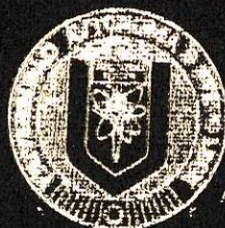


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO DE SALINIDAD DE SUELOS Y AGUAS
DEL CAMPO EXPERIMENTAL DE LA F. A. U. A. N. L.
EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTAN

ENRIQUE ARREDONDO CAVAZOS

ARMANDO GARZA ARIZPE

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1984

T

S595

A7

C.1



1080060879

Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada, su retención más allá de la fecha de vencimiento, lo hace acreedor a las multas que fija el reglamento.

DEV

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO DE SALINIDAD DE SUELOS Y AGUAS
DEL CAMPO EXPERIMENTAL DE LA F. A. U. A. N. L.
EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTAN
ENRIQUE ARREDONDO CAVAZOS
ARMANDO GARZA ARIZPE

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1984

Bm
5883

T
5595
A7



Biblioteca Central
Maana Solidaridad
F. Tesis



BUREAU RANGEL FRIAS
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.631

FA3

1984

C.5

Enrique Arredondo Cavazos

Armando Garza Arizpe

A NUESTROS PADRES

Sr. José Gilberto Arredondo R.

Sr. Elias Garza Bustillos

Sra. Ma. Guadalupe Cavazos de A.

Sra. Bertha Arizpe de Garza

Quienes supieron mostrarnos el camino bueno de la vida, y a quienes con su noble ejemplo hemos admirado siempre, nos permitimos con todo amor y agradecimiento ofrecer este trabajo como una pequeña retribución a los sacrificios y la abnegación con que nos permitieron obtener una carrera

A NUESTROS HERMANOS

José Gilberto

Juan Antonio

Felipe de Jesús

Alicia

Eliud

Arturo

Miguel Angel

Alvaro

Mario

José Carlos

Julio

Maricela†

Fernando Gamaliel

Que en todo momento han sabido mantener la unión familiar.

A NUESTRO ASESOR: Dr. Juan Francisco Pissani Z.

Con respeto y agradecimiento por su valiosa asesoría para la realización de este estudio.

A LOS MAESTROS: Ing. Agr. Cecilio Escareño Rodríguez
Ing. Agr. Vicente Angeles Garza

Por sus consejos y apoyo brindados a través de la elaboración del presente estudio.

A NUESTROS COMPAÑEROS: José Ma. Araujo Hernández
Gabriel G. Flores Sepulveda
José Luis Garza Rufz

Por su participación directa en la realización del trabajo de campo.

A todas las personas (amigos, compañeros y maestros) que de alguna manera participaron en la presente investigación, y que por temor a omitir a alguien, no se mencionan, sinceramente, mil gracias a todos.

A NUESTRA ESCUELA

I N D I C E

	PAGINA
I N T R O D U C C I O N.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
Origen de las sales.....	4
Clasificación de los Suelos Salinos.....	7
Normas para efectuar los muestreos.....	15
Muestreo de suelos afectados por sales.....	15
Tipos de muestreos de suelos salinos.....	16
Metodología de muestreo que se utiliza actualmen <u>te</u> te en suelos afectados por sales.....	18
Calidad del Agua para Riego.....	21
Criterios e Indices para la Clasificación Quími- ca del agua de Riego.....	25
Conductividad Eléctrica (CE).....	26
Salinidad Efectiva (SE).....	28
Salinidad Potencial (SP).....	30
Relación de Adsorción de Sodio (RAS).....	31
Carbonato de Sodio Residual (CSR).....	34
Porcentaje de Sodio Posible (PSP).....	35
Concentración total de Boro (B).....	36
Contenido de Cloruros (Cl).....	37
Muestreo de Aguas.....	37
Efectos de las Sales sobre los Cultivos.....	38

	PAGINA
Técnicas de Recuperación de Suelos Salinos.....	48
MATERIALES Y METODOS.....	65
Sitio del Estudio.....	65
Materiales.....	66
Métodos.....	67
RESULTADOS	74
DISCUSION.....	122
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	140
RESUMEN	144
BIBLIOGRAFIA.....	147
APENDICE 1	152
APENDICE 2	180
APENDICE 3	193

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Clasificación de los suelos salinos según su conductividad eléctrica.....	10
2	Clasificación de los suelos sódicos según su PSI.!.....	12
3	Cultivos afectados por altos PSI.....	13
4	Criterios e índices para la clasificación química del agua de riego.....	26
5	Clasificación de la Salinidad de las aguas de riego, según su Conductividad Eléctrica.....	27
6	Clasificación del agua de riego basada en la Salinidad Efectiva expresada en Meq/Lt.	30
7	Indice de Clasificación del CSR (en Meq/Lt.).....	35
8	Indices de clasificación del Boro en (ppm).....	37
9	Resultados de una mejora realizada en Fresno, U.S.A. con yeso combinado con lavados.	51
10	Resultados de la mejora de suelos sódicos con cloruro cálcico.....	52
11	Comparación de resultados de mejoras realizadas con cloruro cálcico y yeso.....	53
12	Resultados de una mejora con azufre.....	54
13	Resultados de una mejora con ácido sulfúrico.....	57
14	Composición química media de la caliza agrícola.....	59
15	Solubilidad del CaCO_3 a diferentes valores de pH.....	60

16	Condiciones climáticas mensuales que se presentaron durante el estudio.....	66
17	Localización y coeficientes de infiltración básicos (CIB) de los perfiles muestreados.....	68
18	Localización de los puntos de muestreo de aguas.....	70
19	Areas afectadas en el plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 0-20 cm.....	77
20	Areas afectadas en el plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 20-50 cm.....	79
21	Areas afectadas en el plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 50-100 cm.....	81

APENDICE 1

22	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 1.	153
23	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 2.	154
24	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 3.	155
25	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 4.	156
26	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 5.	157

27	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 6.	158
28	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 7.	159
29	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 8.	160
30	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 9.	161
31	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 10.	162
32	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 11.	163
33	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 12.	164
34	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 13.	165
35	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 14.	166
36	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 15.	167
37	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 16.	168
38	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 17.	169
39	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 18.	170
40	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 19.	171
41	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 20.	172

CUADRO		PAGINA
42	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 21.	173
43	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 22.	174
44	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 23.	175
45	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 24.	176
46	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 25.	177
47	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 26.	178
48	Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 27.	179
APENDICE 2		
49	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 1. (Entrada Presa Grande)	181
50	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 2. (Presa Grande)	182
51	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 3. (Salida Presa Grande)	183
52	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 4. (Pozo Profundo Sin Uso)	184
53	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 5. (Arroyo El Salitre)	185

CUADRO

PAGINA

54	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 6. (Presa Nueva).....	186
55	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 7. (Papalote).....	187
56	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 8. (Depósito Loma).....	188
57	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 9. (Bomba Campo Futbol).....	189
58	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 10. (Depósito Aulas).....	190
59	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 11. (Bomba Nogales).....	191
60	Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 12. (Río Marín).....	192

APENDICE 3

61	Tolerancia relativa de los cultivos a las sales.....	194
62	Tolerancia de algunos cultivos a la concentración de cloruros en el extracto de saturación del suelo.....	197

