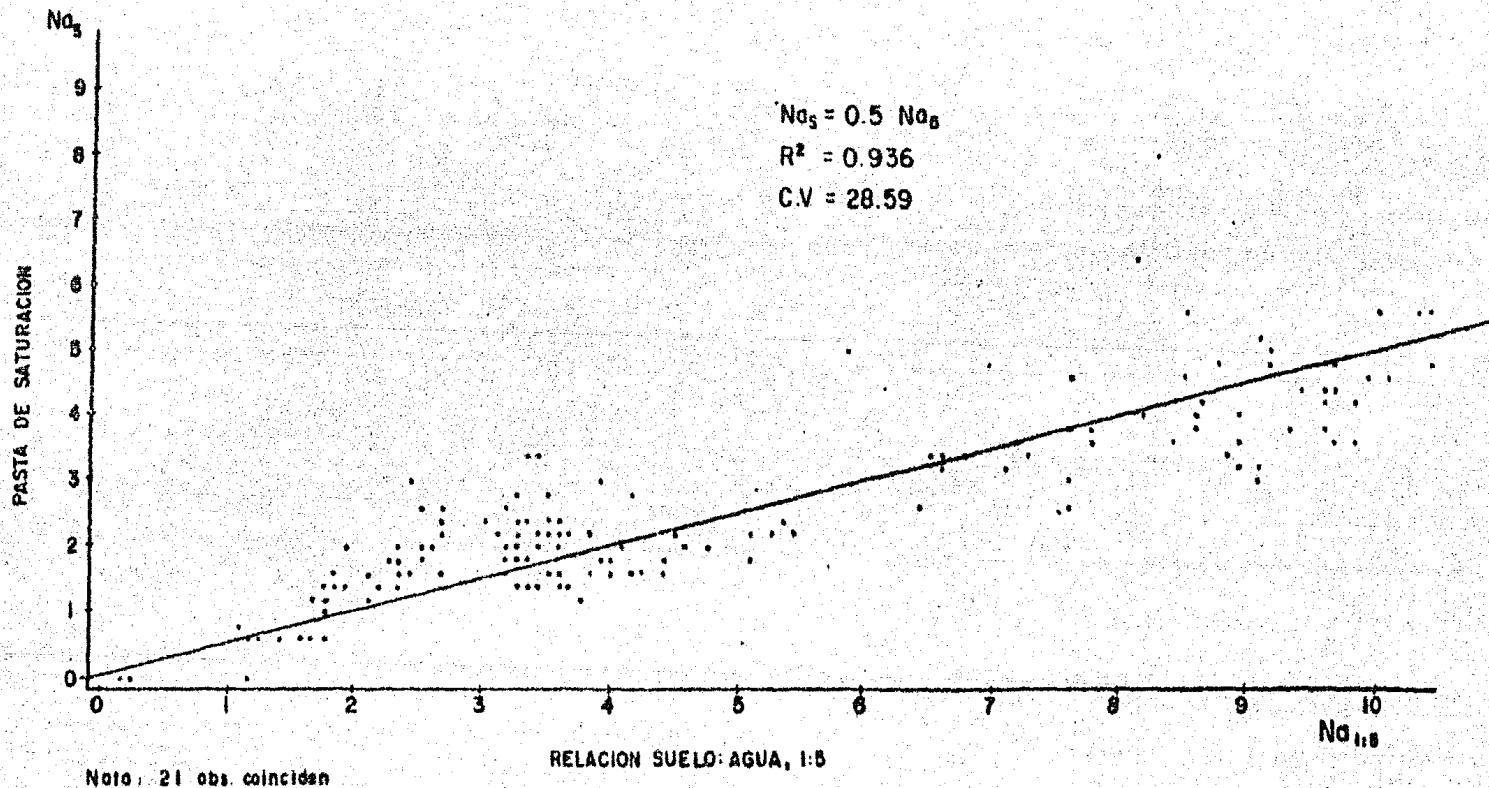


Fig. 33. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Sodio correspondientes a los datos del experimento de mejoramiento pasta de saturación y 1:5

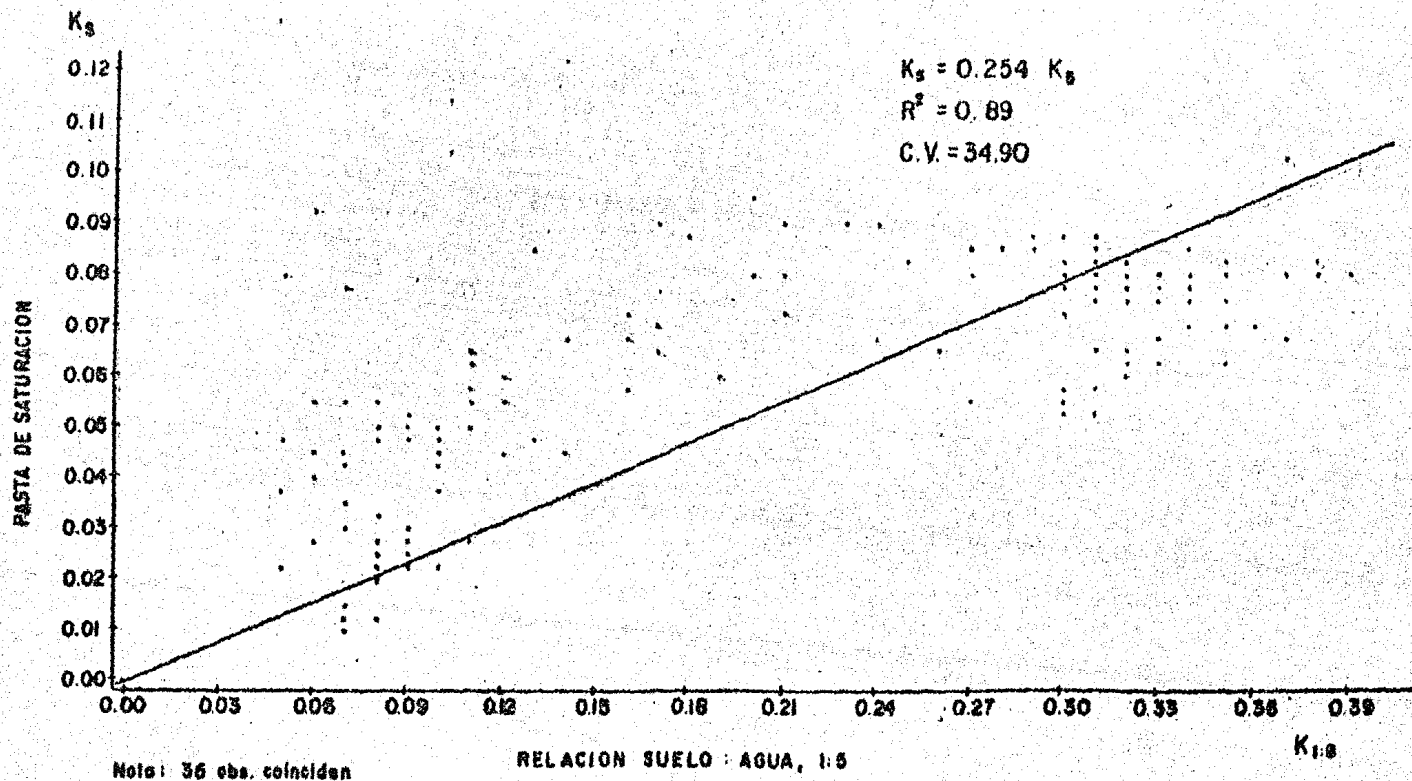
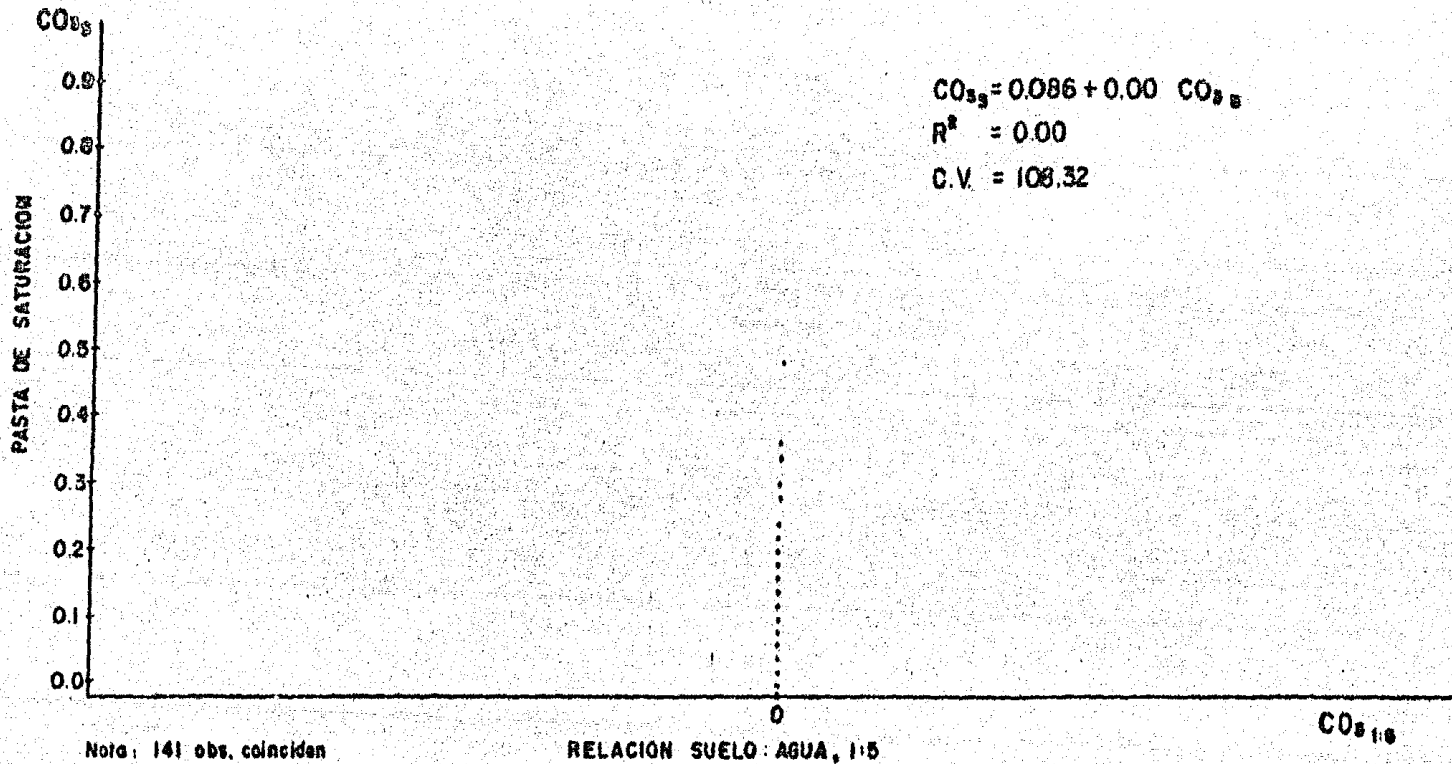


Fig. 34. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Potasio, correspondientes al experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5.



**Fig. 35.** Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Carbonatos, correspondientes al experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5.



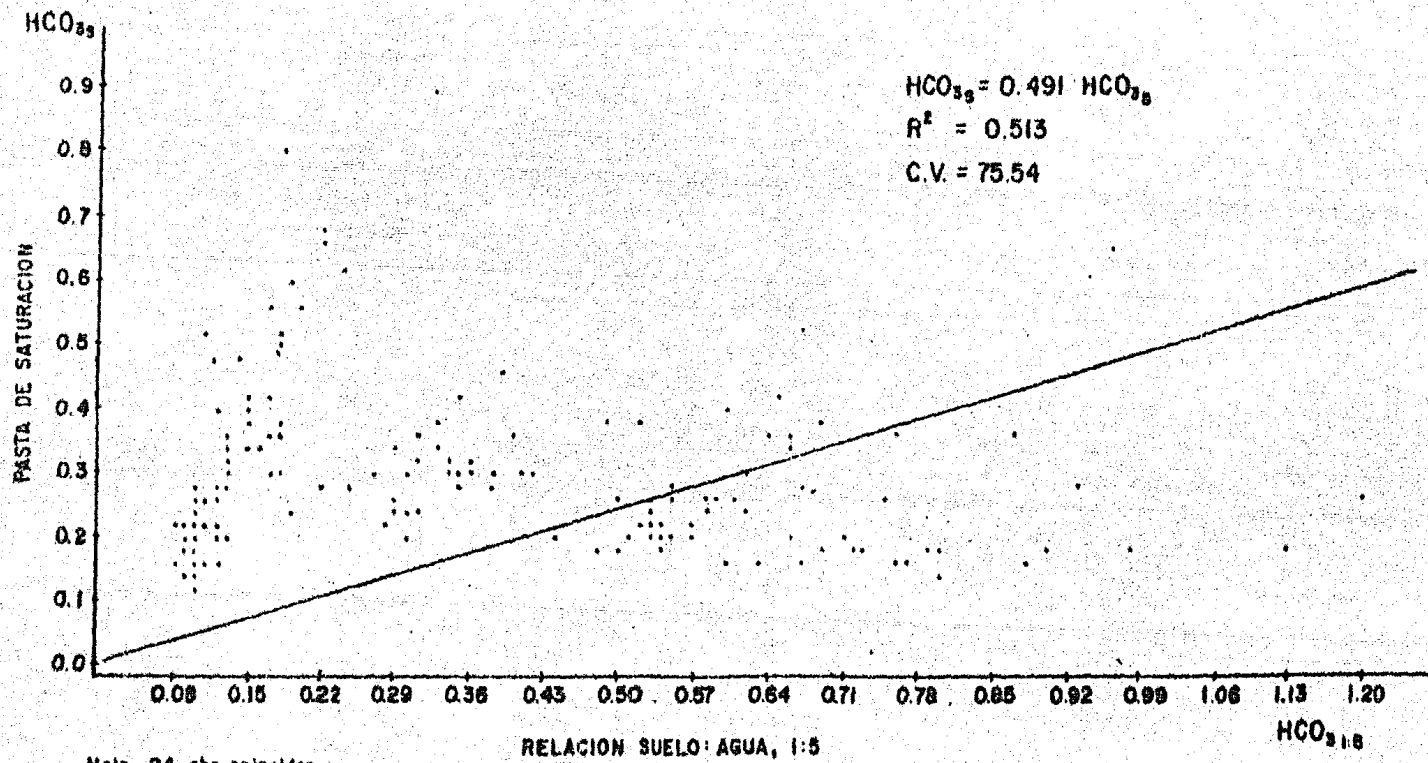


Fig. 36. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Bicarbonatos, correspondientes al experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y 1:5