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.....	33
2	Efecto de las sales sobre el crecimiento radical de trigo variedad Inia 66, algodón y pimiento morrón (Chile dulce).....	39
3	Modelos de respuestas A,B,C,D de los cultivos a la fertilización, bajo condiciones de salinidad.....	42
4	Diagrama que describen el efecto de las sales sobre el rendimiento de los cultivos.....	48
5	Plano de ubicación de los puntos de muestreo de suelos y aguas.....	76
6	Plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 0-20 cm.....	78
7	Plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 20-50 cm.....	80
8	Plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 50-100 cm.....	82
9	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 1	83
10	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 2	84

11	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 3.....	85
12	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 4.....	86
13	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 5.....	87
14	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 6.....	88
15	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 7.....	89
16	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 8.....	90
17	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 9.....	91
18	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 10.....	92
19	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 11.....	93

20	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 12.....	94
21	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 13.....	95
22	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 14.....	96
23	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 15.....	97
24	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 16.....	98
25	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 17.....	99
26	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 18.....	100
27	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 19.....	101
28	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 20.....	102

29	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 21.....	103
30	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 22.....	104
31	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 23.....	105
32	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 24.....	106
33	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 25.....	107
34	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 26.....	108
35	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Por ciento de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 27.....	109
36	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 1 (Entrada Presa Grande), en el período Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	110

37	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 2 (Presa Grande), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	111
38	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 3 (Salida Presa Grande), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	112
39	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 4 (Pozo Profundo Sin Uso), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	113
40	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 5 (Arroyo El Salitre), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	114
41	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 6 (Presa Nueva), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	115
42	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 7 (Papalote), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	116
43	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 8 (Depósito Loma), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	117
44	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 9 (Bomba Campo Fútbol), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	118
45	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 10 (Depósito Aulas), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	119

FIGURA

PAGINA

46	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 11 (Bomba Nogales), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	120
47	Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No 12 (Río Marín), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.....	121

I N T R O D U C C I O N

El problema de la salinidad de terrenos agrícolas y el estudio de las medidas para prevenir y/o combatirlo, han sido motivo de interés mundial, tanto por el incremento de los procesos de ensalitramiento y las pérdidas sufridas por las economías de los diferentes países afectados, como por las dificultades que se han presentado en la lucha contra este fenómeno. Más aún, esta preocupación ha aumentado debido a la escasez actual de alimentos y a la más crítica situación que se prevee para el futuro, puesto que las afecciones salinas reducen o nullifican el rendimiento de los cultivos, sobre todo en las áreas de riego que constituyen la agricultura más segura y con más fuertes inversiones de infraestructura.

Black (1975) reporta que en Estados Unidos, más de una cuarta parte del total de las 13,350,000 hectáreas que se cultivan bajo riego ve disminuida su productividad por la salinidad y el exceso de sodio, factores que también impiden el cultivo de otras regiones. En la práctica, los principales problemas se relacionan con la acumulación, existencia y eliminación de sales solubles (7).

En el caso de México, se estima que la superficie afectada por sales es aproximadamente 3 millones de hectáreas, según

Fernández (1972), las cuales se encuentran localizadas principalmente en las áreas de riego, a lo largo de todas las costas, en cuencas cerradas, en algunas regiones de las zonas áridas del país y en menor escala, en las zonas húmedas. Esta superficie representa un 10% de los 30 millones de hectáreas que ocupan las superficies planas del país. De acuerdo con Arita (1976) en los distritos de riego existen 443,985 Has. con problemas de salinidad de un total de 2,642,758 Has. estudiadas que equivalen al 16.8% (18).

En la actualidad en la agricultura, bajo riego, se realizan una serie de actividades tendientes a mejorar la eficiencia en el uso del agua, con la idea de obtener volúmenes adicionales que permitan incrementar la producción, usando la infraestructura ya existente en las áreas bajo riego, dando así un mejor uso a este recurso que es escaso y de demanda creciente.

Por otra parte, la escasez de agua existente obliga a que se haga un uso cada vez más eficiente de la misma, y que se tenga que recurrir al uso de aguas salinas y salobres, sobre todo en zonas áridas y semiáridas. Hasta la fecha, el uso de aguas salobres no se ha difundido debido a que ofrece ciertas limitaciones, ya que una vez que el agua pasa a formar parte

de la solución del suelo, llega a concentrarse de 5 a 10 veces, lo que impide el desarrollo de los cultivos (21).

Al definir estrategias generales de diagnóstico y recuperación, es necesario contar entre otros elementos con el estudio de la salinidad del suelo y agua, y en gran medida el éxito del plan depende de la precisión que se tenga en el plano de salinidad y/o sodicidad, ya que el plano de salinidad de una región permite diferenciar y cuantificar las áreas con diferente afectación salina, por otra parte, con ésta información es posible planear los cultivos más adecuados para los suelos con diferente grado de afectación (13).

Los objetivos que se pretenden en este estudio son, realizar la caracterización de la salinidad en cuanto a tipo, grado de concentración y distribución en los suelos y aguas, en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. así como plantear alternativas para establecer una serie de medidas preventivas y/o correctivas, en función del primer objetivo y elaborar un plano de salinidad.

REVISION DE LITERATURA

Origen de las sales.

La fuente principal de donde provienen las sales del suelo y del agua, es de los minerales que se encuentran formando las rocas que constituyen la corteza terrestre. La formación de las sales se realiza mediante el proceso de intemperización (hidrólisis, solución-oxidación y carbonatación, a veces precipitación), de las rocas donde se liberan los minerales que a la postre constituyen los suelos (10).

Los suelos minerales derivan principalmente de la edafización de las rocas. Existe una relación íntima entre las acumulaciones de sal y la composición química de la roca madre. Los suelos formados directamente de rocas salinas contienen - por lo general un exceso de sales.

Algunos suelos de climas áridos que no tenían exceso de sal antes de ser cultivados, se han transformado en improductivos, debido al riego con aguas excesivamente salobres. El agua que se filtra a través de rocas con elevado contenido de sales minerales suele tener una apreciable proporción de ellas. La sal se acumula en los suelos regados cuando se les añade más - de la que eliminan.

El vehículo más eficaz para la eliminación de sal del sue

lo es el agua que atraviesa su zona radicular, siempre teniendo en cuenta que la sal continuará acumulándose si la cantidad arrastrada es menor que la incorporada por el agua de riego. Para evitar esta acumulación de sal, que trae consigo la disminución de los rendimientos de las cosechas, los riegos - deben eliminar sal en la misma proporción en que es adicionada al terreno. En algunas zonas se empeñan en regar mucha extensión de terreno con un volumen de agua limitado, lo que da como resultado que el suelo no se humedece más que algunos decímetros. En otras, la capa de agua freática está tan cerca - de la superficie que retarda o impide el lavado de la sal de la zona radicular del terreno. Ahí donde las capas freáticas son poco profundas, el movimiento ascensional del agua salobre subterránea da como resultado una continua acumulación de sales en la superficie del terreno (16).

La mayoría de los constituyentes iónicos solubles de los suelos con problemas salinos provienen de minerales primarios y, en menor grado, de la atmósfera, mediante una actividad biológica intermedia. Sin embargo, por lo general, en los suelos el ritmo de producción de sales solubles de esas fuentes es tan bajo en comparación con las sales que se eliminan con el agua, que es probable que la participación de la acumulación directa en la formación de los excesos sea escasa o nula.