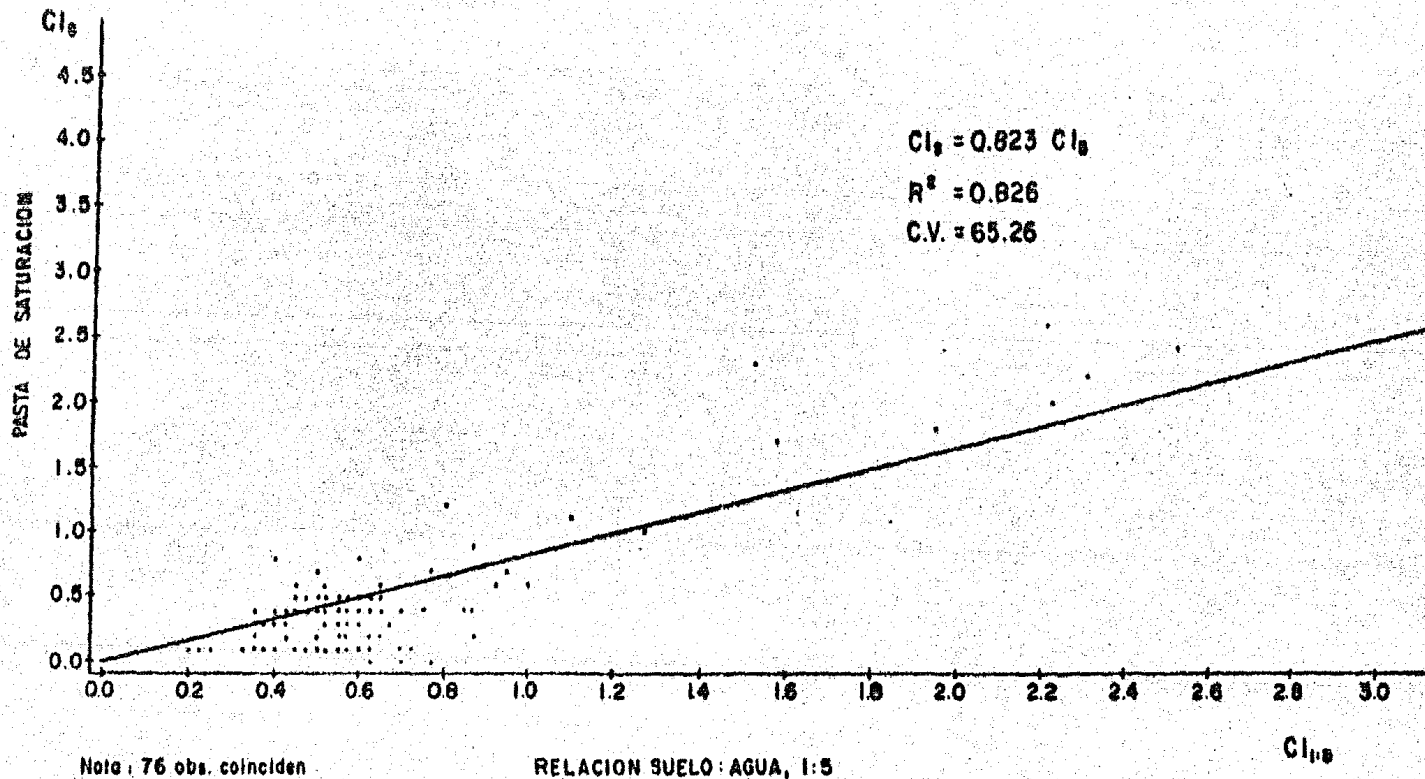
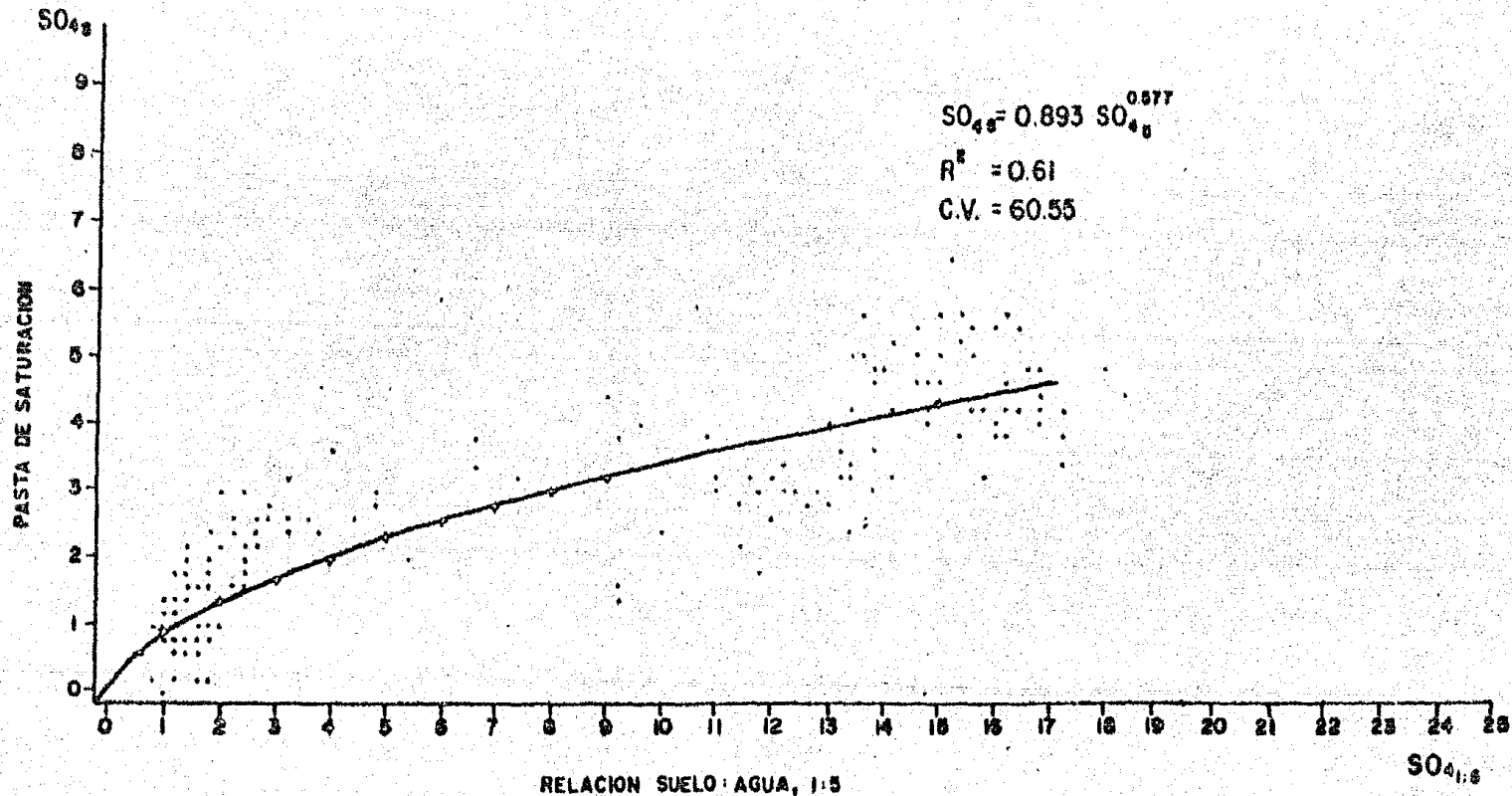


Fig. 37. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Cloruros, correspondientes al experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y relación 1:5.



Nota: 22 obs. coinciden

Fig. 38. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Sulfatos, correspondientes al experimento de mejoramiento, en pasta de saturación y relación 1:5.

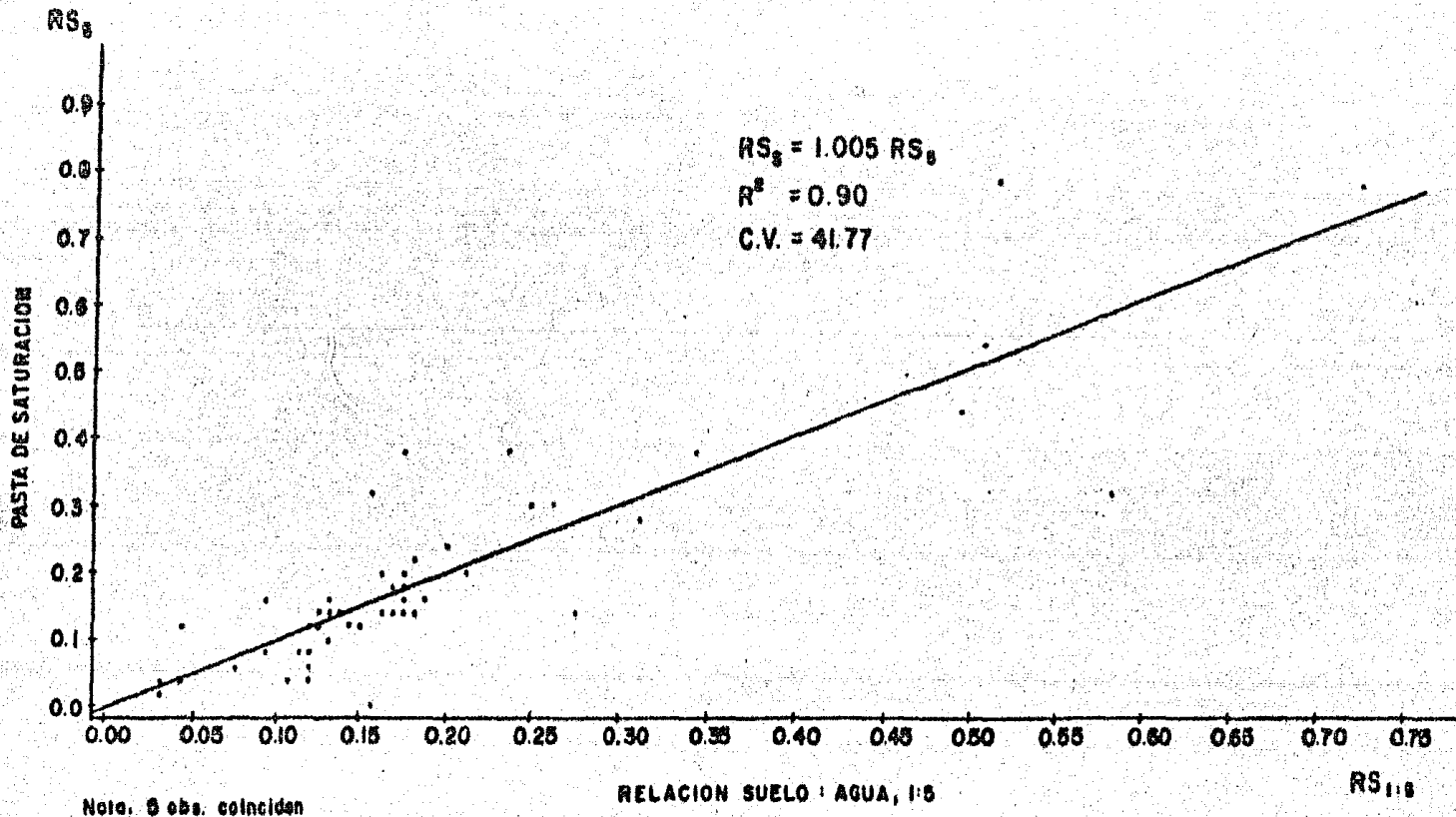
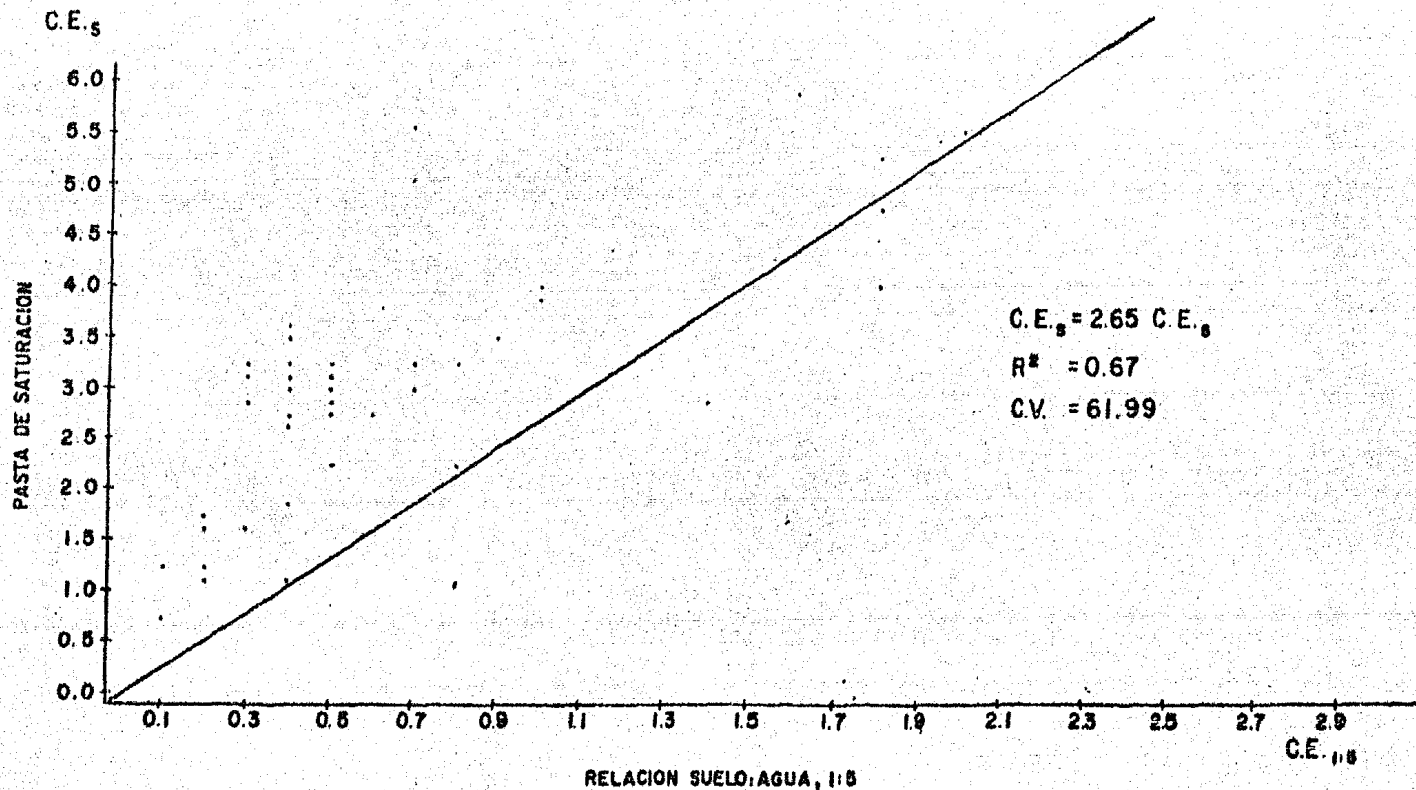


Fig. 39. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Residuo seco, correspondiente a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.



Nota: 12 obs. coinciden

Fig. 40. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de C. E., correspondientes a los datos de Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.

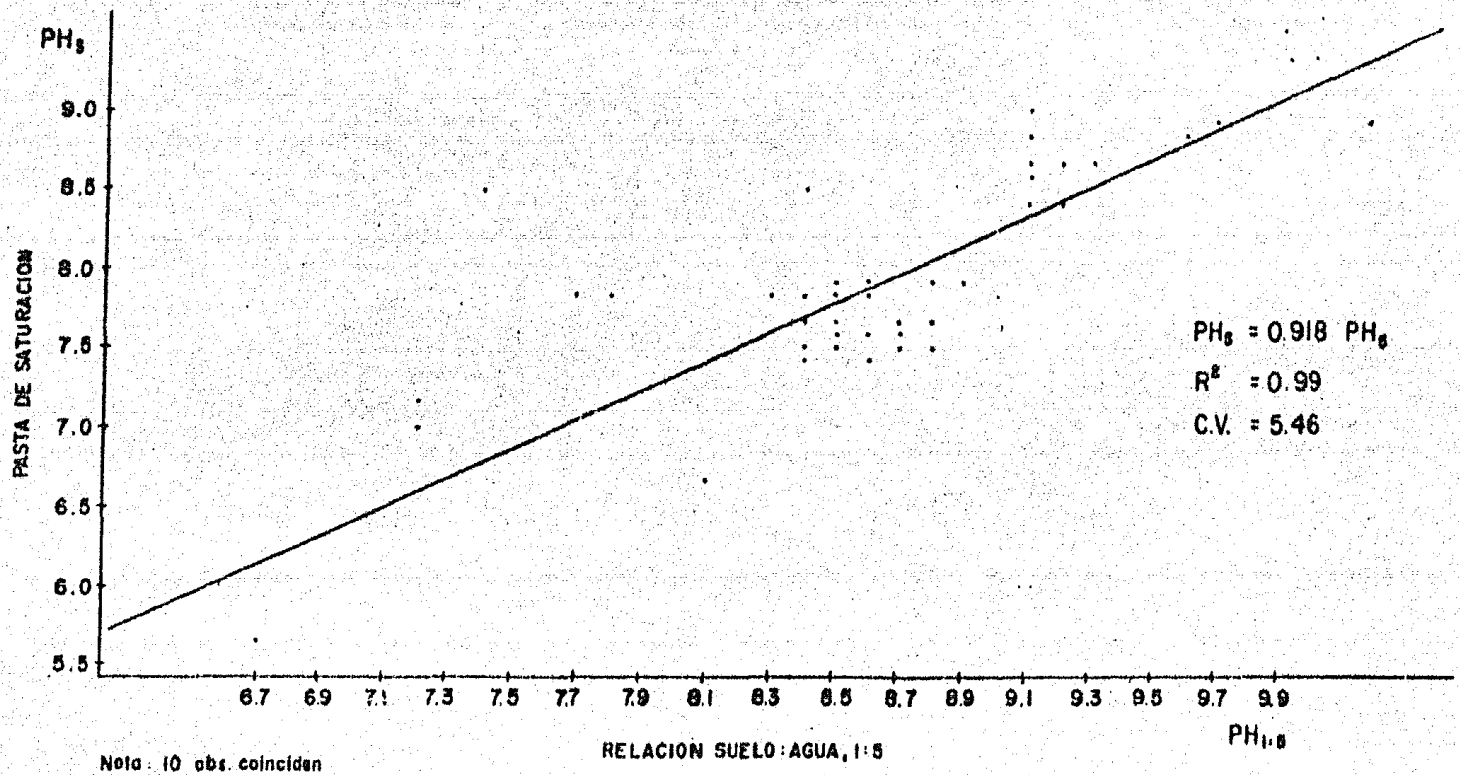
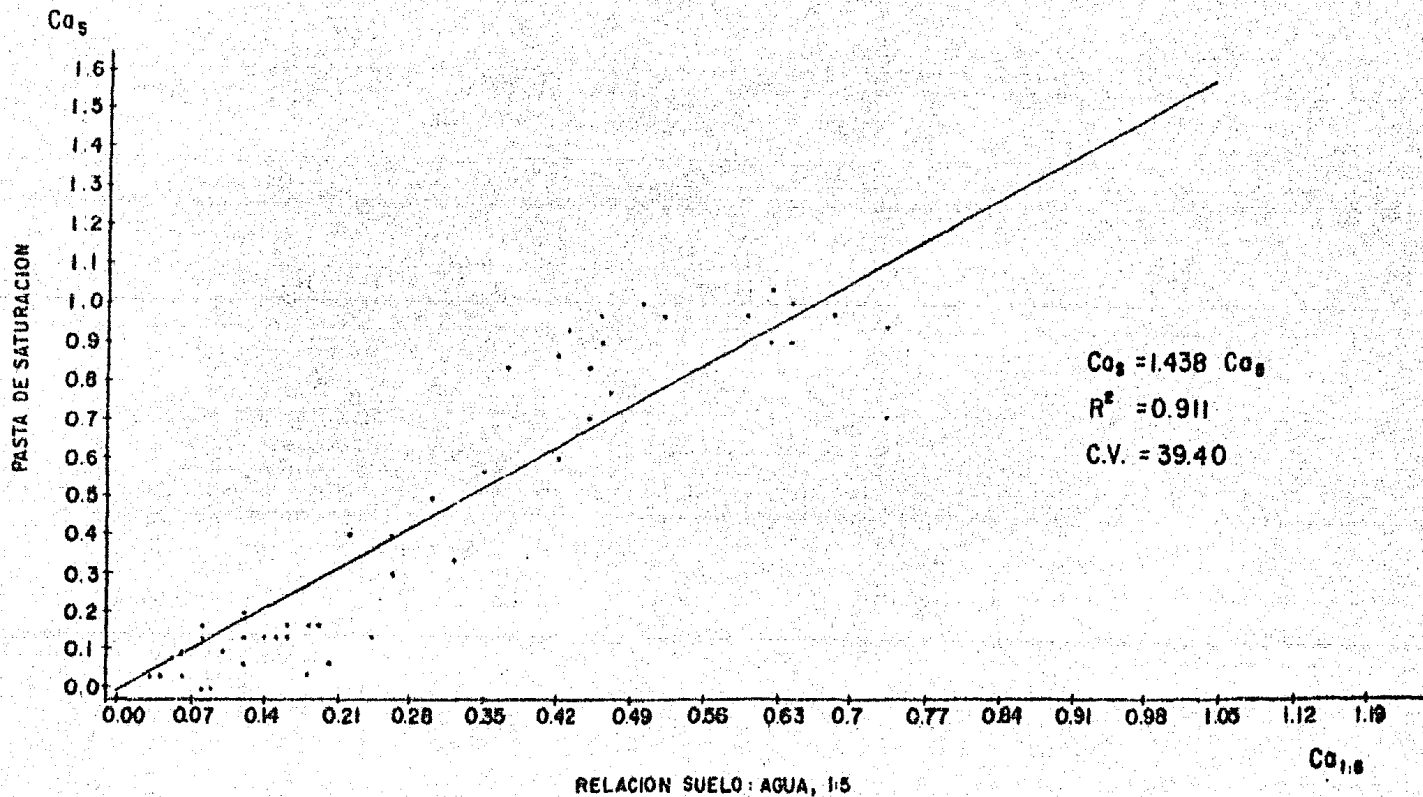
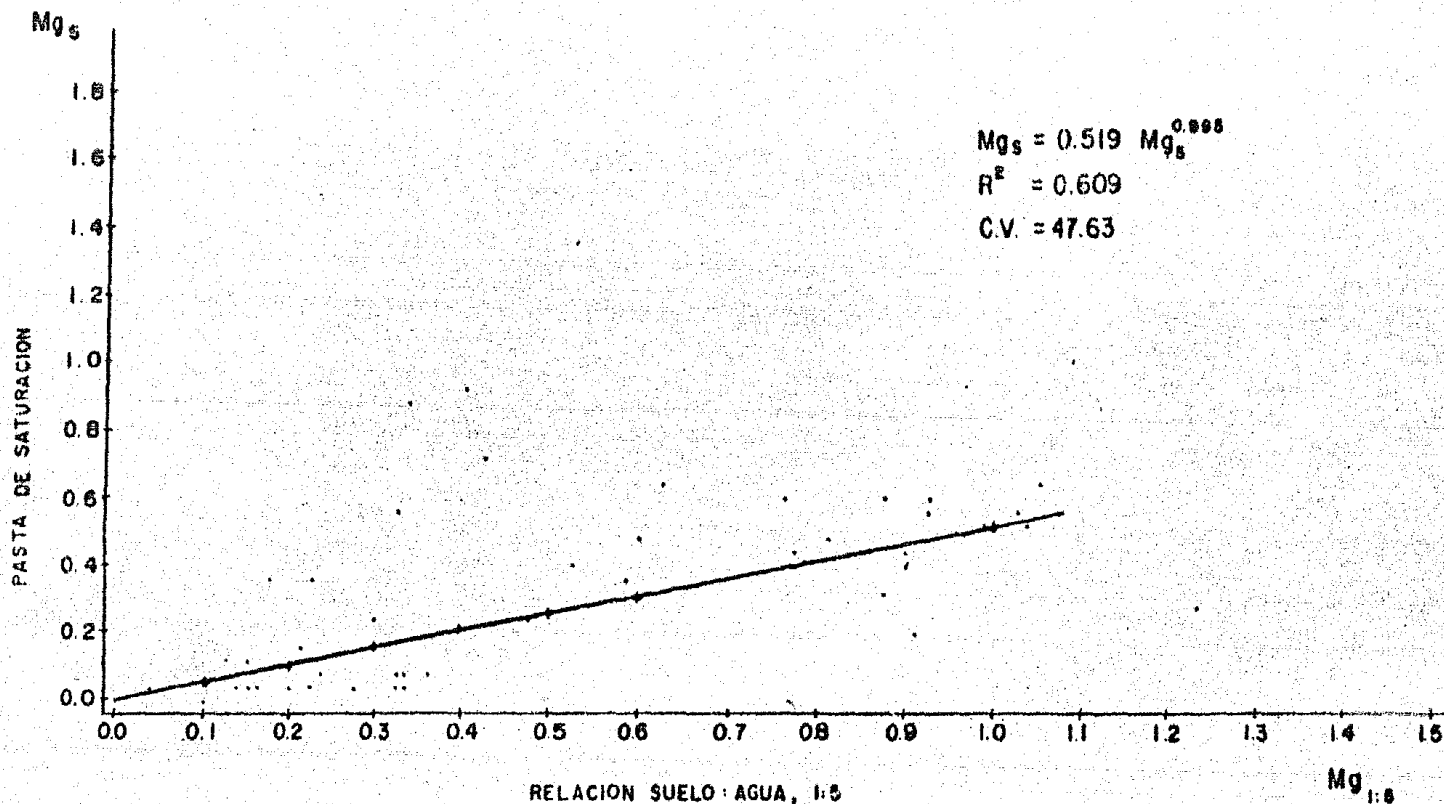