En los suelos, éstos últimos se originan sobre todo en la meteorización y actividades biológicas que ocurren en otros lugares. El agua oceánica puede ser el origen inmediato de las sales en las áreas costeras y en los sedimentos marinos. Por lo común, las sales se acumulan paulatinamente por el desplazamiento superficial o subterráneo del agua de los lugares altos a los más bajos, y su posterior evaporación. Este proceso, en gran escala, ha generado en Estados Unidos, el Gran Lago Salado (Great Salt Lake) en Utah, y una gran zona de suelos muy salinos a su alrededor. Puesto que las regiones bajas en las que suele acumularse la sal son, por lo general, desde el punto de vista de la topografía y de la facilidad del riego, las que se adaptan mejor a la producción de cultivos, los problemas relacionados con la salinidad del suelo tienen vital importancia en regiones secas con agricultura muy tecnificadas.

Todas las aguas de riego contienen sales solubles y, en algunos casos, por esta vía se acumulan hasta 20 toneladas métricas de sal por hectárea por año. Por lo tanto, si se desea impedir una acumulación perjudicial, es esencial eliminar el exceso de sales por medio del drenaje (7).

Clasificación de los Suelos Salinos.

Existen varias clasificaciones de suelos salinos, cada una de las cuales con ventajas e inconvenientes. Las tres más importantes son: la rusa, francesa y americana. La clasificación rusa combina los principios de pedogénesis, geoquímica de las sales y fisiología vegetal. Ha producido denominaciones de suelos, como solonchak, solonetz, takyr, ampliamente divulgadas en la literatura especializada, incluso en otras lenguas. Sin embargo, nosotros vamos a adoptar una clasificación más simple y muy práctica, basada en la clasificación propuesta por el US Salinity Laboratory (Ricards, 1954) y perfeccionada por Massoud (1971).

Esta clasificación utiliza fundamentalmente dos parámetros para caracterizar los suelos: la CEE* y el PSI. La CEE in dica los efectos de la salinidad sobre las plantas. El PSI es un índice de los efectos sobre las propiedades del suelo.

Los suelos se clasifican en tres categorías:

- 1.- Suelos Salinos
- 2.- Suelos Sódicos
- 3.- Suelos Salino-Sódicos

A continuación se definen y describen las tres catego--

CEE* Conductividad Eléctrica del extracto de saturación del suelo.

rías. Antes debemos destacar que si bien la denominación de salino en realidad corresponde a una sola de las tres categorías, también se utiliza en el sentido de cualquier suelo con problemas de salinidad, incluyendo por tanto, las categorías 2 y 3. Esta ambigüedad suele dar lugar a impresiones y confusiones.

1.- Suelos Salinos:

Se definen como los que contienen en la zona radicular una cantidad de sales disueltas en solución del suelo (elevada C_{Ee}) suficientemente alta para restringir el desarrollo de los cultivos. La reacción de estos suelos va de neutra a ligeramente alcalina. El pH puede variar entre 7 y menos de 8.5. El PSI se mantiene por debajo de 7, por lo que la estructura no se ve afectada.

De acuerdo con el tipo de sales presentes que afectan a la recuperación de estos suelos, se pueden clasificar en:

A.- Suelos salinos con Na, que contienen principalmente NaCl y Na₂SO₄.

B.- Suelos salinos con Ca y Mg, que contienen principalmente MgSO₄, CaCl₂ y CaSO₄.

En la solución del suelo el Na rara vez representa más -

de la mitad de los cationes disueltos y por tanto, no es adsorbido de forma importante. Los aniones principales son el cloruro y sulfato. Pueden presentarse también pequeñas cantidades de bicarbonato, pero invariablemente los carbonatos solubles casi no se encuentran.

Durante mucho tiempo se ha aceptado como límite de la CEe para definir si un suelo es salino o no, el valor CEe = 4 mmhos/cm. De acuerdo con esto, se considera no salino todo suelo de CEe \leq 4 mmhos/cm. Sin embargo, el cuadro 1 muestra que un suelo de CEe = 3 mmhos/cm puede ocasionar pérdidas de producción importantes en varios cultivos; por ejemplo, la lechuga y el pimiento perderían un 25%. Vemos por tanto lo inadecuado de una clasificación que no considera salinos a unos suelos en que la salinidad puede ocasionar pérdidas del 25%, por esta razón, adoptamos como límite el valor CEe = 2 mmhos/cm.

Atendiendo a sus efectos sobre las producciones de los cultivos, los suelos salinos se pueden clasificar en la forma indicada en el cuadro 1.

CUADRO 1.- Clasificación de los suelos salinos según su conductividad eléctrica.

Clase de Salinidad	CEe (mmhos/cm)	Descripción
Ligeramente salinos	2 - 4	Rendimientos restringidos en cultivos sensibles.
Medianamente salinos	4 - 8	Rendimientos restringidos en la mayor parte de los cultivos.
Fuertemente salinos	8 - 16	Rendimientos satisfactorios solo en cultivos tolerantes.
Extremadamente salinos	16	Muy pocos cultivos dan rendimientos satisfactorios.

Los suelos salinos casi siempre se reconocen por la presencia de costras blancas en su superficie. Con un drenaje -- adecuado, se pueden eliminar las sales solubles por medio de lavados, con lo que el suelo pasa a ser normal. Estos suelos casi siempre se encuentran floculados, debido a la presencia de un exceso de sales en la solución y al reducido PSI. En consecuencia, su permeabilidad es igual o mayor a la de suelos similares o no salinos.

Como concepto fundamental que debe quedar claramente en--

tendido, los suelos salinos afectan a los cultivos, provocando la disminución de sus producciones. En cambio, no tienen efectos perjudiciales sobre las propiedades del suelo.

2.- Suelos Sódicos:

Se definen como los que contienen en la zona radicular suficiente sodio adsorbido por el complejo de cambio para desarrollar propiedades físicas y químicas desfavorables, restringiendo el normal crecimiento de las plantas. La reacción de estos suelos varía según el PSI y la presencia o ausencia de $\text{CO}_3^{=}$ ó CO_3H^- . El pH va desde 8 hasta más de 9.5. El contenido en sales de estos suelos es generalmente bajo (CEe 2mmhos/cm).

La solución del suelo contiene en su mayor parte cloruros, sulfatos y bicarbonatos, aunque puede haber pequeñas cantidades de carbonatos. A pH más elevado y en presencia de iones carbonato, el calcio y el magnesio precipitan, por lo que las soluciones de los suelos sódicos contienen pequeñas cantidades de calcio y magnesio, predominando el sodio.

Según el PSI, los suelos sódicos se pueden clasificar como se muestran en el cuadro 2.

CUADRO 2.- Clasificación de los suelos sódicos según su PSI

Clase	PSI	Producción de los cultivos (%)
Ligeramente sódicos	7 - 15	80 - 60
Medianamente sódicos	15 - 20	60 - 40
Fuertemente sódicos	20 - 30	40 - 20
Extremadamente sódicos	30	20

En estos suelos las arcillas se dispersan; son arrastradas por el agua de lavado y pueden acumularse a pocos centímetros de profundidad, formando una capa pesada, de estructura prismica o columnar, poco permeable y asfixiante. La capa superior presenta textura gruesa y quebradiza.

En los de elevado PSI, la materia orgánica se dispersa y disuelve, depositándose en la superficie, a la que da un color oscuro característico, dando origen a la denominación - - "alcali negro".