Fig. 41. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de pH. correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.



Nota: 4 obs. coinciden

Fig. 42. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Calcio, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.



Nota: 4 obs. coinciden

Fig. 43. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Magnesio, correspondientes a Obrajuelos, Montecillos, Monterrey y el Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.



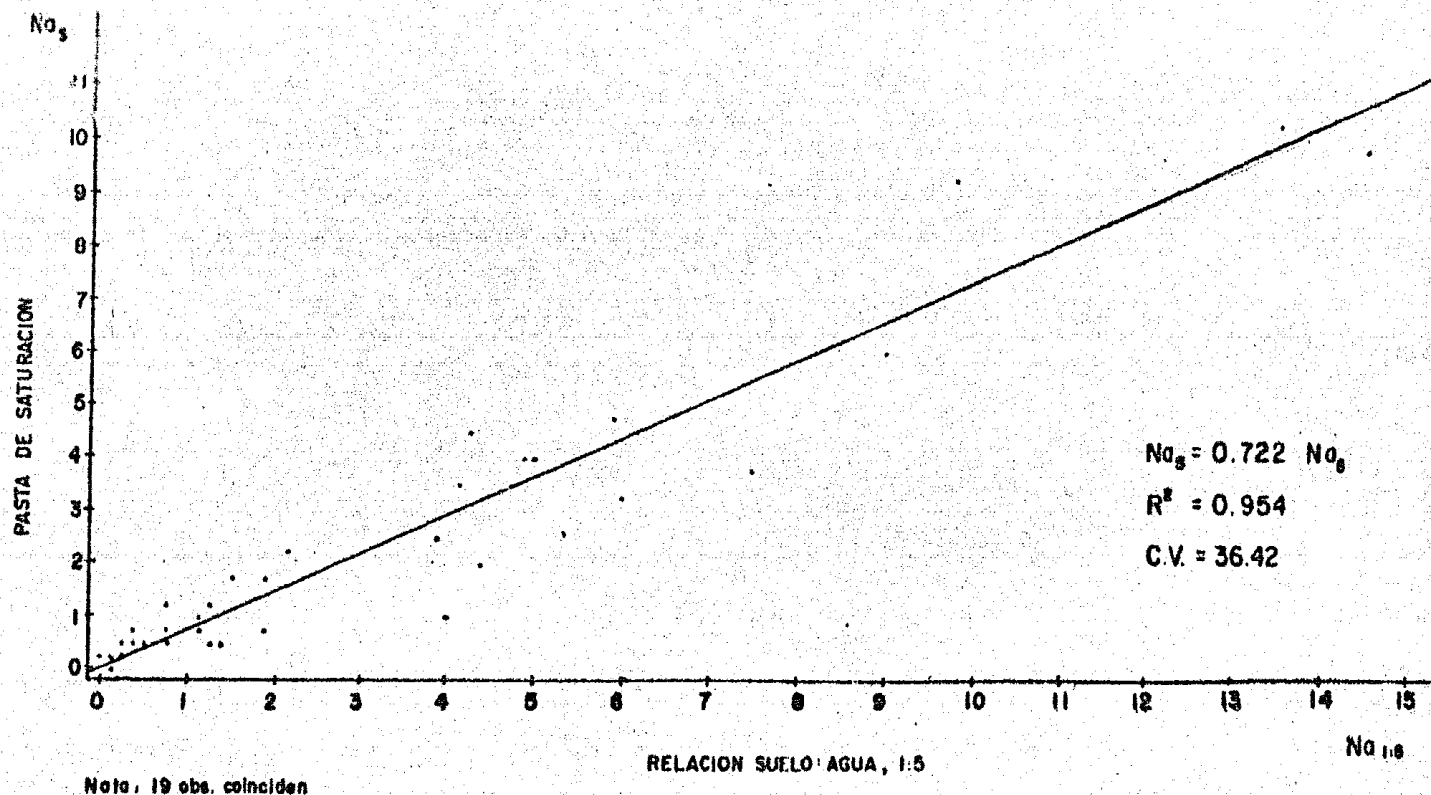


Fig. 44. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Sodio, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.

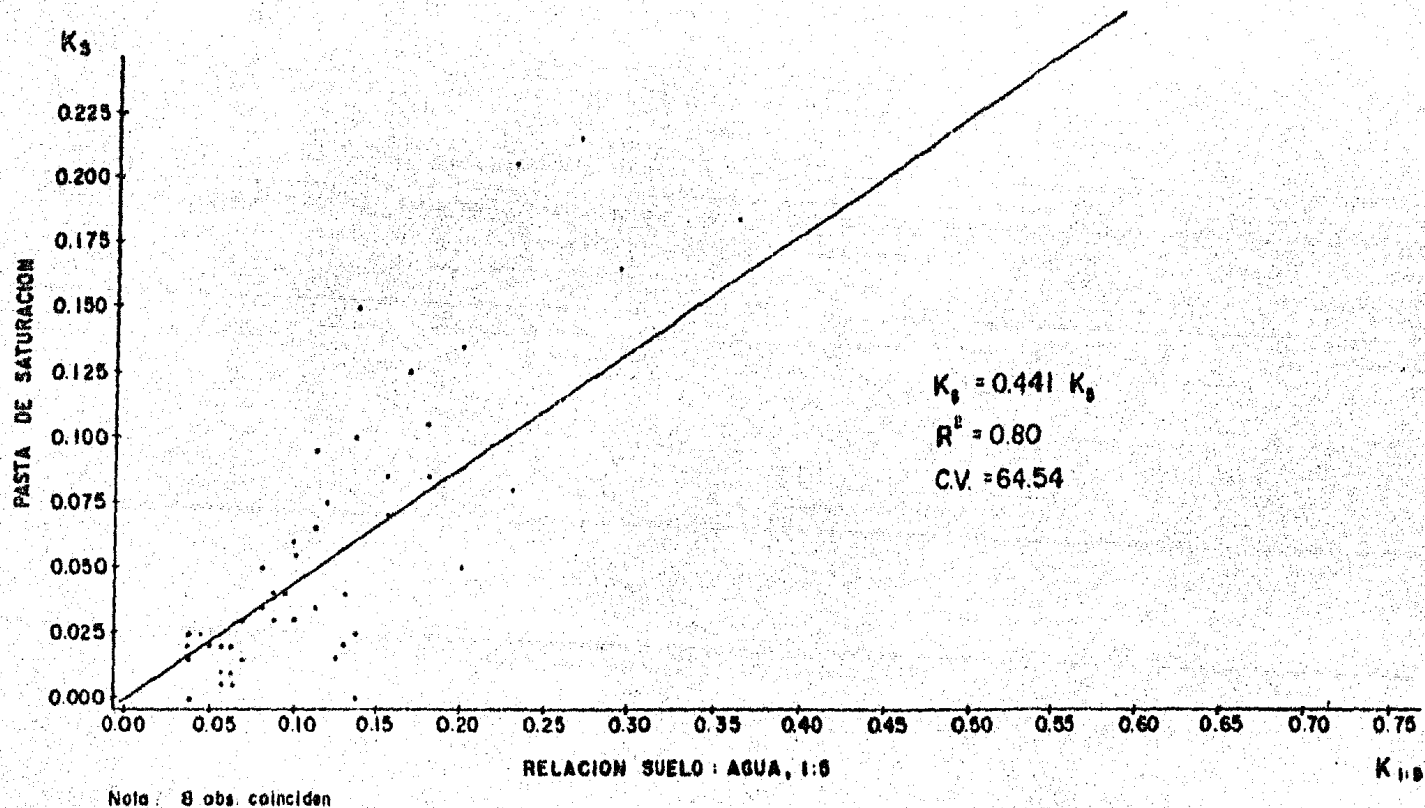
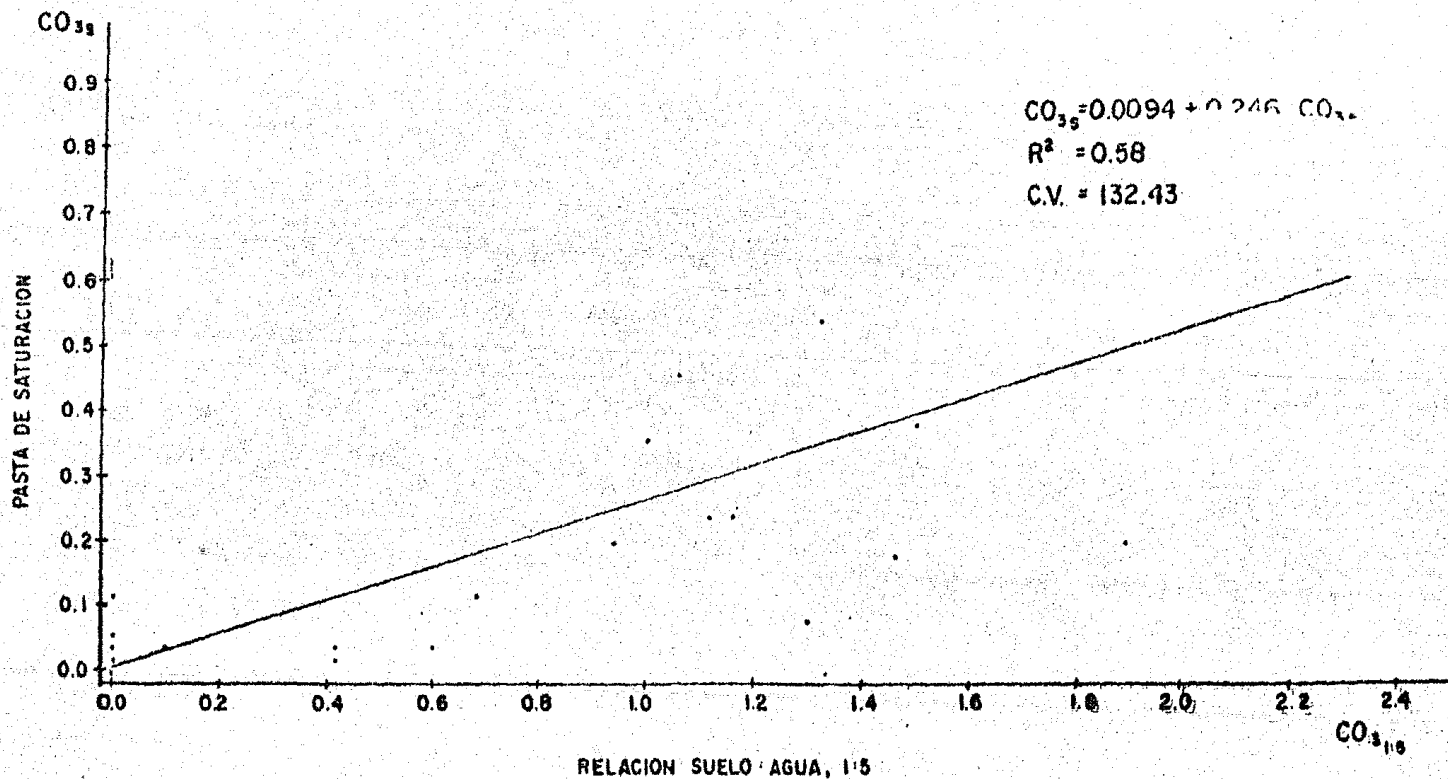


Fig. 45. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Potasio, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5



Nota: 32 obs. coinciden

Fig. 46. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Carbonatos, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.