Como hemos visto, un elevado PSI afecta a las propiedades del suelo y no directamente a los cultivos, aunque indirecta-

mente estos se vean perjudicados por el deterioro de ciertas propiedades como estructura, permeabilidad, etc.

No obstante lo dicho, hay algunos sensibles al sodio adsorbido por el complejo de cambio, cuya presencia provoca en ellos toxicidad. El cuadro 3 informa sobre esta materia.

CUADRO 3.- Cultivos afectados por altos PSI

PSI	Cultivos	Efectos
2 - 10	Muy sensibles frutales y agrios	Síntomas de toxicidad debido al sodio, aun a niveles bajos.
10 - 20	Sensibles Judía Maíz	Reducción del crecimiento aún con suelos en buenas condiciones físicas.
20 - 40	Tolerantes Zanahoria Trébol Lechuga Avena Cebolla Rábano Arroz Sorgo Espinaca	Ligeros síntomas de toxicidad debida al sodio. Los efectos indirectos (deterioro de las propiedades del suelo) son -- más importantes.
40	Muy tolerantes Tomate Veza Trigo Alfalfa Cebada Remolacha Algodón	Los cultivos se ven afectados únicamente por los efectos <u>in</u> directos.

3.- Suelos Salino-Sódicos:

Son aquellos que en la zona radicular contienen una cantidad de sales solubles (medidas por la CEe) y un PSI suficientes para restringir el crecimiento de las plantas. Como límite se adoptan: CE 2 mmhos/cm y PSI 7. La reacción de estos suelos varía con su grado de salinidad, y con la presencia de CO_3^{2-} ó CO_3H^- .

Siempre que contengan un exceso de sales (alta CEe), su apariencia y propiedades son similares a la de los suelos salinos. En este caso el pH raramente es mayor de 8.5 y las partículas permanecen floculadas. Si el exceso de sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos. A medida que la concentración de sales disminuye en la solución, parte del sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de sodio que, a su vez, con el CO_2 presente en la atmósfera del suelo puede formar CO_3Na_2 . En cualquier caso, el lavado de un suelo puede hacerlo mucho más alcalino (pH mayor de 8.5); las partículas coloidales se dispersan de la misma manera que en los suelos sódicos.

Cuando los suelos salino-sódicos contienen yeso, al ser lavados, el calcio se disuelve reemplazando al sodio adsorvi-

do, con lo que el lavado se produce sin deterioro de la estructura (20).

Normas para efectuar los muestreos.

Los pasos señalados por numerosos autores, para la planeación y ejecución de un estudio donde esta involucrado un muestreo, varían grandemente de acuerdo a la complejidad del mismo, por lo que es necesario hacer un enmarcamiento arbitrario de estos pasos para facilitar la realización de un muestreo dado; estos son:

- a) Definición de los objetivos del estudio.
- b) Definición de los recursos disponibles.
- c) Tipos de población y grado de variación que presenta.
- d) Tipos de datos por coleccionar.
- e) Grado de precisión requerido.
- f) Metodología de medición y tipos de instrumentos para efectuarla.
- g) Forma de selección de la muestra.
- h) Análisis de datos (29, 30).

Muestreo de suelos afectados por sales.

Variabilidad de los suelos afectados por sales.- La variabilidad de los suelos afectados por sales se presenta como una regla, más que como la excepción, por lo que debe considerarse

la naturaleza de las variaciones para efectuar una adecuada representación mediante el muestreo, estas variaciones son:

- a) Las manchas naturales de los suelos afectados por sales.
- b) La distribución vertical de las sales.
- c) La distribución horizontal de las sales.
- d) Efecto del microrelieve.
- e) Tipo de sal.
- f) La estratificación del suelo.
- g) Efecto del manto freático y su calidad química (profundidad, cantidad y tipo de sales).
- h) Variación estacional o climática.
- i) Relación contenido de humedad-salinidad.

Tipos de muestreos de suelos salinos.

En vista de la complejidad de la naturaleza de los suelos afectados por sales, es difícil recomendar un procedimiento estándar para el muestreo de estos suelos, debido a que existen diferentes objetivos según el tipo de estudio (12).

La definición de la frecuencia y método de muestreo, tamaño de muestra y procesamiento posterior de la misma, se establece básicamente en función de los objetivos del estudio y

de la precisión requerida o recursos disponibles, según sea el grado de variabilidad de las salinidades. El muestreo debe realizarse en el menor tiempo posible, y la frecuencia de muestreo se define por el proceso bajo estudio (23).

Se definen cuatro tipos de muestreos de suelos salinos, que en función de los objetivos de los diferentes estudios de salinidad pueden agruparse siguiendo dos criterios básicos:

a) según la extensión del área de estudio, en donde se distinguen "regionales y parcelarios" y b) según la intensidad relativa de muestreo, distinguiéndose en este caso estudios "integrales y diferenciales". Los cuatro tipos resultantes serían los siguientes:

a) Estudios Regionales-Integrales. Corresponden a estudios de balances de sales de grandes áreas, en los cuales se trata de estimar la acumulación o lavado de las sales durante períodos definidos, para generar estrategias en relación a los problemas regionales de salinidad.

b) Estudios Regionales-Diferenciales. Corresponden a estudios de clasificación y cartografía de suelos salinos en grandes áreas, con la finalidad de diferenciar suelos según el grado de afectación salina por lo que es necesario efectuar un muestreo de mayor intensidad que en integrales. Menciona la

importancia del uso de fotografía aérea para auxiliarse en estos estudios.

c) Estudios Parcelarios-Integrales. Corresponden a estudios de balance de sales en pequeñas áreas.

d) Estudios Parcelarios-Diferenciales. En donde se incluyen los estudios de recuperación de suelos salinos, así como investigaciones generales relacionados con la salinidad de los suelos en pequeñas áreas (23).

Metodologías de muestreo que se utilizan actualmente en suelos afectados por sales.

La gran variación y heterogenidad que caracteriza a los suelos afectados por sales, ha dificultado la estandarización de una metodología ideal de muestreo.

Para conocer el problema es necesario un muestreo intensivo, que representa una elevada erogación y una insuficiente capacidad de los laboratorios. Por otra parte, un muestreo de baja densidad conducirá a estudios inexactos en las evaluaciones del problema. Actualmente para evaluar áreas afectadas por sales o por sodio, se hacen muestreos sistemáticos o al azar.

a) Sistemáticos.- Consiste en colocar sitios de muestreo en la intersección de una cuadrícula, cuya equidistancia varía de acuerdo con el área y la finalidad del estudio.

Se acostumbra utilizar las separaciones siguientes:

SUPERFICIE POR MUESTREAR (Has)	Grandes Areas	Pequeñas Areas	Parcelas Demostrativas
De 100,000 a 20,000	Un pozo por cada 100 Has. (una muestra por cada Km. en cuadro)		
De 20,000 a 1,000	Un pozo por cada 25 Has.		
De 1,000 a 100		Un pozo por cada 10 Has.	
De 100 a 10 o menos			Un pozo por cada 2 Has.

b) El muestreo al azar se subdivide en dos:

- 1) Utilizando marcos de muestreo y que pueden ser en cuadrícula, triangular, etc.
- 2) Compuestos, en donde además de usar el marco de muestreo, se subdivide el área bajo estudio en es

tratos que se consideran más o menos homogéneos dentro de ellos y a los cuales se les asigna diferentes densidades de muestreo, dependiendo de la precisión, de los recursos disponibles y de la cuantía de los contenidos salinos (10).