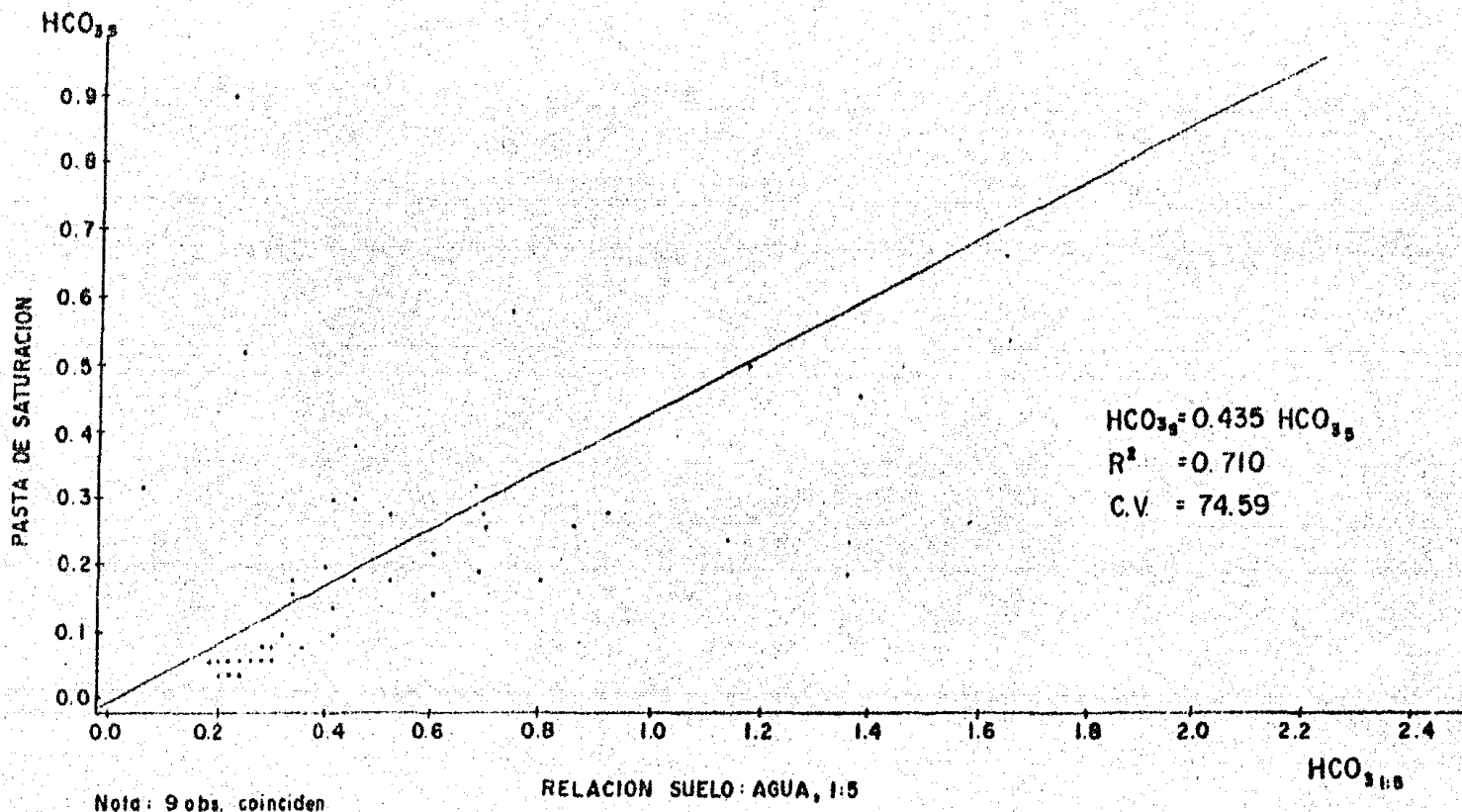


Fig. 47. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Bicarbonatos, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.

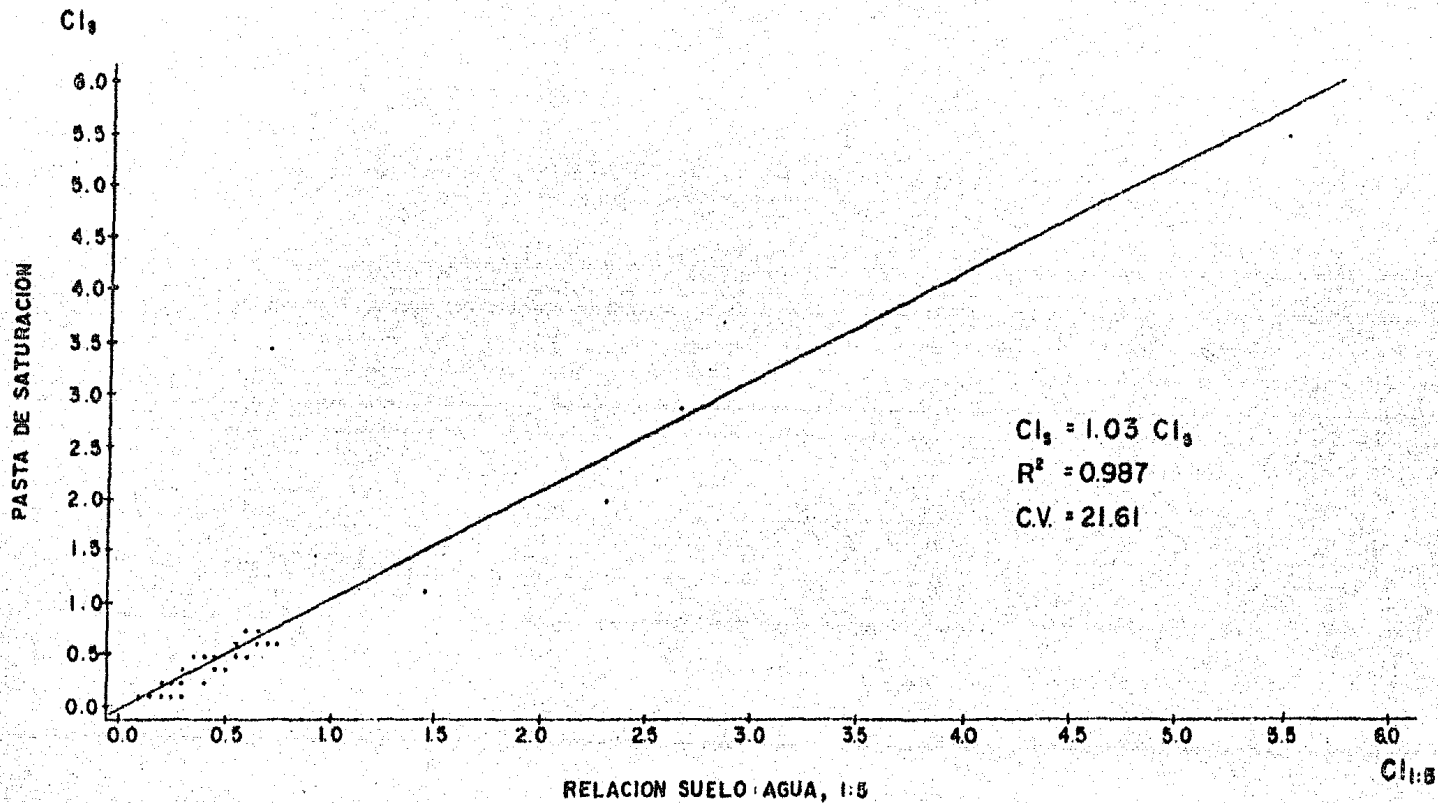
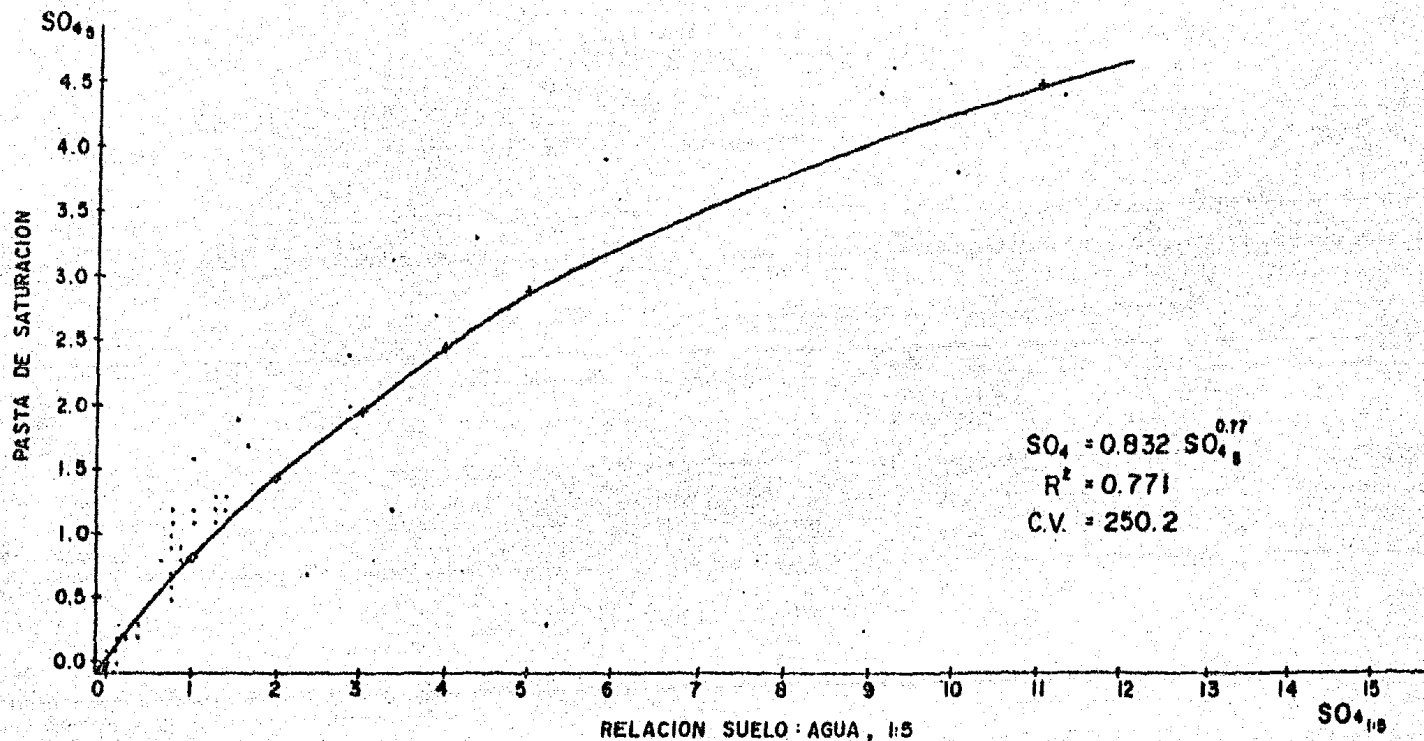


Fig. 48. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Cloruros, correspondientes a Obrajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.



Nota. 12 obs. coinciden

Fig. 49. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Sulfatos, correspondientes a Orajuelo, Montecillos, Monterrey y El Carmen, en pasta de saturación y relación 1:5.

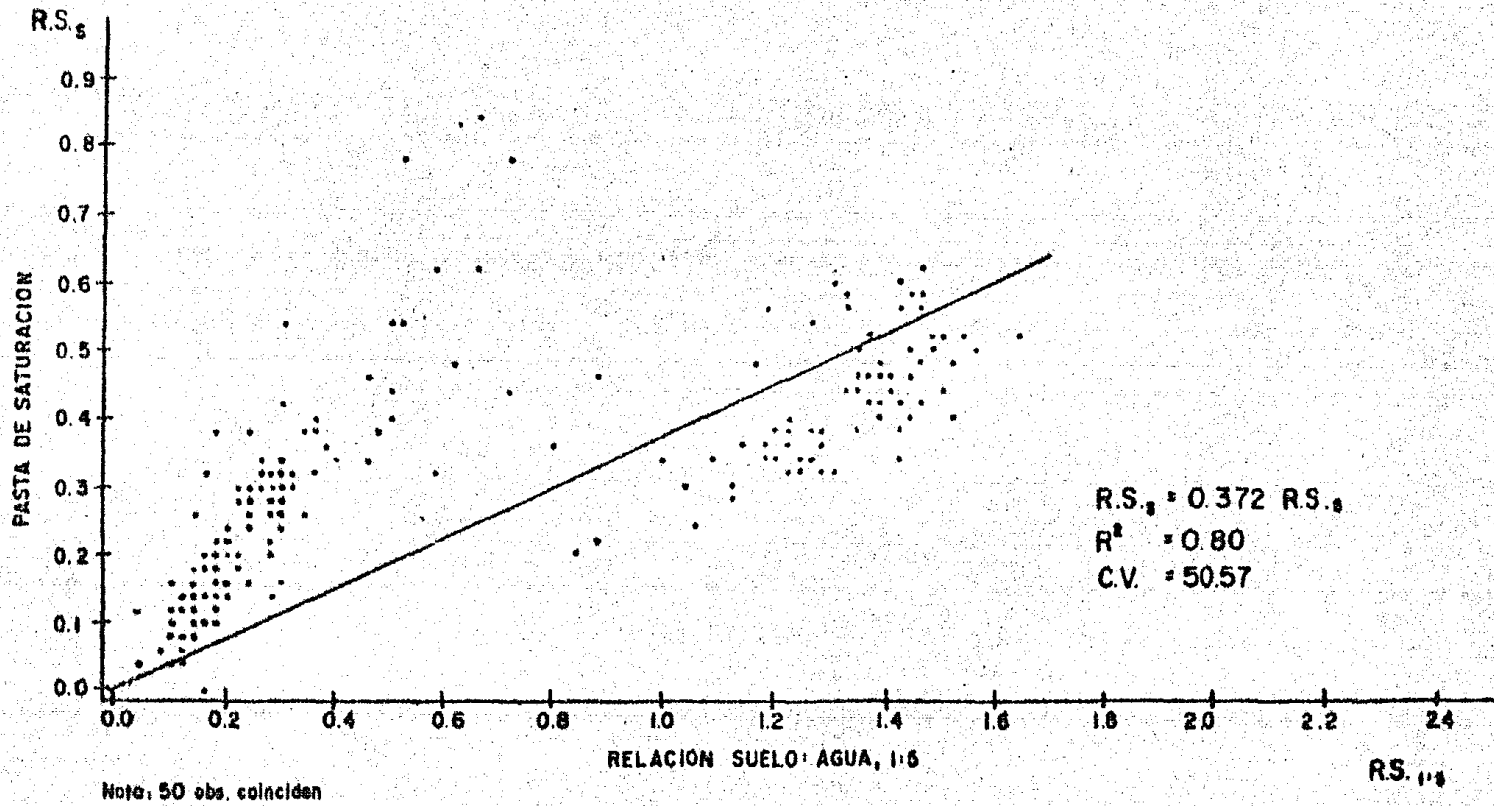


Fig. 50. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de residuo seco, correspondiente a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5.

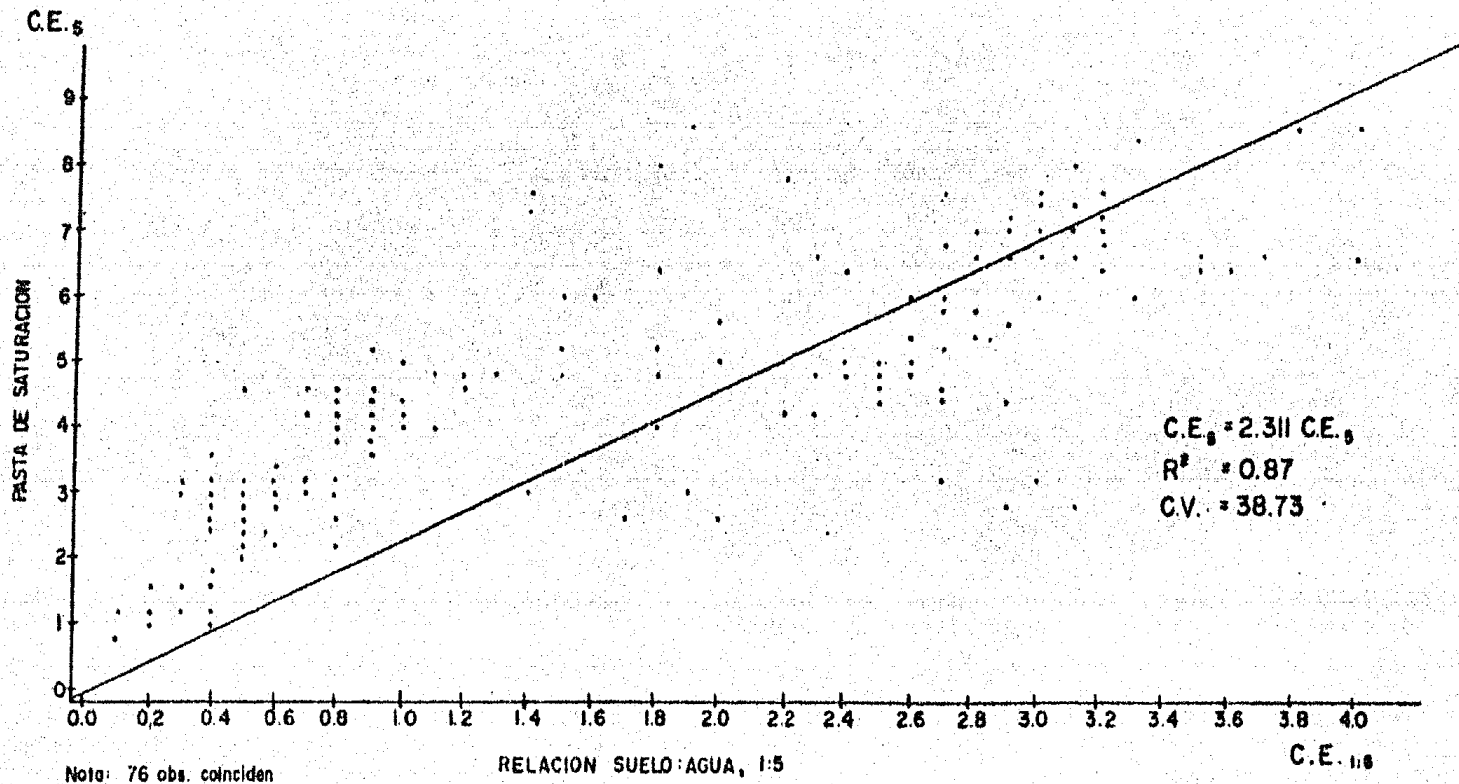
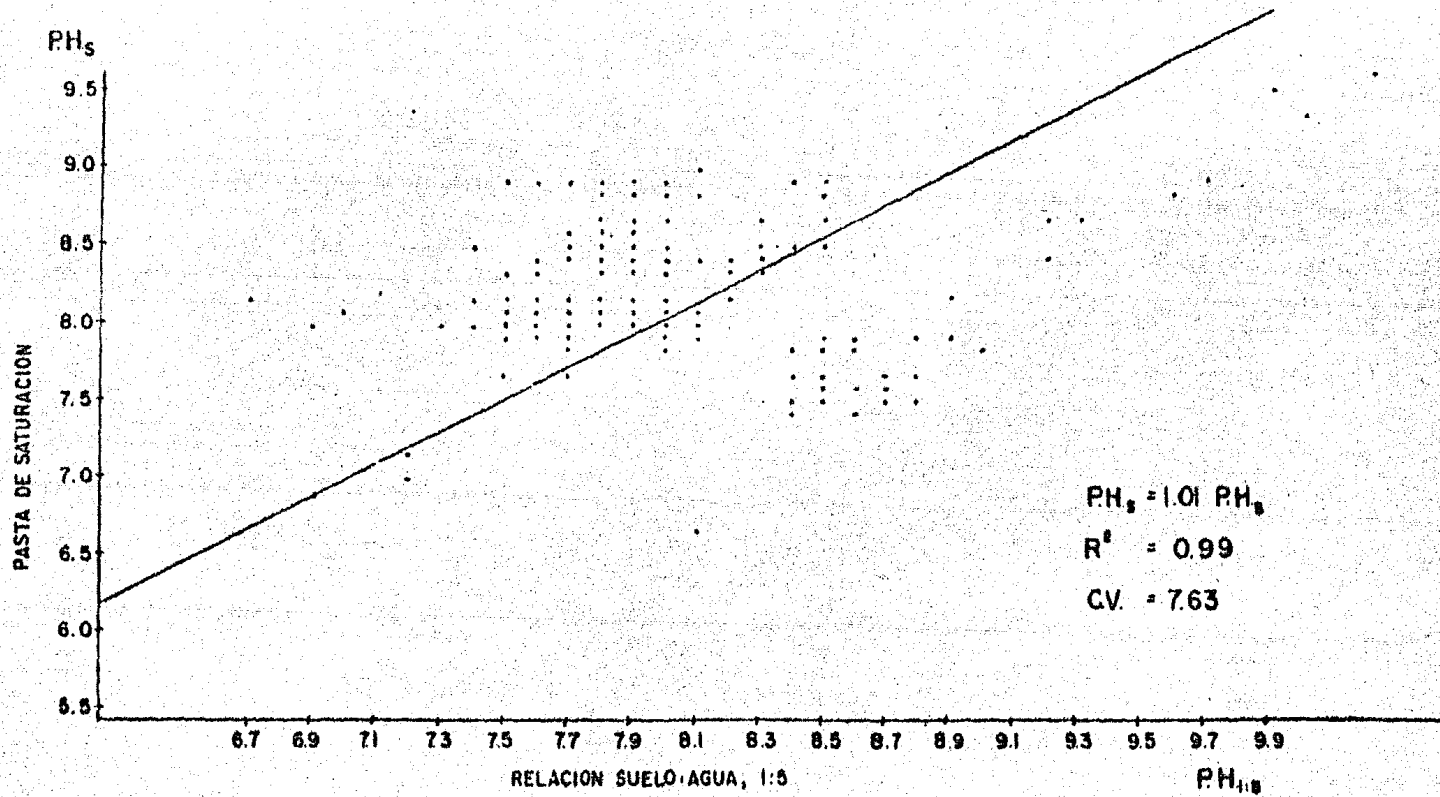


Fig. 51. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de C.E. correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5.





Nota: 92 obs. coinciden

Fig. 52. Diagrama de dispersión y ecuación de regresión de los datos de pH, correspondientes a los datos totales en pasta de saturación y relación 1:5.

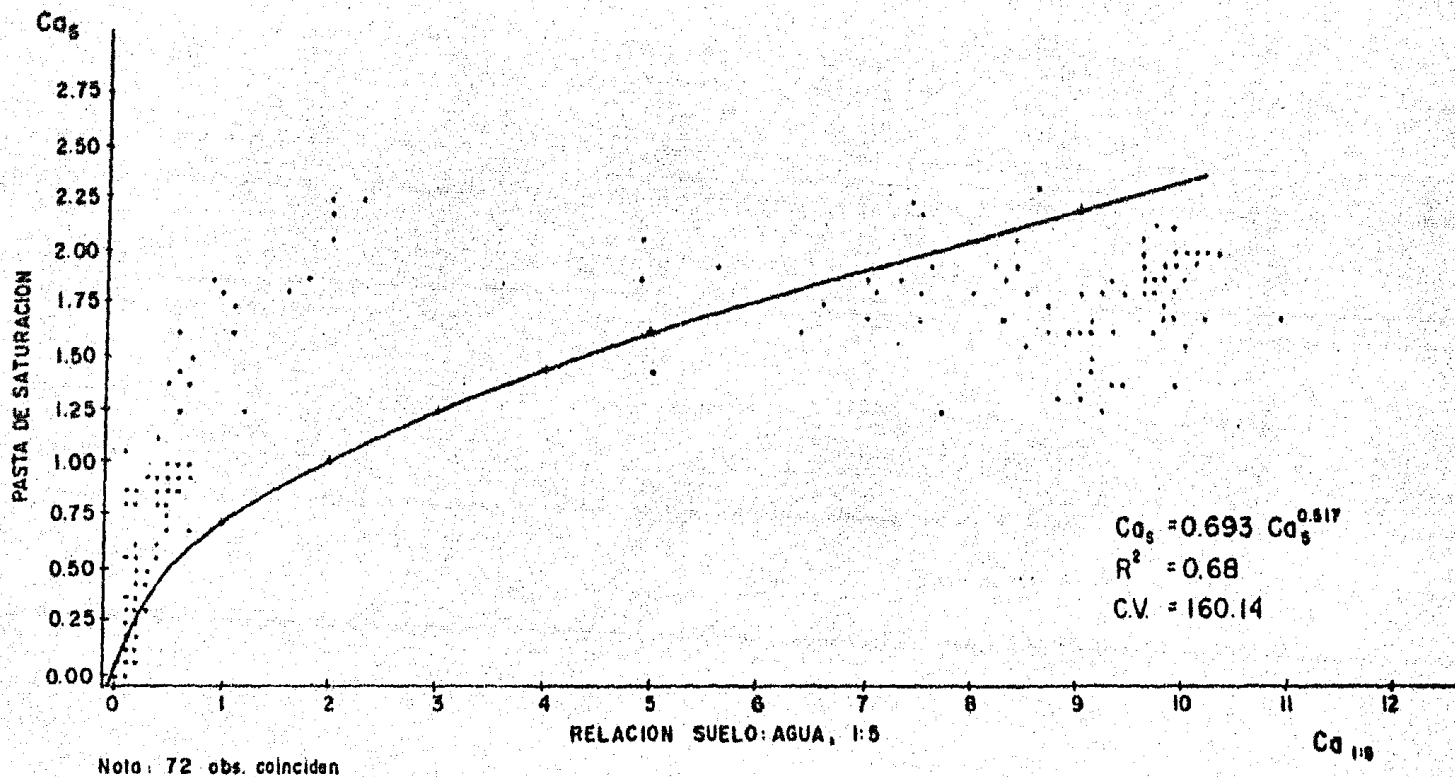
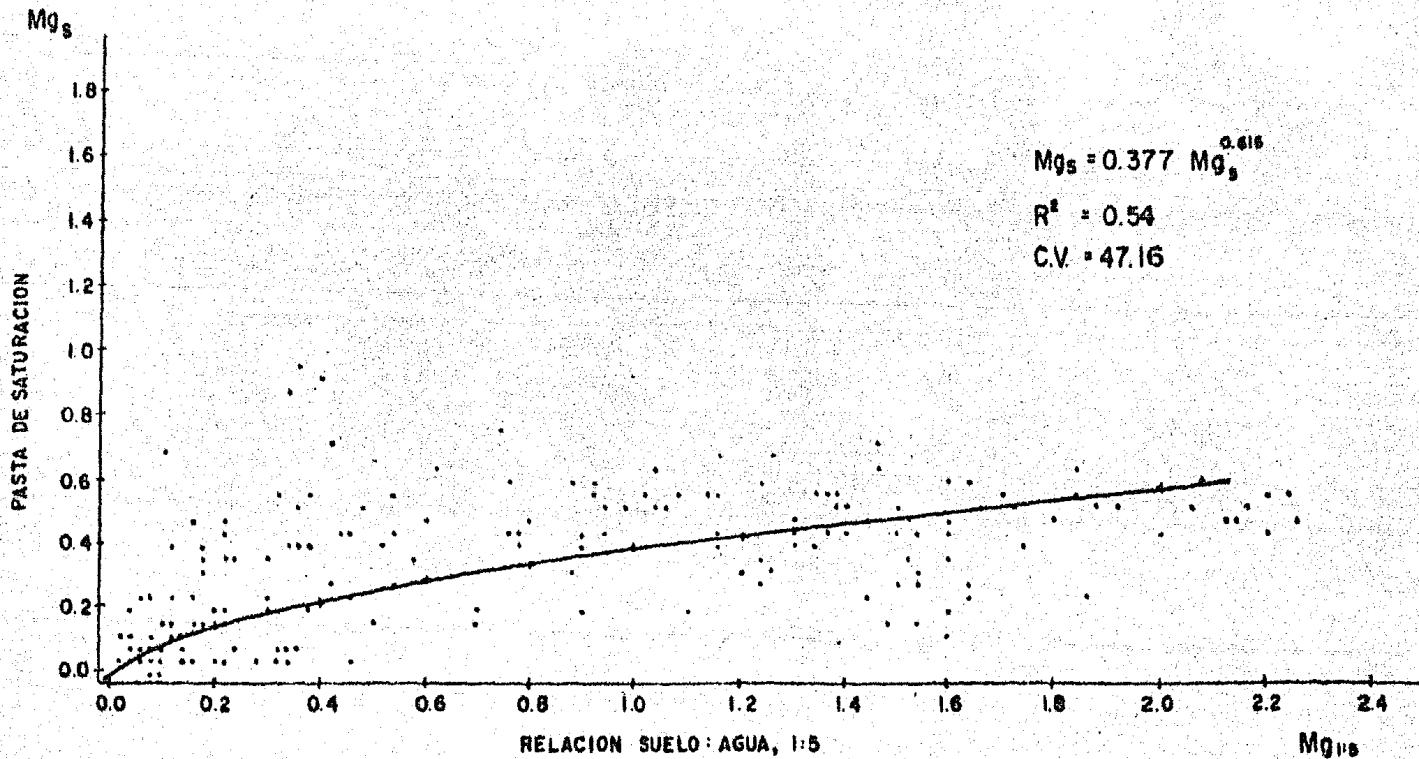


Fig. 53. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Calcio, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5.



Nota: 44 obs. coinciden

Fig. 54. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Magnesio, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5 .

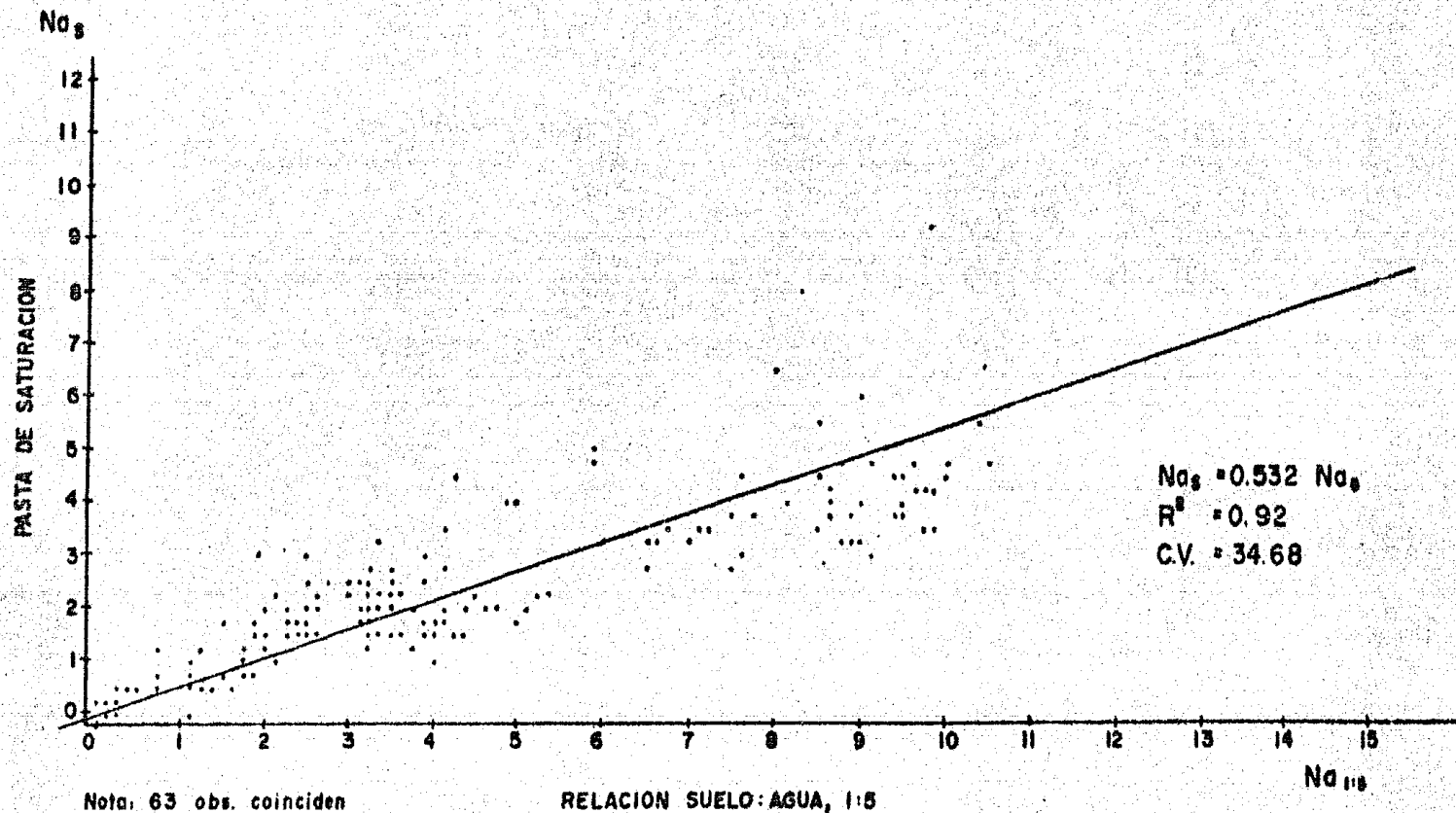
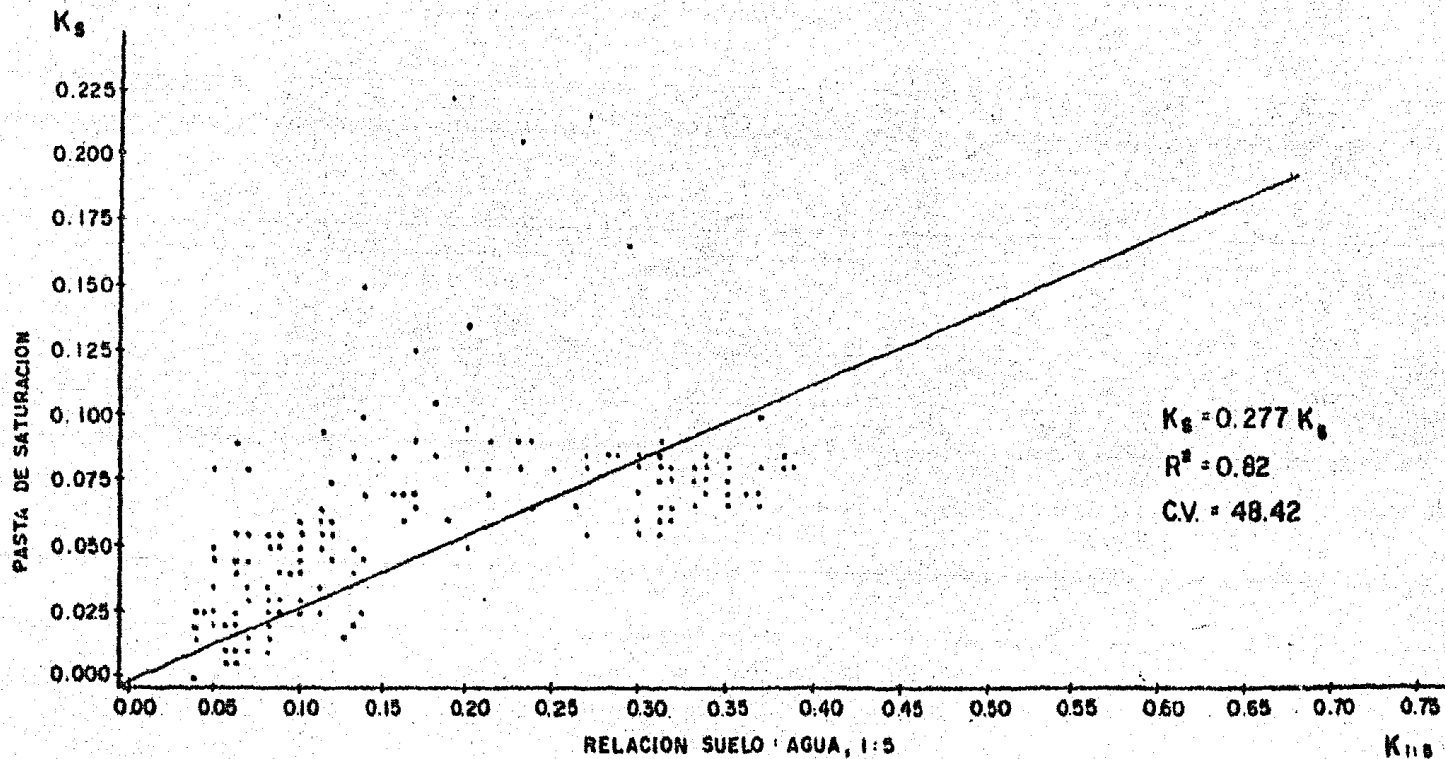
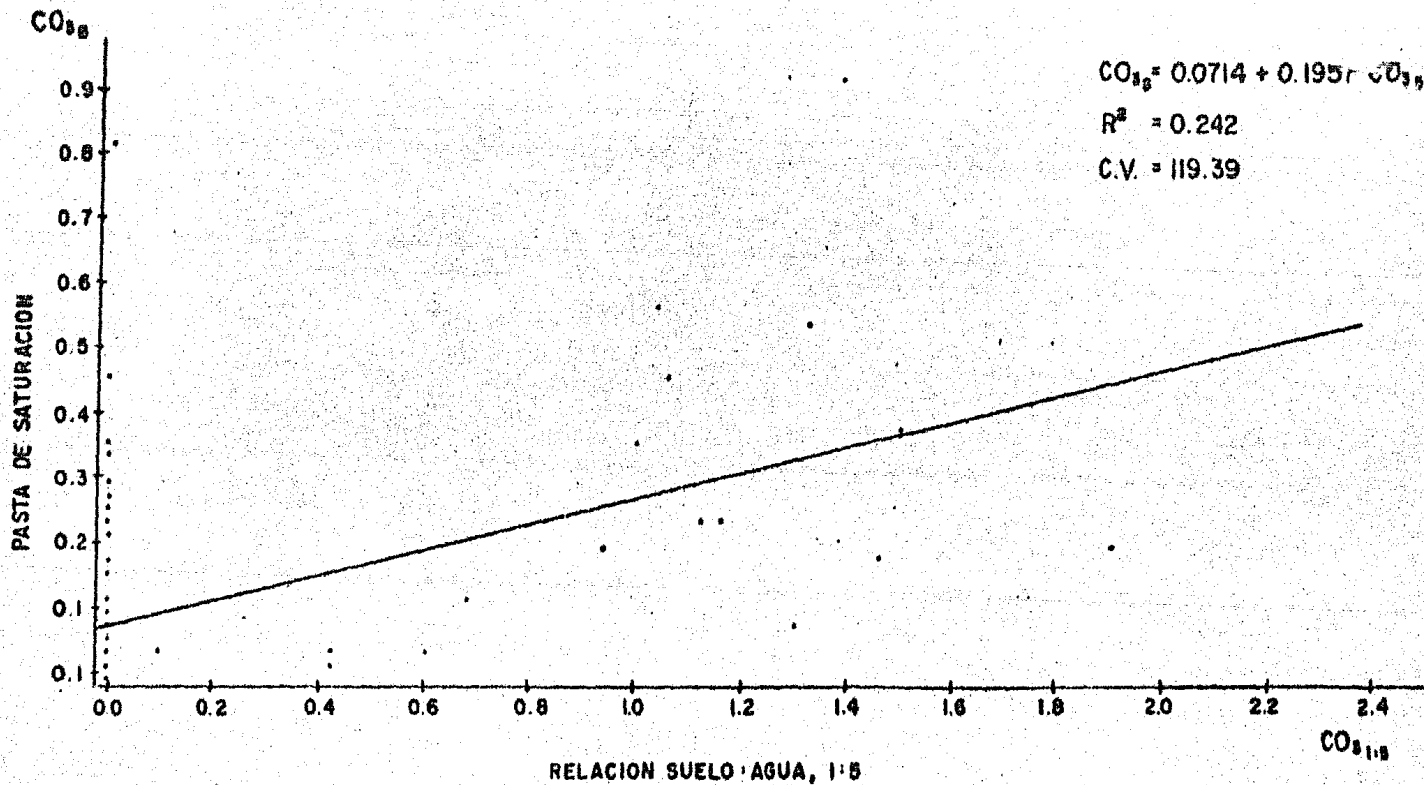