Algunos investigadores, señalan que actualmente solo se utilizan muestreos del tipo "sistemático", en suelos afectados por sales.

Dichos autores mencionan también que existen tres clases de muestreos sistemáticos, los cuales son:

- a) Normales.- En los cuales se sigue la metodología descrita.
- b) Mixtos.- Se efectúan como los normales y se complementan con muestreos de las áreas donde se presentan manchones salinos.
- c) A Juicio Personal.- Consisten en colocar los sitios de muestreo de acuerdo al criterio de la persona que los esta llevando a cabo. En este caso se tienen mejores resultados cuando la persona cuenta con experiencia -- previa (19, 32).

Elgabaly (1971) menciona en una forma más general algunos

lineamientos para los muestreos de suelos afectados:

- a) Elección del sitio.- Que asegure una verdadera representación de un grupo dado de condiciones.
- b) Obtención de muestras representativas.- En donde la seguridad de una adecuada representación depende de la variabilidad del suelo, del número de unidades de muestreo y del método de muestreo.
- c) Número de unidades de muestreo.- En donde recomienda la utilización de muestras compuestas para obtener mejores estimadores de la población.
- d) Los métodos de muestreo.- En donde menciona cuatro tipos, los cuales son: juicio personal, simple aleatorio, al azar compuesto y el sistemático. No menciona los lineamientos específicos para efectuarlos (12).

Calidad del Agua para Riego.

La calidad del agua para riego esta determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga. Por lo tanto, la calidad del agua es una consideración importantísima para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego (3).

A continuación se discuten cada uno de los factores que intervienen en la clasificación agronómica de un agua para riego.

Calidad Química. Cantidad y Tipo de las Sales en Solución.

Solo como una primera aproximación para casos generales, la calidad del agua puede ser definida en base a la calidad química tomando como base las sales que trae en solución: aunque se reitera que la calidad química no es una característica única y habrá que considerar otros factores que determinan la calidad agronómica para decir si el agua es buena o no recomendable para el riego.

Cultivos por regar.

Puesto que se está considerando la calidad del agua con fines de riego, el cultivo por regar es uno de los factores más importantes de tomar en cuenta. La evaluación de la calidad del agua, debe basarse en gran parte en la tolerancia al ensalitramiento de los cultivos que específicamente se van a regar, que como ya se sabe, es la concentración de sales, sodio o elementos tóxicos en la solución del suelo, que produce una cierta disminución en el rendimiento, comparado con condiciones de no ensalitramiento.

Suelos por regar.

El comportamiento de los suelos bajo riego, depende de sus condiciones físicas iniciales y del contenido y tipo de sales del agua. La infiltración y percolación del agua en el suelo, puede diferir grandemente de un suelo a otro, de tal manera que diferentes grados de salinización, puede presentarse con la misma cantidad y calidad del agua de riego.

Condiciones climatológicas.

La evaporación y precipitación, son los dos factores -- climatológicos principales que deben considerarse al evaluar la calidad del agua de riego. La lámina de riego por aplicar en un período determinado depende de la evapotranspiración, la cual afecta los regímenes de riego y por tanto, las variaciones de las sales en el perfil del suelo. Una cantidad de lluvia distribuida uniformemente durante el ciclo de un cultivo, puede diluir la solución del suelo y evitar acumulación de sales en su superficie.

Métodos de riego.

Los métodos de riego influyen determinadamente en la -- acumulación diferencial de sales en el suelo y en las plantas. Para condiciones de mala calidad química del agua y/o concentraciones elevadas de sales en el suelo, el éxito o el fracaso

so de un cultivo, dependerá del método de riego seleccionado.

Condiciones de drenaje.

Siendo el agua el principal vehículo mediante el cual se mueven las sales, es necesario que los suelos cuenten con -- buen drenaje, para que una vez que el agua pasa la zona radicular, salga del área llevándose las sales.

Aunque se cuente con aguas de buena calidad, por lo que a sus características químicas se refiere, si no se cuenta -- con drenaje apropiado, puede elevarse el nivel freático y por capilaridad y evaporación ensalitrar las capas superiores del suelo. Este tipo de ensalitramiento es muy común en muchas -- áreas del mundo bajo riego incluyendo a México.

Prácticas de manejo.

Para la clasificación del agua de riego, es necesario es tudiar como los seis factores mencionados anteriormente, in-- teractúan y en base a estos conocimientos, seleccionar las me jores prácticas de manejo que eviten o reduzcan el efecto del ensalitramiento sobre los cultivos.

Hasta después de haber analizado cuidadosamente todos -- los factores que determinan la calidad agronómica, consideran do todas las alternativas posibles de combinación de los mis-- mos, se estará en condiciones de recomendar o no, el uso de --

un agua determinada, incluyendo el agua de mar.

La clasificación agronómica del agua no se ha hecho en forma sistemática y sólo se han usado criterios basados en la calidad química, por lo que hay que tener cuidado de no tomarlos como dogma ya que se pueden dar recomendaciones inapropiadas (1).

Criterios e Índices para la Clasificación Química del Agua de Riego.

En general, puede decirse que desde el punto de vista químico, actualmente existen tres criterios principales para juzgar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego. Estos criterios son: el contenido de sales solubles, el efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo y el contenido de elementos tóxicos para las plantas.

Para cada uno de estos criterios se han generado diferentes índices cuantitativos. Algunos de los más usuales se dan en el cuadro 4.

CUADRO 4.- Criterios e índices para la clasificación química del agua de riego.

Criterios	Indices	Avreviaturas
Contenido de sales solubles	Conductividad eléctrica	CE
	Salinidad efectiva	SE
	Salinidad potencial	SP
Efecto probable del sodio sobre las características físicas	Relación de absorción de sodio	RAS
	Carbonato de sodio residual	CSR
	Porcentaje de sodio posible	PSP
Contenido de elementos tóxicos para las plantas	Contenido de Boro	B
	Contenido de cloruros	Cl

Conductividad Eléctrica (CE).

La concentración total de sales solubles en las aguas de riego, para fines de diagnóstico y de clasificación, se puede expresar en términos de conductividad eléctrica, la cual se puede determinar en forma rápida y precisa (3).

La conductividad eléctrica es la recíproca de la resistencia eléctrica en omhs, de un conductor metálico que tiene un centímetro de largo y un área transversal de 1 cm^2 , por consiguiente, la conductividad eléctrica se expresa en el recíproco

de omhs por centímetro, o sea mhos por centímetro (11).

El Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos, ha propuesto la siguiente clasificación, como se muestra en el cuadro 5.

CUADRO 5.- Clasificación de la Salinidad de las aguas de riego, según su Conductividad Eléctrica.

Clasificación	Índice micromhos/cm	Clase
Agua de baja salinidad	100 a 250	C ₁
Agua de salinidad media	250 a 750	C ₂
Agua altamente salina	750 a 2,250	C ₃
Agua muy altamente salina	Superior a 2,250	C ₄

Agua de Baja Salinidad (C₁): Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero este se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

Agua de Salinidad Media (C_2): Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Agua Altamente Salina (C_3): No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a sales.

Agua Muy Altamente Salina (C_4): No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, de drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso, se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales (3).

Salinidad Efectiva (SE).