Fig. 55. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Sodio, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5.



Note . 71 obs. coinciden

Fig. 56. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Potasio, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5 .



Nota: 179 obs. coinciden

Fig. 57. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Carbonatos, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5

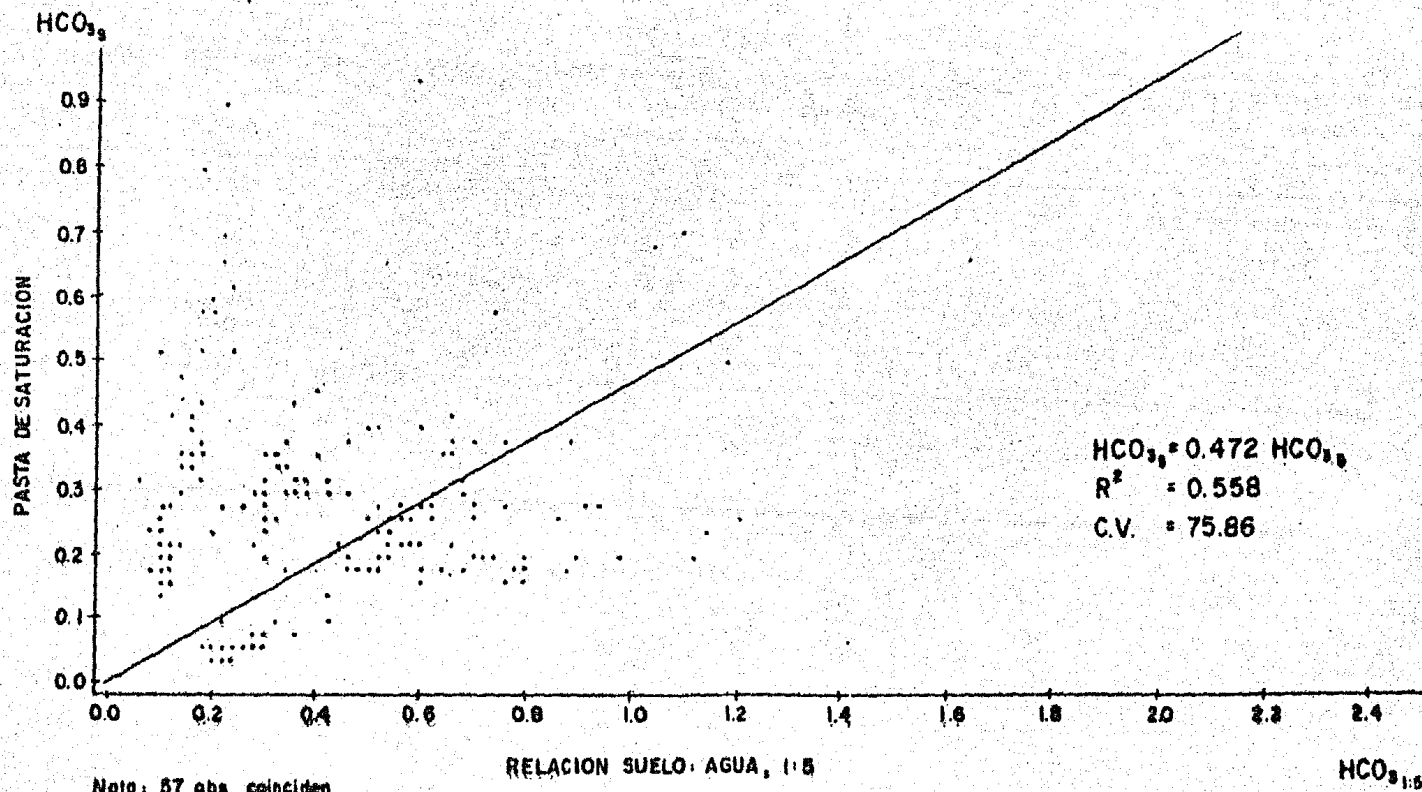


Fig. 58. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Bicarbonatos, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5.

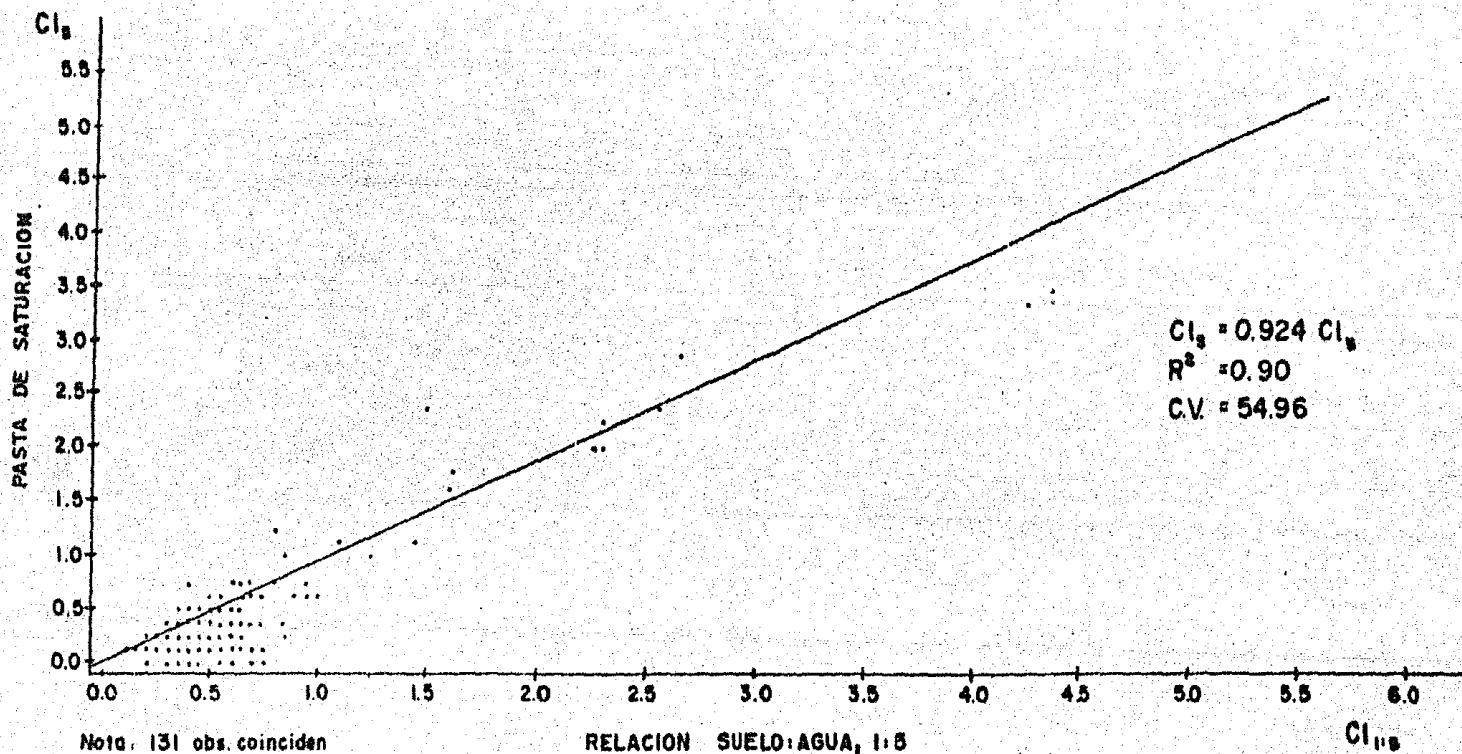


Fig. 59. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Cloruros, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5.



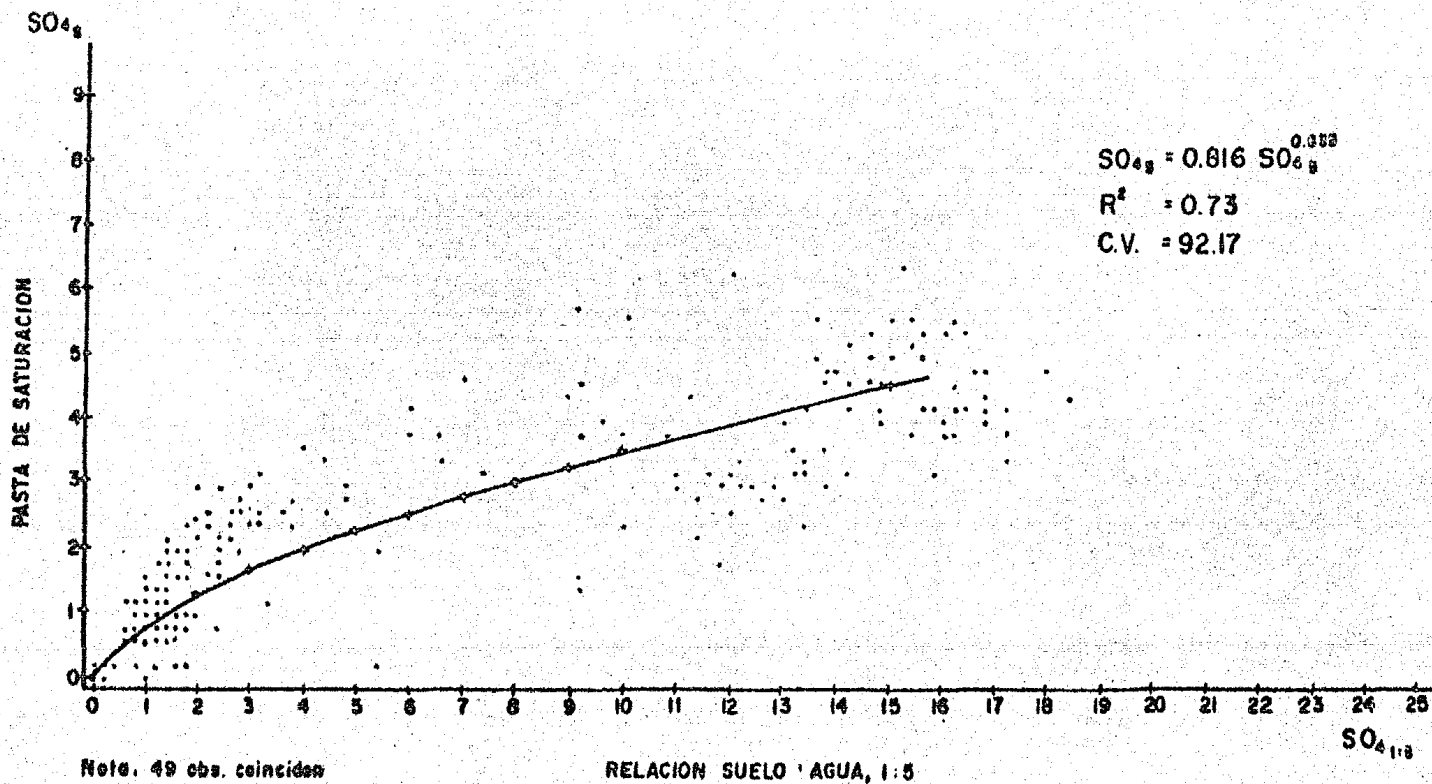


Fig. 60. Diagrama de dispersión y la ecuación de regresión de los datos de Sulfatos, correspondientes a los datos totales, en pasta de saturación y relación 1:5.

Las sales pueden dividirse, por conveniencia en dos grupos, las solubles y las de relativamente baja solubilidad. La forma en que estas clases de sales responden al incremento de la cantidad de agua agregada para la obtención del extracto se muestra a continuación.

Para las sales de relativa baja solubilidad  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , estas se solubilizaron de acuerdo con el principio del producto de solubilidad. La concentración de estas sales permanecerá constante a medida que la cantidad de agua se incrementa, sin embargo, la cantidad de sales que pasa a la solución, a medida que el contenido de agua aumenta, será proporcional al contenido de agua, asumiendo que exista un exceso de fase sólida. Si suficiente agua es agregada para disolver la fase sólida, entonces en la presencia de incrementos adicionales de agua, las curvas que representan la concentración de sales de baja solubilidad se comportaron de una manera similar a aquellas curvas que corresponden a las sales solubles de solubilidad mediana y alta, es decir ocurrirá un proceso de dilución (James, Hanks and Jurinak 1982).

Lo anterior permite tener una idea de la complejidad del proceso de desplazamiento de sales en una y otra relación, originado por la Heterogeneidad de los tipos de sales y cantidades que se encuentran en los suelos bajo condiciones naturales; sin embargo es necesario el estudio de estos procesos, que permitan conocer la variabilidad de respuestas a la variable cantidad de agua.

Es importante, por lo tanto, aclarar que la intención, no es encontrar soluciones rígidas, sino el estudio detallado de procesos que permitan al investigador, adquirir relatividad de las determinaciones y creatividad en su uso. Cada proceso en particular sigue patrones definidos, a partir de concepciones básicas de este, por lo que el uso por el investigador depende de su conocimiento y el objetivo del estudio que realiza.

Para la discusión de los resultados, partiremos de los diagramas de dispersión básicamente y en un análisis de los grupos en los cuales se dividieron los datos experimentales, apoyados con los resultados de otros investigadores.

#### 6.1.- Comportamiento de las Variables Estudiadas en Saturación 1:0.2 - 0.6 y Relación 1:5.

En el análisis de las variables se escogió utilizar -- los diagramas de dispersión ya que permiten detectar los cambios de la variable y realizar deducciones objetivas. Sin embargo la información proporcionada por los perfiles de suelos, es de importancia, cuando se desea conocer el comportamiento de un lavado o recuperación de suelos en profundidad o perfil; ya que en este caso lo anterior se realizará con un detalle menor, que el conocimiento del cambio de las variables de estudio en las dos relaciones, esto se analizará con cierta amplitud.

##### 6.1.1.- Residuo Seco.

El método de determinación de la cantidad de sales en un suelo por medio de evaporación, se le llama generalmente "Residuo Seco". Consiste en tomar una muestra del extracto de -- cualquier relación Suelo:Agua, se pesa, se evapora y se repite el pesado, por lo que se puede calcular la cantidad de sales -- expresada en Peso por 100g. de suelo.

Este método mide la cantidad de sales aún cuando presenta problemas por considerar la materia orgánica como parte -- de las sales (del Cristo G.G.1982), el método realiza una medición y no una estimación de las sales.

Para analizar los cambios que existen en una determinación en las dos relaciones probadas, se graficaron los diagramas de dispersión de los puntos, encontrándose lo siguiente:

a) Cuando se analizan los datos totales, la relación indica que se extrae mayor cantidad de sales en relación 1:5 comparada con saturación, lo cual es lógico desde el punto de vista que se utiliza mayor cantidad de agua.

b) En el caso del experimento de mejoramiento, la respuesta en las dos relaciones sigue una tendencia que presenta -- coeficientes relativamente parecidos, además la dispersión de -- los puntos presenta características similares, las ecuaciones -- son:

$$1) R_{s_5} = 0.372 R_{s_{1:5}} \quad 2) R_{s_5} = 0.360 R_{s_{1:5}}$$

Se observa que ambas ecuaciones son idénticas en el -- coeficiente, sin embargo la dispersión de los puntos indica que en estos dos conjuntos de datos hay una relación cuando existe -- una baja concentración o cantidad de sales y otra cuando aumenta.

c) Con este conjunto de datos se observa una relación 1:1 en ambas relaciones y permite corroborar lo anteriormente -- mencionado, ya que estos datos presentan bajas cantidades de sales y la relación es  $R_{s_5} = 1.005 R_{s_{1:5}}$  que indica que cuando la -- concentración es menor de 0.8, la relación tiene una pendiente -- de 1.0, es decir la extracción es igual en las dos relaciones.

Lo anterior se corrobora en un trabajo desarrollado en el laboratorio de la Comisión de Salinidad del Valle de Mexicali 1977 en donde se probaron varias relaciones Suelo-Agua y cuando se realiza el análisis de sales solubles totales, se observa que en los suelos donde el contenido es bajo no importando la textura la cantidad de sales es igual en las dos relaciones, pero a medida que el contenido de sales es mayor existe diferencia del total de sales extraídos, correspondiendo la mayor cantidad a la relación 1:5.

Y por otra parte debe mencionarse que la relación Suelo-Agua 1:5 solubiliza todas las sales solubles, parte de las sa

les de mediana y difícil solubilidad, además de aquellas sales, que se han formado como resultado de los procesos de intercambio de los cationes de las sales de mediana y baja solubilidad como el  $\text{CaSO}_4$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CaCO}_3$  con el Sodio y el Magnesio del complejo de intercambiocatiónico. En una relación Suelo-Agua más estrecha como lo es 1:0.2 - 0.6, cuando el extracto se obtiene del suelo, con contenidos de humedad equivalentes a la pasta saturada, en la composición del suelo, calculado sobre la base de suelo seco, se determinan menores cantidades de sulfato y carbonato de calcio. Es así, de tal manera, que en el método de análisis de las sales en los extractos de la solución del suelo, - en contenidos de humedad equivalentes a la pasta de saturación, en su esencia solamente da una evaluación cualitativa de los grados de salinidad, sin dar una característica cuantitativa de las reservas de sales que existen en los suelos, y que fácilmente se ponen en movimiento durante los procesos de lixiviación - (Riego o Lavados). Por eso el método 1:0.2 - 0.6, que tiene ventaja en la evaluación de la salidad "actual" (pronóstico sobre una reacción de las plantas), no proporciona suficiente información para pronosticar los regímenes salinos durante el riego y el lavado.

El fundamento teórico de explicación de estos resultados se menciona por algunos autores, en los que se señala que - para bajas concentraciones, el proceso que origina las diferencias en la extracción son las reacciones de equilibrio y que - tienen poca influencia sobre el total de sales, por lo que la cantidad de agua disuelve mayor cantidad aún cuando los valores no sean significativos para este tipo de estudios. En el caso de altas concentraciones el proceso primordial es el de solubilización, por lo que al aumentar la cantidad de agua en contacto con el suelo, como es la relación 1:5 comparada con el extracto de saturación, hay mayor extracción de sales.

Es importante señalar que este proceso estará influenciado por el tipo de sales presentes ya que éstas condicionarán la solubilidad y extracción de otras sales, por lo --

que las relaciones encontradas son tentativas para los suelos bajo estudio. Sin embargo la importancia del experimento es que permite dislucidar de cierta manera la forma o tendencia de los procesos. En entendimiento de estos originará que el Investigador adecúe las Investigaciones en el comportamiento de los procesos naturales, es decir que desarrolle la creatividad, para el uso de los conocimientos adquiridos.

#### 6.1.2.- Conductividad Eléctrica.

Las determinaciones de resistencia eléctrica se pueden hacer rápidamente y con precisión y se han utilizado por muchos años, para estimar sales solubles en los suelos (Whitney and Means, 1897); sin embargo, la conductividad eléctrica que es la recíproca de la resistencia, es más aplicable para mediciones de salinidad, ya que aumenta con el contenido de sales, lo cual simplifica la interpretación de los resultados.

Cuando se investiga la salinidad del suelo con relación al desarrollo de las plantas, se recomienda utilizar la conductividad eléctrica del extracto de saturación como medio para evaluar la salinidad.

Para relaciones Suelo-Agua 1:1 y 1:5 el extracto se obtiene filtrando sin vacío y sin presión. La conductividad de estos extractos se usa para estimar a veces la salinidad. Las estimaciones de salinidad basadas en la conductividad de los extractos 1:1 y 1:5 son convenientes para determinaciones rápidas, particularmente si la cantidad de muestra es limitada o cuando se hacen muestreos repetidos para determinar el cambio en la salinidad debido al tiempo o al tratamiento. La seguridad de las determinaciones depende de las sales presentes, (Richard 1974).

Lo anterior implica que cada una de las relaciones, presenta sus ventajas para algunos suelos o bien del objetivo de estudio. Pérez 1976, señala que la conductividad en el extracto

puede utilizarse para determinaciones rápidas y cuando el contenido de sodio no sea muy elevado. Probablemente el autor más que referirse a suelos con contenido de sodio alto, se refiere a los suelos sódicos, que presentan problema en la extracción de sales, como es el caso del suelo sódico de Obrajuelo, Estado de Guanajuato, en el cual la cantidad de extracto obtenido de 200 g. de suelo, no fué suficiente para la medición de la C.E., de aniones y cationes, por lo que se hizo necesario hacer repeticiones.

En el análisis de la relación que guardan los datos de conductividad eléctrica en saturación y relación 1:5 se observa en las Fig. que se conserva la misma proporción en los tres conjuntos de datos cuyas ecuaciones señalan que en relación 1:5 la C.E. es aproximadamente dos veces menor que en saturación. Sin embargo como ya se mencionó en el caso de Residuo Seco, la cantidad de sales es mayor en 1:5, pero la concentración, que es lo que mide la conductividad, es menor ya que hay mayor cantidad de agua.

Considerando los valores de la pendiente obtenida para el grupo de datos y con procedimiento empleado por Ojeda, 1974, el cual para escoger la mejor relación se fundamenta en la variabilidad de este coeficiente. Y para nuestro caso en los tres conjuntos de datos, señalaremos que los valores, 2.311, 2.28 y 2.65 podría originar que el método 1:5 sea el adecuado.

La variabilidad obtenida por el autor antes mencionado, tiene algunas explicaciones, que no son atribuibles al método, como son: un número pequeño de datos, la mezcla de valores altos y bajos de C.E., errores en la dilución etc. Por lo que es necesario observar y meditar sobre los problemas básicos de las determinaciones y las posibilidades de uso de éstas.

Aún cuando la relación es homogénea, se puede observar que cuando la conductividad eléctrica es alta la relación presenta cambios, por lo que los resultados son adaptables a las condiciones obtenidas y en los suelos analizados. Es importante aclarar que -

la utilidad es función del objetivo del estudio y necesidad de precisión en los resultados, además cada uno de los métodos de estimación de la salinidad, tiene errores inherentes a su desarrollo.

#### 6.1.3.- Valor del pH

El valor del pH de una solución acuosa es el logaritmo negativo de la actividad del ión hidrógeno. En el caso de suelos salinos, se utiliza como un parámetro adicional de clasificación, con el cual se puede inferir la presencia de sales de sodio, en el suelo. Además se utiliza para determinar la absorción de iones por la planta.

En el análisis del valor del pH en las dos relaciones Suelo-Agua, se encontró que las pendientes tenían valores cercanos a la unidad, lo que indica que no existe variación del pH en ambas relaciones, los coeficientes son: 1.01, 1.056, 0.918.

Es preciso aclarar que lo anterior indica la posibilidad de uso del pH en relación 1:5, cuando el valor sea utilizado para clasificaciones gruesas o para propósitos de inventario o reconocimiento y no cuando el objetivo sea un estudio detallado, ya que estas aparentes pequeñas variaciones podrían ser importantes.

#### 6.1.4.- Cambios en Cationes y Aniones en las Dos Relaciones Suelo-Agua.

En forma general se estudia las relaciones del contenido de sales en forma global, es decir interesa estudiar como cambia la cantidad de sales en un suelo, cuando se incrementa la cantidad de agua.



El objetivo primordial es tratar de predecir cuales son los cambios en el valor de las sales en el suelo, bajo condiciones naturales, cuando se pierde humedad por evaporación o consumo de agua por las plantas.

Sin embargo el cambio del contenido de humedad, no solo origina variaciones importantes en el contenido de sales totales, sino que en el caso de sales individuales, también existen cambios drásticos, que ocasionan problemas en los suelos por dispersión coloidal, o bien el predominio de alguna sal que origina disminución de los rendimientos en los cultivos.

Lo anterior es analizado por Ulrich y Khanna 1972 y se señala que el efecto de la relación Suelo-Agua sobre las concentraciones de aniones y cationes en la solución del suelo es de interés por dos razones:

- a) Caracterización de la solución del suelo a diferentes contenidos de humedad.
- b) El efecto de las diferentes relaciones Suelo-Agua en procedimientos para extraer soluciones de suelo en equilibrio.

La relación entre concentración de la solución del suelo y el contenido de humedad o el potencial matricial ( $pF$ ) se necesita para construir modelos matemáticos de transporte de sales en el suelo y absorción de iones por la planta.

El análisis de los cationes y aniones permite encontrar fundamentos para explicar las variaciones que se encuentran, cuando se aplican relaciones obtenidas en suelos diferentes al estudio y además permiten conocer la dinámica de extracción de iones a medida que cambia la relación Suelo-Agua. Los datos obtenidos se presentan en su diagrama de dispersión y el ajuste de una ecuación, aún cuando ésta no presente buen ajuste, lo anterior --

se realiza para resaltar la forma de distribución de los puntos ex perimentales, aún en los casos en que no se ajusta a una función.

## 1.- CALCIO.

El comportamiento de este catión es el siguiente: a) - si se analiza los datos totales, se observa que la ecuación se asemeja a una ecuación potencial, aún cuando el coeficiente de variación es grande, indicando que la dispersión de los puntos es alta. Con esta ecuación podría señalarse que a bajas concentraciones el comportamiento obedece a una línea recta, pero a medida que la con centración es mayor la ecuación cambia ya que aún cuando el contenido en relación 1:5 aumenta en saturación permanece casi constante.

Cuando se analizan los datos del experimento de recuperación, se observa la tendencia igual que el anterior, Sin embargo cuando se observan los datos restantes, que tienen bajas con centraciones se encuentra que la variación es una línea recta cuya -- ecuación es:  $Ca_5 = 1.438 Ca_{1:5}$  que indica que la cantidad de calcio obtenida a saturación es mayor que en relación 1:5, aproximadamente en 1.4 veces.

Se puede observar que esto podría ser contradictorio, - por el principio de solubilidad de algunas sales de calcio, pero - es necesario aclarar que la ecuación esta influenciada por varios puntos, uno de los cuales presenta valores, relativamente diferentes, además en esta determinación dado en los contenidos de calcio, los errores en el análisis podrían originar variaciones.

En términos generales se puede concluir, que el compor tamiento del calcio en las dos relaciones Suelo-Agua es el siguien te:

a) Cuando las concentraciones de calcio en el suelo - son bajas en este caso 3.0 meq/100g suelo, la cantidad de calcio -

extraído en pasta de saturación es igual a la que se extrae en relación 1:5. Lo anterior se corrobora con lo obtenido en un trabajo de la Comisión de Salinidad del Valle de Mexicali 1977, en donde se estudiaron varios suelos con diferentes grados de salinidad, y al analizar el catión calcio en las diferentes relaciones Suelo-Agua utilizadas.

b) En concentraciones mayores de calcio se observa que la mayor extracción de calcio se obtiene en relación 1:5 comparada con saturación, esto es explicable ya que al existir mayor cantidad de sales de calcio relativamente poco solubles, se pasará mayor cantidad de calcio a medida que la cantidad de agua aumente.

El análisis de este comportamiento es importante ya que en el campo, baja la acción de la evapotranspiración y la lluvia o riego, lo que sucede con el calcio es lo anteriormente descrito, desde luego el cambio podría tener valores diferentes ya que los contenidos de humedad son menores. Sin embargo esto indica una tendencia importante para trasladar los conocimientos de los procesos a lo que ocurre en el campo.

Un análisis comparativo en los contenidos de sales por unidad de peso de suelo en las relaciones Suelo-Agua 1:5 y 1:0.2 - 0.6, mostró que estas diferencias, con mayor grado, se refieren a las sales de Calcio y en un menor grado al ión de cloro. También se puede decir que se observó un alto contenido de sodio y magnesio en las relaciones 1:5 en comparación con las relaciones 1:0.2 - 0.6, esto debe adjudicarse a la extracción de las bases adsorbidas. Las diferencias reales son explicables, no solamente por el efecto de las bases adsorbidas, sino que también por la exactitud de los análisis, la gran variabilidad en el contenido de sales en las muestras, por la solubilidad de las sales de la fase sólida, cuyo contenido en la relación 1:0.2 - 0.6 es limitado, debido a la baja solubilidad de la Glauberita ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ ), o al aislamiento mecánico de los cristales de las sales que se encuentran dentro de capsulas de carbonatos y yeso.

Al incluir el experimento de mejoramiento, el objetivo era observar cuales son los cambios en las conclusiones de un trabajo sobre mejoramiento cuando el análisis de la cantidad de los cationes y especialmente calcio y sodio se realiza en relaciones Suelo-Agua diferentes. Respecto al calcio y en este experimento, observando los perfiles de sales Fig.12-27 se concluye que la variación en perfil al cambiar de relación no origina cambios en las conclusiones ya que existen cambios bien definidos, que permiten detectar el cambio en el mejoramiento.

Es necesario aclarar que existen variaciones en las cantidades, pero ya que al investigador le interesan las diferencias y no los valores reales, se observa que las capas con cambios drásticos en uno y otro perfil se conservan, por lo que el proceso puede estudiarse en cualquiera de las dos relaciones.

## 2.- MAGNESIO.

El comportamiento del magnesio parece seguir las mismas reglas de variación que el caso del calcio ya que a bajas concentraciones la relación es lineal y a altas, es potencial. Sin embargo se presentan variaciones en los valores en que la curva empieza a presentar asintoticidad, siendo más bajo que el calcio.

Lo anterior corrobora el principio radicado por Jurinak 1984, en el cual señala que a bajas concentraciones el mecanismo que predomina para el paso de los iones a solución, es el intercambio catiónico y a altas concentraciones el proceso de dilución es importante. Ya que las cantidades de magnesio en las muestras utilizadas son relativamente bajas, cuando se observa el perfil de sales, se nota poca variación entre las dos relaciones sobre todo por el efecto de escala, cuando el contenido de otros cationes es alto.

de sales, generalmente se realiza para conocer la reserva de este cation, relacionado con nutrición de los cultivos. El comportamiento es que a mayores incrementos de agua, se extrae mayor cantidad de K, la cantidad es aproximadamente cinco veces.

Las proporciones de este elemento en los suelos utilizados son bajas, por lo que cuando se tienen se adoptan con el rango de los valores obtenidos.

Es importante aclarar que la ecuación de paso probablemente no sea la mejor para estudiar la variación ya que se ajustó una recta sin ordenado al origen para tener una mejor explicación del proceso y cuando la variación se asemejó a una potencial se ajusta ésta sin buscar la mejor opción, ya que el objetivo principal radica en mostrar la variación de los puntos experimentales y que el investigador que tiene mejor conocimiento del proceso pueda utilizar y reenfocar el análisis de los datos.

#### 5.- CARBONATOS.

Este anión no presenta tendencias definidas en los conjuntos de datos de análisis hay disparidad y poca concordancia, como lo indican las ecuaciones obtenidas y los coeficientes estadísticos.

Los valores de análisis son pequeños por lo que la variación podría deberse a la extracción por un lado y el método de determinación por otro.

#### 6.- BICARBONATOS.

El caso de los bicarbonatos difiere a los carbonatos ya que presenta cierta tendencia de variación en la que se nota que se extrae mayor cantidad en relación 1:5 que en saturación. Con los coeficientes de las pendientes se puede decir que se extraen 2.5 veces más en 1:5.