Es una estimación más apegada a la realidad del peligro potencial de las sales del agua, cuyo contenido produce altas presiones osmóticas en la solución del suelo, puesto que toma en cuenta la precipitación probable de los carbonatos de cal-

cio, que al llevarse a efecto dejan de influir en el recargo de la presión osmótica.

De lo dicho anteriormente, se desprende que al evaluar el peligro de salinidad de las aguas de riego, cuyas sales en solución tienden a concentrarse en la solución del suelo, debe tomarse en consideración la precipitación de los carbonatos de calcio y magnesio, así como los sulfatos de calcio. La salinidad total disminuida por estos conceptos, ha sido denominada por Doneen (1959) "Salinidad Efectiva", la cual se calcula de la siguiente manera:

a) Si $Ca^{++} > (CO_3^{--} + HCO_3^- + SO_4^{--})$, entonces:

$$SE = \text{Suma de aniones} - (CO_3^{--} + HCO_3^- + SO_4^{--})$$

b) Si $Ca^{++} < (CO_3^{--} + HCO_3^- \pm SO_4^{--})$; pero $Ca^{++} > (CO_3^{--} + HCO_3^-)$

entonces

$$SE = \text{Suma de aniones} - Ca^{++}$$

c) Si $Ca^{++} < (CO_3^{--} + HCO_3^-)$; pero $(Ca^{++} + Mg^{++}) > (CO_3^{--} + HCO_3^-)$

entonces

$$SE = \text{Suma de cationes} - (CO_3^{--} - HCO_3^-)$$

d) Si $(Ca^{++} + Mg^{++}) < (CO_3^{--} - HCO_3^-)$, entonces

$$SE = \text{Suma de cationes} - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

La clasificación del agua en atención a los valores de los índices de la Salinidad Efectiva, tomando en cuenta las condiciones del suelo, se está realizando de acuerdo con el cuadro 6.

CUADRO 6.- Clasificación del agua de riego basada en la Salinidad Efectiva expresada en Meq/Lt.

1) Primera clase	Uso sin peligro	Menor de 3
2) Segunda clase	Condicionada	3 a 15
3) Tercera clase	Peligrosa	Mayor de 15

Salinidad Potencial (SP).

Al reducirse la humedad del suelo, las sales existentes en la solución van gradualmente precipitándose, quedando en última instancia los cloruros y parte de los sulfatos que presentan mayor solubilidad. El índice de salinidad potencial estima el efecto de estas sales después de haber disminuido la humedad aprovechable al 50%.

Es por ello que la salinidad potencial es uno de los índices para clasificar las aguas de riego, y se realiza utilizando

do la siguiente fórmula:

$$SP = Cl^- + 1/2 SO_4^{--} \text{ (en meg/lt.)}$$

Los valores de los índices de clasificación son: (11)

Agua de Primera Clase	Buena	0 - 3
Agua de Segunda Clase	Condicionada	3 - 15
Agua de Tercera Clase	Peligrosa	> 15

Relación de Adsorción de Sodio (RAS).

Es uno de los índices más difundidos para medir el peligro de sodificación que presenta el agua de riego. Los investigadores que han desarrollado este índice, argumentan que -- además de la sencillez de su cálculo, está correlacionado con el porcentaje de sodio intercambiable del suelo que está en -- equilibrio con el agua de riego. De acuerdo con esto, entre -- mayor sea el valor de la RAS, es de esperarse un mayor valor del PSI del suelo y un mayor peligro de sodificación del mismo.

La RAS se calcula con la siguiente fórmula:

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

donde todos los valores se expresan en Meq/Lt. (24).

Para definir los índices de clasificación de la RAS, se muestra la figura 1.

Las líneas que dividen las clases en cuanto a valores de RAS han sido obtenidas en forma empírica y están basadas en los resultados de pruebas efectuadas en invernaderos y en el propio campo.

En este diagrama se presentan las diferentes clasificaciones del agua y se observa que el peligro de sodificación es mayor a medida que aumenta la concentración de sales (11).

Las clasificaciones resultantes del sodio pueden interpretarse de la siguiente manera:

Agua baja en Sodio (S_1): Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Agua media en Sodio (S_2): En suelos de textura fina, el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio catiónico, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas solo pueden usarse en

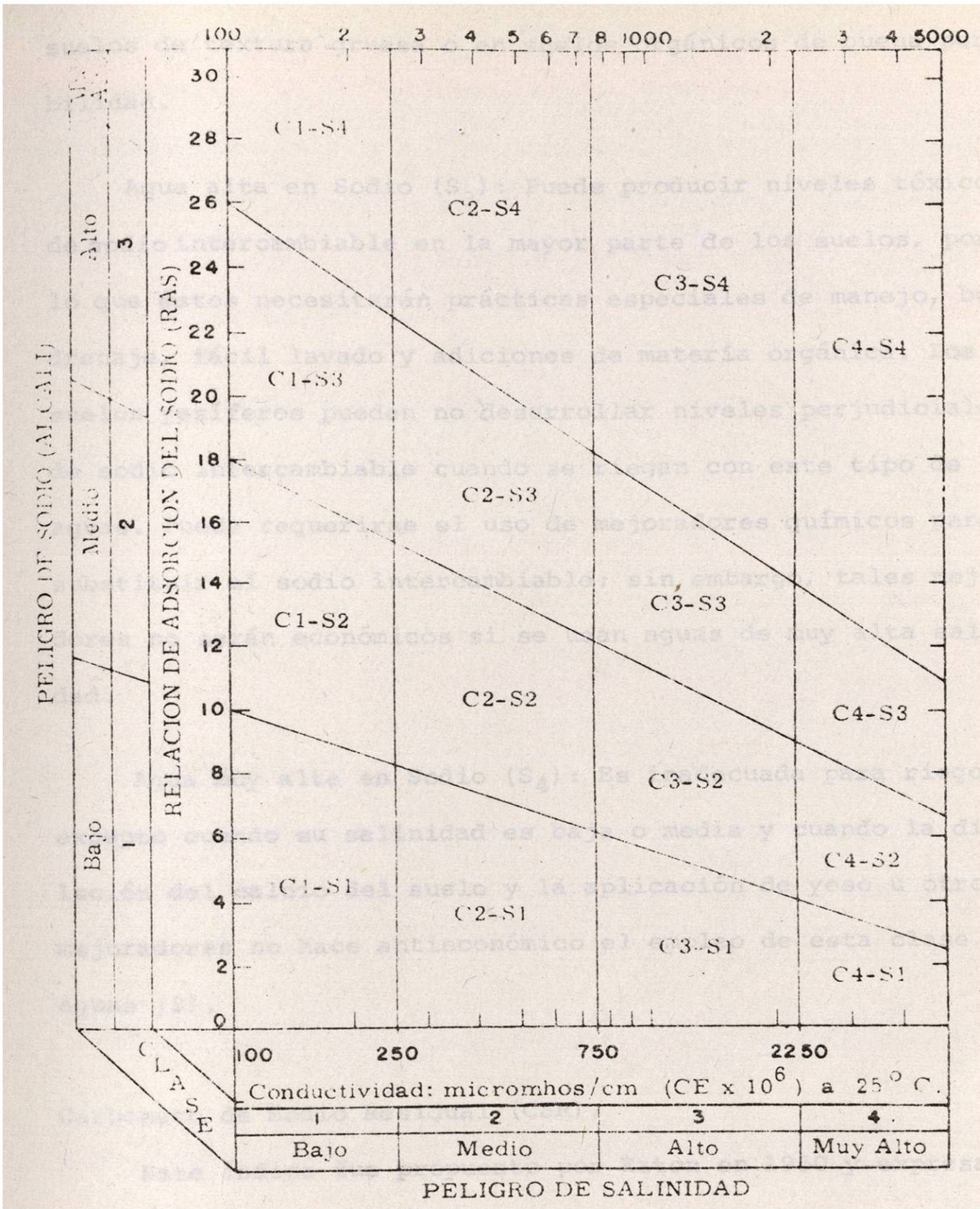


FIGURA 1.- Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.

suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

Agua alta en Sodio (S_3): Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que éstos necesitarán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de aguas. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para substituir al sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de muy alta salinidad.