Esto sería con un análisis general, pero cuando se observa el patrón de dispersión de los puntos experimentales, se nota que existen variaciones intermedias más o menos definidas, es decir, a bajas concentraciones la relación de extracción presenta una variación y a altas se asemeja al patrón general de variación.

## 7.- CLORUROS.

Este anión corresponde a los más solubles, lo cual se corrobora con las relaciones obtenidas al pasar de una relación Suelo-Agua a otra relación, los coeficientes en los tres grupos de datos son 0.92, 0.82, 1.03, que como se observa están cercanos a la unidad, con lo que se puede inferir que la cantidad de iones cloro que pasan a la solución en relación 1:5 es igual que en saturación por lo que el comportamiento difiere de los demás aniones y cationes analizados.

La variabilidad es diferente en cada uno de los grupos, pero esto como ya se ha mencionado puede originarse por el análisis o sea el método y las personas. En este caso coincide que la menor variabilidad corresponda al grupo de datos analizados por el autor en ambas relaciones, lo que originaría menor dispersión de los mismos puntos experimentales.

Esta tendencia obtenida sigue considerándose cierta -- dentro de los rangos estudiados y es corroborada en cierta medida con los datos obtenidos por la Comisión de Salinidad del Valle de Mexicali 1977, en el estudio realizado ya que se encontró que la cantidad de cloro extraído en saturación era igual que en relación 1:5 en suelos cuyas concentraciones estaban hasta aproximadamente 60 meq/100 g. de suelo; sin embargo en concentraciones mayores la cantidad de cloro es mayor en relación 1:5 que en saturación.

Estos resultados están apoyados en el principio de la cantidad de agua que reacciona con las sales y la dilución de la

solución, es por eso que a altas concentraciones, empieza a tener efecto la solubilidad, pero los niveles dependerán del tipo de sal presente en la solución y la interacción de otras sales.

## 8.- SULFATOS.

En este anión el comportamiento corresponde a una potencial que presenta casi los mismos coeficientes en los tres tipos de datos cuyas ecuaciones presenta un ajuste a la variación, que indica que a bajas concentraciones la relación de extracción es una y a altas concentraciones corresponde una mayor extracción en relación 1:5 comparada con extracto de saturación.

Este comportamiento es parecido al de Ca, Mg, y difiere totalmente con respecto a los demás cationes y aniones.

### 6.1.5 Análisis Sobre la Evaluación de Sales en el Suelo.

El discutir la evaluación de sales en el suelo no lleva el propósito de indicar cual método es el mejor, sino mostrar la relatividad de la determinación desde el punto de vista de su utilidad y de los objetivos del estudio a realizar en particular.

El método de la conductividad en el extracto de saturación, es probablemente el que es más utilizado en la actualidad en los países latinoamericanos y aún en otros países. Sin embargo lo anterior no indica que debe utilizarse para resolver todos los problemas de salinidad, ya que la información que se obtiene tiene limitantes para cierto tipo de problemas.

El usar este método del extracto de saturación, también se realiza muchas veces por popularidad que por análisis de su utilidad, es importante indicar que la medida de la conductividad puede realizarse en cualquier relación Suelo-Agua, sin embargo, el mayor problema existe cuando se trata de interpretar -

los datos en condiciones de campo, Jurinak 1984.

Según Astapov 1964 el estudio del régimen de la salinidad en la investigación es necesaria dislucidar tres tipos de problemas: a) La determinación cuantitativa y cualitativa de la salinización presente en el suelo y su dinámica; b) Influencia de la salinidad sobre el suelo y los procesos del suelo y c) Efecto de la salinidad sobre la vegetación. Cada uno de estos problemas involucra la medición de la salinidad, pero es necesario adecuar un método que permita dislucidar los procesos que se presentan en cada problema. Lo anterior es lo que origina que se desarrollen diferentes métodos de evaluar la salinidad de un suelo y que cada uno de ellos sea indicado para cada tipo de problema.

Así podemos observar que Pérez 1976 señala que la mejor forma de clasificar los suelos, por el grado de salinidad es en el extracto de saturación. Sin embargo González 1982 encuentra que para determinación de las reservas de sales iniciales o residuales durante un proceso de lavado lo mejor es determinar los aniones y cationes en relación 1:5.

Ojeda 1974 señala que la relación 1:5 puede utilizarse en suelos francamente salinos aún cuando este autor no define que se debe comprender por "francamente salino" la intención es que podría utilizarse para determinar reserva de sales en suelo que se mejora mediante lavados.

Entre una de sus conclusiones indica que los extractos 1:5 se utilicen solamente sobre la base de estudios de correlación regionales, en virtud de las variaciones que observó en los coeficientes de regresión para diversas Zonas Agrícolas.

De lo anterior se puede concluir que la medición de las reservas de sales por cualquiera de los métodos expuestos, presenta ventajas o desventajas, dependiendo del objetivo del estudio que se realice.



Además como se observó sobre la dinámica de iones, con respecto al cambio de volúmen de agua que se utiliza, las mediciones que se realizan bajo cualquier relación Suelo-Agua, estiman el comportamiento de los iones bajo condiciones de campo ya que las cantidades de agua son menores que cualquiera de las relaciones empleadas.

## VII.- CONCLUSIONES.

1.- En el rango de las concentraciones utilizadas en este estudio, es posible encontrar relaciones, para los parámetros que estimen o midan la salinidad en un suelo, como son la conductividad eléctrica, y Residuo Seco en las dos relaciones Suelo-Agua utilizadas (1:0.2 -0.6 y 1:5). Las Relaciones funcionales fueron lineales.

2.- La dinámica de los iones encontrada, permite predecir el comportamiento de estos a medida que cambia la relación Suelo-Agua.

3.- El proceso de solución o solubilidad de los iones en las relaciones, es complejo ya que intervienen factores como, concentración, textura y presencia de otros iones.

4.- En el caso de Na, K, Cl la equivalencia entre las relaciones Suelo-Agua fue lineal, para el caso de Ca y Mg la relación funcional que se encontró fue del tipo potencial, en el caso de  $\text{CO}_3$  no fue posible encontrar alguna relación.

5.- Con el conocimiento de la dinámica de las sales en las relaciones Suelo-Agua estudiados, puede concluirse que parámetros como la C.E., presentan restricciones de entendimiento de los procesos que ocurren en los suelos, o bien su efecto sobre las plantas, sobre todo cuando sea de toxicidad por elementos.

6.- En base a los resultados obtenidos del Residuo Seco en las relaciones Suelo-Agua 1:0.2- 0.6 y 1:5, además de los coeficientes de paso de una relación a otra, obtenidos por las técnicas de regresión lineal, estos pueden ser utilizados para clasificar los suelos salinos, considerando su quimismo, como se hace en la escala pedológica Rusa, partiendo de los parámetros obtenidos con la metodología utilizada en E.U.A.

7.- Es importante entender que cada parámetro de medición parte de principios básicos que es necesario conocer para -- realizar una mejor utilización de éste.

8.- En el caso de los suelos de Obrajuelo, que están clasificados como sódicos, la relación en extracto de saturación presenta problemas de manejo para la obtención del extracto, por lo que se recomienda la relación 1:5

9.- Cuando se analiza un proceso de desplazamiento -- de sales en el suelo, como es el caso de mejoramiento de suelos sódicos con yeso, puede utilizarse la relación a saturación o -- 1:5 ya que no hay cambios significativos en el perfil respecto a las diferencias antes y después de realizado el mejoramiento.

### VIII.- RECOMENDACIONES.

1.- Es necesario estudiar el comportamiento iónico en otras relaciones Suelo-Agua, para entender el proceso de desplazamiento de los iones del complejo de intercambio y la influencia de la solubilidad de las sales.

2.- Para el uso de cada parámetro es necesario definir el objetivo del estudio y utilizar la medición adecuada.

3.- El estudio debe realizarse en otras zonas agrícolas para tratar de medir la variación que se presenta con el cambio de características físico-químicas de los suelos.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Aceves, N.E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados. Chapingo. - México.
- 2.- Aceves, N.L. 1981. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Ed. PATUACH. Chapingo - México.
- 3.- Antipov-Karataev, I.N. 1953. El mejoramiento de suelos sódicos en la URSS (en Ruso). Capítulos I y II Comentados por el Dr. Manuel Ortega.
- 4.- Antipov-Karataev, I.N. 1957. The sixth (Teheran) symposium of UNESCO on the problem of soil and water salinization. Sov. Soil Sci. pp. 568-576
- 5.- Astapov, S.V. 1964. Ameliorative pedology (Laboratory manual). Translated from Russian. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
- 6.- Aziz, A. y Tanious, S. 1964. Conductivity electrical of the saturation extract as an index of soil salinity. 8vo. Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, Rumania. Vol. 2 pp. 755-764
- 7.- Bazilebich, I.N. y Ye. I. Pankova 1968. Tentative classification of soils by salinity. Sov. Soil Sci. No. 11 pp. 1477-1478.
- 8.- Bohn, H.L. 1980. Electrical conductivity measurements of salinity. Universidad de Ariz. The Second - Interamerican Conference of Salinity and Water Management Technology. pp. 107-117
- 9.- Campbell, R.B., Bower, C.A. y Richard, S.A. 1948. Change of electrical conductivity with temperature - and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soil extracts. Soil Sci. Soc. Proc. pp. 66-69.
- 10.- Carter, D.L. 1978. Problem of salinity in agriculture. - Quality of Irrigation Water. Cap. 3 Publication No. 2 Internation Irrigation Information Center Bet Dagan, Israel.
- 11.- Cervantes, R.H. 1983. La lixiviación de sales en suelo salinos y salino sódicos del Valle de Mexicali durante un proceso de lavado. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo - México.

- 12.- Colección de Estudios Económicos Regionales 1976. La Economía del Estado de Puebla. Investigación Sistema Banco - de Comercio, México.
- 13.- Comisión de estudios del Territorio Nacional. 1977. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- 14.- Del Valle, C.H.F., 1983. Los procesos de acumulación de sales e intemperismo en cubetas lacustres, en una zona de transición del ex-lago de Texcoco. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapíngo - México.
- 15.- Duchaufour, Ph. 1984. Edafología. Ed. Masson S.A. Barcelona, España. pp. 468-485.
- 16.- Egorov, V.V. 1961. Soda salinization of soils in Southern . - Síntzyan Pochvovedenies. pp. 89-96
- 17.- García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, Instituto de Geografía - México.
- 18.- Gasca Durán, A. 1981. Algunas notas de la Genésis de los lagos cráter de la Cuenca del Oriental, Puebla; Tlaxcala-Veracruz. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Departamento de Prehistoria, Colección Científica No. 98. Departamento de Prehistoria, - México. pp. 8-10
- 19.- Gedroitz, K.K. 1955. Solonchaks. Their evaluation and reclamation. Selected works 3, Moscow
- 20.- González, G.R. D'C., 1982. Establecimiento de relaciones funcionales entre láminas de lavado, sales desplazadas y sales residuales en los suelos salinos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapíngo, México.
- 21.- Griffin, R.A. y Jurinak, J.J. 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. Soil Sci. 115 (1) 26-30
- 22.- James, D.W., Hanks, R.J. y Jurinak, J.J. 1982. Salt-affected soils. Modern Irrigated Soils, Logan Utah, Estados Unidos de Norteamérica, Cap. 9, pp. 136- 149
- 23.- Janitzky, P. 1964. Biologically induced soil alkalinity. 8vo. Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, Rumania. Vol. 2 pp. 767-777.

- 24.- Kaurichev, S.I., Komarova, N.A., Skrynnikova, I.N. y Shilova, Ye. I. 1963. Methods of investigating the chemical composition of the liquid soil phase (soil solution). Sov. Soil Sci. No. 6, pp. 541-550
- 25.- Kovda, V.A., Egorov, V.V. Muratov, V.S. Strogonov, B.P. 1960. Clasificación de suelos de acuerdo con el grado y calidad de la salinidad en relación con la resistencia de las plantas. Revista de Botánica - T. 43 No. 8, En ruso, comentado por el Dr. Manuel Ortega E.
- 26.- Kovda, V.A. 1973. Irrigation, Drainage and Salinity, UNESCO--FAO. Paris.
- 27.- Kovda, V.A. 1980. Problem of combating salinization of irrigated soil (selected lectures) Centre for International Projects Course on Reclamation of saline irrigated soils. Moscow USSR.
- 28.- Kriuger, T.P. y Bon Khi, K. 1963. Determination of the adsorption capacity of calcareous salinized soils by the Pfeffer method. Sov. Soil Sci. No. 3, pp. 296-299.
- 29.- Marion, G.M. y Babcock, K.L. 1976. Predicting specific conductance and salt concentration in dilute aqueous solutions. Soil Sci 122 (4), 181-187
- 30.- Maas, E.V. and G.J. Hoffman 1977. Crop Salt Tolerance-Tolerance-current assesment. J. Irrig Drain. Dis. asce - 103: 115-132
- 31.- Heiri, A and J. Shalhevet 1973. Crop growth under saline conditions. INB Yoron, E. Dowfors, and Y. Vaadia -- (eds Arid zone Irrigation. Springer Vinlog. -- New York.
- 32.- Minashina, N.G. 1978. El mejoramiento de los suelos salinos - Instituto de Suelos. V.V. Docuhaev. Moscu. URSS. Comentado por el Dr. Manuel Ortega.
- 33.- Montaña, G.S. 1982. Estudio de tres yesos agrícolas y el yeso puro bajo dos formas de aplicación (incorporado al suelo y solubilizado en agua) en el mejoramiento a la capa arable de un suelo sódico. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- 34.- Muller, A., Mulder, C. y Massoro, P. 1969. Laboratory percolation experiments with saline soil from Syria. -- Agrokemia Is Talajtan. No. 18. pp. 259-267.

- 35.- Nadler, A. y Dsberg, S. 1980. A comparison of diferent methods for measuring soil salinity. Soil Sci. Soc. Am. - J. 44: 725-728
- 36.- Nemeryuk, Ye. G. 1966. The movent of salts from the soil into the atmosphers. Sov. Soil Sci. No. 1 pp. 75-83
- 37.- Nunes, F.J. 1984. El mejoramiento de los suelos sódicos y -- aguas bicarbonatads, utilizando yeso agrícola en diferentes láminas de aplicación. Tésis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo. Méxi-co.
- 38.- Ojeda O.D. y Caballero, J.L. 1974. Correlación entre la conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación del suelo y en extractos con varias relaciones suelo-agua. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- 39.- Ortega, E.H.M. 1983. Algunos aspectos teóricos de carácter -- geoquímico, físico-químicos y químicos involucrados en los suelos de salinidad sódica. Conferencia mimeografiada. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- 40.- Pérez, B.M. 1976. Evaluación de la salinidad en suelos y agua. Escuela de Ciencias Agropecuarias. Universidad de la Habana, Cuba.
- 41.- Pizarro, F. 1978. Drenaje Agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española, Madrid. España 521 p.
- 42.- Rabochev, I.S. 1953. Amelioration of saline soils of Turkmenistan Acad. Sci Turlan SSR Ashhabad
- 43.- Rhoades, J.D., Roats, A.C. y Prather, R.J. 1976. Effects of liquid-phase conductivity water content and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 651-655
- 44.- Richards, L.A. 1974. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Manual No. 60, USA.
- 45.- SARH. Distrito de Riego No. 14. Programa de salinidad. Estudio de diferentes suspensiones suelo-agua para la cuantificación de sales solubles en el suelo. Mexicali, Baja California, México.



- 46.- SARH. Distrito de Riego No. 14 "Rfo Colorado" Programa de - Salinidad. Estudio sobre diferentes tiempos de reposo de pastas saturadas de suelo, para la extracción de sales solubles. Mexicali, Baja Ca- lifornia. México.
- 47.- Secretaría de Programación y Presupuesto, 1980. Síntesis -- Geográfica de los Estados de Guanajuato, Nuevo León y Estado de México. Coordinación general de Servicios Nacionales de Estadística, Geogra- fía e Información. México.
- 48.- Selivanov, V.A. 1968. Comparison of the results of determi- ning soil salinity by the conductivity and evo-aporation methods. Sov. Soil Sci. pp. 1021-1023
- 49.- Selyakov, S.N. 1965. Water and soil classification by nature of sanization. Sov. Soil Sci. No. 1 pp. 37-39
- 50.- Sel yakov, S.N. 1967. Determing, water soluble salt reserves in salinized soils. Sov. Soil Sci. No. 7 pp. 957-962.
- 51.- Shainberg, I. y Oster, J.D. 1978. Salinity of soils-effects of slinity on the physics and chemistry soils. Quality of Irrigation Water. Cap. 3 publications No. 2 International Irrigation Information. Cen-ter Bet. Dagan, Israel.
- 52.- Slavryy Yu. A. T.V. Tursina and E.N. Kauricheva 1970. Gene--sis of Saline soils in the caspian region. Sov. Soil Sci. No. 10 pp. 537-541
- 53.- Slavnyi, Yu. A. y Mel'nikova, I.B. 1977. Eolian soil saliniza- tion. Sov. Soil Sci. pp. 529-531
- 54.- Teterfn, V.P. 1968. Determination of total soil and water sa- linity by the electric conductivity method. Sov. Soil Sci. No. 10. pp. 1455-1460
- 55.- Ulrich, B. y Khanna, P.K. 1972. Desorption and dissolution of salts from soil as a function of soil-water ra- tio. Soil Sci. No. 11 pp. 250-263.
- 56.- Van Den, E.J. 1968. Analysis of greenhose soil by means of -- aqueous extract. Proc. 6th. colloquium int. -- Potash Institute Florence (Hort. Exp. Res. Sth. - Naaldzuijk. Netherlands.) Abstract.