Agua muy alta en Sodio (S_4): Es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómico el empleo de esta clase de aguas (3).

Carbonato de Sodio Residual (CSR).

Este índice fue propuesto por Eaton en 1950 y expresado por la siguiente fórmula:

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg); \text{ concentraciones en meq/Lt.}$$

Se usa para predecir la cantidad de carbonato de sodio que quedará en la solución del suelo, después que se precipitan carbonatos de calcio y de magnesio, de tal manera que, la concentración de sodio puede ser suficiente para desplazar al calcio y al magnesio del complejo de intercambio, produciendo la defloculación del suelo.

Los índices de clasificación del CSR se muestran en el cuadro 7. (1)

CUADRO 7.- Índice de Clasificación del CSR (en Meq/Lt).

Buena	Menor de 1.25
Marginal	De 1.25 a 2.50
No Recomendable	Mayor de 2.50

Porcentaje de Sodio Posible (PSP).

Se define como:

$$\text{PSP} = \frac{\text{Na}^+}{\text{Salinidad Efectiva}} \cdot 100\%$$

donde todos los conceptos se expresan en me/Lt.

Cuando el PSP es menor de 50%, las aguas pueden emplearse sin peligro, en cambio cuando el PSP es mayor del 50% y el con

tenido de sodio presenta valores más altos de 10 meg/lt., existe gran peligro de sodiciación en suelos que tienen menos de 4% de carbonatos alcalino-terreos; en este caso, las aguas deberán mezclarse con otras de mayor calidad o bien se les podrá agregar yeso para poder usarlas.

En igualdad de condiciones, el peligro de sodificación es mucho menor en suelos orgánicos y en suelos de textura ligera. El efecto del sodio sobre la estructura del suelo se debe a la defloculación del material coloidal y en el primer caso la materia orgánica lo amortigua y en el segundo, no existen cantidades apreciables de material coloidal.

Concentración total de Boro (B).

El boro en pequeñas concentraciones es esencial para el desarrollo normal de las plantas, sin embargo, también el contenido de boro en altas concentraciones puede producir daños apreciables. Para algunos cultivos, dentro de ciertos límites, puede ser tóxico, sin que estos contenidos sean nocivos para otros.

En el cuadro 8 se muestran los índices de clasificación del boro (11).

CUADRO 8.- Indices de clasificación del Boro (en ppm).

Clase	Cultivos Sensibles	Cultivos Semi-Tolerantes	Cultivos Tolerantes
1	Menos de .33	Menos de 0.67	Menos de 1.00
2	0.33 a 0.67	0.67 a 1.33	1.00 a 2.00
3	0.67 a 1.00	1.33 a 2.00	2.00 a 3.00
4	1.00 a 1.25	2.00 a 2.50	3.00 a 3.75
5	Mayor de 1.25	Mayor de 2.50	Mayor de 3.75

Contenido de Cloruros (Cl).

Según han reportado varios investigadores, el ión cloruro es especialmente tóxico en árboles frutales, como cítricos y en algunos otros cultivos como la fresa. En vista de que en la actualidad se carece de información sobre la tolerancia de - - otros cultivos, sólo se recomienda utilizar éste índice cuando se vaya a regar alguno de los cultivos especificados en el cuadro 62 del Apéndice 3. (24).

Muestreo de Aguas.

Para evaluar la calidad de las aguas, lo primero que debe hacerse es elegir los sitios de muestreo, los más frecuentes - son:

- a) Canales de riego
- b) Pozos de bombeo
- c) Presas de almacenamiento
- d) Rios y arroyos
- e) Manantiales
- f) Drenes
- g) Mantos freáticos

Para seleccionar los sitios de muestreo se debe saber la finalidad del trabajo a desarrollar y se distinguen dos casos:

- a) Cuando interesa proveer oportunamente los cambios de ésta y calcular las láminas de sobre-riego, estos muestros se realizan en canales de riego, pozos de bombeo y eventualmente mantos freáticos.
- b) Para detectar y cuantificar el ensalitramiento de terrenos y la calidad del agua (24).

Efectos de las Sales sobre los Cultivos.

Germinación:

La germinación es un proceso que se da en tres etapas en las cuales pueden tener influencia las sales, en la etapa de transición, parecen no tener mucha influencia las sales tanto como las etapas heterotróficas donde puede inhibirse el agua

por las sales. Si así ocurre, no hay germinación. En la etapa autotrófica ya consumidas las reservas del endosperma, la - - planta tiene que obtener nutrientes del suelo juntamente con sales, las que pueden ocasionarle la muerte (1).

Desarrollo Radical:

En una serie de experimentos realizados con trigo, algodón y chile dulce, se encontró que a medida que se incrementa la concentración de sales en el suelo, el desarrollo radicular se hace menor, tal y como se muestra en la figura 2.

Como puede verse el efecto de las sales sobre el crecimiento radicular, aumenta a medida que aumenta la concentración, siguiendo el mismo tipo de función que el que se produce por la parte aérea de las plantas cuando son sometidas a salinidad (26).

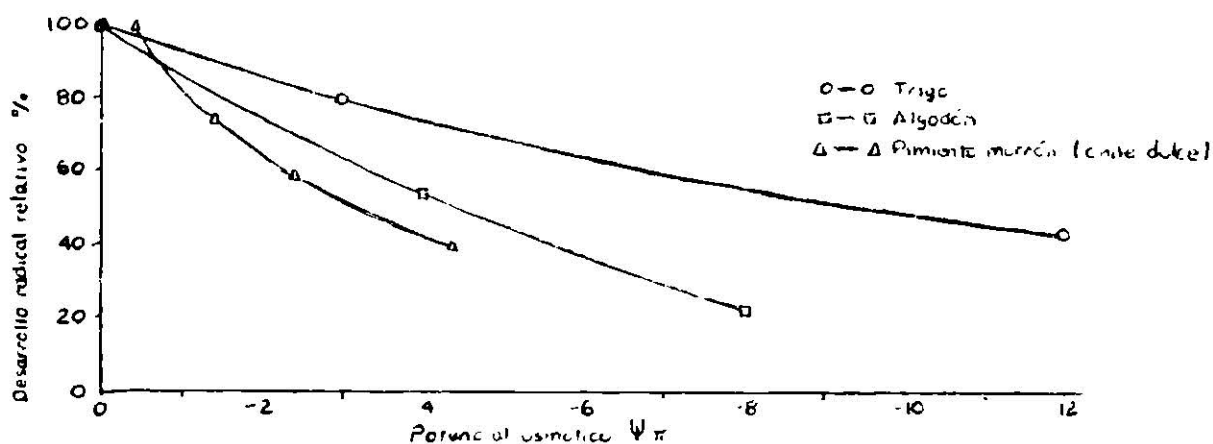


FIGURA 2.- Efecto de las sales sobre el crecimiento radical de trigo variedad Inia 66, algodón y pimiento morrón (Chile dulce).

Absorción de Nutrientes:

En la mayoría de los casos cuando se ha estudiado el efecto de las sales sobre el rendimiento de los cultivos, se ha considerado que todas las otras variables permanecen constantes y sólo se analiza la variación de los rendimientos como una función del contenido de sales en la solución del suelo.

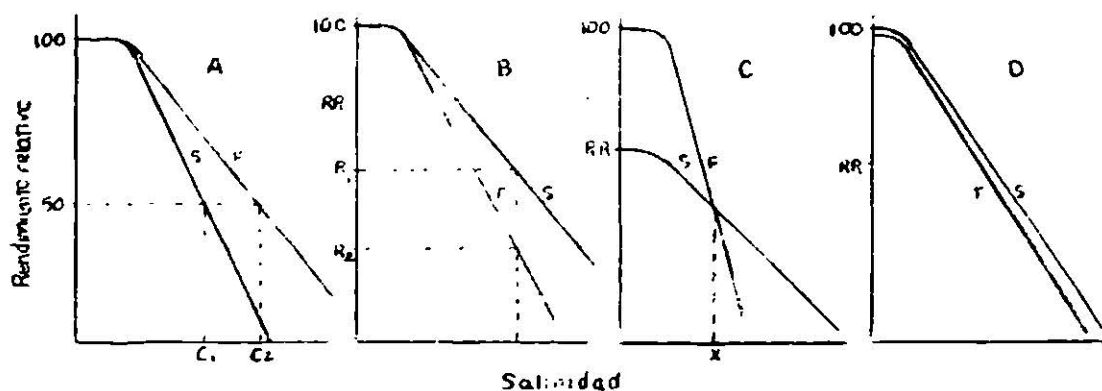
En el caso de los nutrientes no es una excepción y los cultivos se han fertilizado adecuadamente para estudiar el efecto de las sales sobre el crecimiento. Las dudas han surgido al tratar de decidir si se debe aplicar fertilizantes en suelos salinos o no, y qué efectos pueden producir a los cultivos el fertilizar o no. Se sabe que los cultivos responden en diferente forma a la fertilización bajo condiciones de salinidad y la respuesta depende de la especie de planta, del nivel de sales en el suelo, de la cantidad, tipo y forma de aplicación de los fertilizantes.

Considerando que bajo condiciones de no salinidad se obtiene el rendimiento máximo cuando se fertiliza el suelo con la dosis de fertilizante óptima para un cultivo dado, se hará un análisis de diferentes modelos de respuesta para cuando se tienen condiciones de salinidad. Se pueden presentar diferentes respuestas a la fertilización a medida que se aumenta la

concentración de sales en el suelo. En forma muy general, puede decirse que se presentan cuatro casos: cuando la aplicación de fertilizantes aumenta la tolerancia de los cultivos a las sales, cuando disminuye la tolerancia, cuando en un rango de concentración de sales aumenta la tolerancia y en otro más elevado la disminuye; por último, cuando la tolerancia del cultivo no se modifica por la aplicación de fertilizantes. Debe entenderse por tolerancia de un cultivo, el grado al cual se reduce su rendimiento bajo condiciones de un cierto nivel de salinidad en el suelo, comparado con el rendimiento que se obtiene en condiciones de no salinidad; o sea, su rendimiento relativo.

Los modelos de respuesta para los cuatro casos antes mencionados, se representan en forma esquemática en la figura 3.

Analizando estas figuras, puede decirse que en el caso A, el fertilizante aumenta la tolerancia del cultivo, puesto que de acuerdo a la línea F, se obtiene el mismo rendimiento relativo a una concentración de sales más elevada C_2 . En el caso B, la aplicación de fertilizante produce una reducción en la tolerancia del cultivo a las sales, puesto que de acuerdo a la línea F, se obtiene un menor rendimiento relativo R_2 para la misma concentración de sales en el suelo. Estos efectos se han



RR, significa rendimiento relativo
 F, significa fertilizado
 S, significa sin fertilizar
 C, significa concentración

FIGURA 3.- Modelos de respuesta A,B,C,D de los cultivos a la fertilización, bajo condiciones de salinidad.

observado en el caso de aplicación de dosis elevadas de fósforo a maíz en suelos salinos. En el caso C, para un rango de salinidad cuyo valor máximo esta representado por X en la figura, el fertilizante aumenta la tolerancia del cultivo a las sales; pero para concentraciones de sales en el suelo mayores que X, la aplicación de fertilizante disminuye la tolerancia del cultivo a las sales. Este es posiblemente el caso más común cuando se fertilizan cultivos en suelos con diferentes grados de salinidad. En el caso D, el fertilizante no modifica la tolerancia del cultivo a las sales, lo que indica que no hay respuesta a -

la aplicación de fertilizantes, ni interacción salinidad-fertilizante (1).

Desarrollo de la Planta:

Cuando un cultivo se desarrolla en suelos salinos, las plantas usualmente presentan achaparramiento con una variabilidad considerable en su tamaño, el follaje es de color verde-azul profundo y se observan manchones sin plantas. La apariencia azulosa es el resultado de una cubierta cerosa, de espesor poco común, sobre la superficie de las hojas y el color más oscuro se debe a un incremento en el contenido de clorofila por unidad de superficie foliar, sobre la base de peso verde. Algunos frutales como aguacate, toronja y ciertas variedades de algodón menos tolerantes a las sales, desarrollan áreas necróticas características, así como quemaduras en las puntas y los margenes de las hojas. El enrrollamiento de las hojas es una manifestación común de la deficiencia de humedad en las plantas pero éstos síntomas pueden ser indicativos de salinidad cuando ocurren en presencia de una humedad del suelo aparentemente adecuada (3).

Llerena (1977) trabajó en la evaluación de tolerancia a las sales de doce variedades de trigo, se logró determinar las variables más afectadas por las sales en estas variedades re--

sultaron ser: el rendimiento y amacollo, en seguida las de desarrollo, granos por espiga y peso de mil granos, y las menos afectadas fueron número de tallos y germinación.

Fisiología de la Planta:

En trabajos realizados con trigo I.N.I.A. F-66, en soluciones nutritivas con potenciales osmóticos de -0.73, -2, -4, -6 y -8 bars, se determinó que la reducción de crecimiento de las plantas que crecen bajo condiciones de salinidad se afecta la división celular porque éstas pierden la plasticidad de su pared celular debido a que en ellas ocurre una lignificación y engrosamiento prematuro causado por las sales, impidiendo el crecimiento celular y en consecuencia, origina plantas de talla reducida con menos superficie fotosintetizante, menor transpiración y menor producción de materia seca (27).

La tensión hídrica puede reducir la superficie foliar, cerrar los estomas y reducir la actividad de la célula deshidratada. La reducción en la fotosíntesis suele atribuirse al cierre de los estomas, opinión respaldada por el hecho de que la transpiración y la fotosíntesis se reducen a menudo en el mismo grado (8).

En un experimento en el que midieron niveles de ácido abscisico en hojas en turgencia o marchitas, separadas de - -

plantas de maíz y sorgo, las hojas de plantas tolerantes a la sequía mostraron un contenido sustancialmente mayor de ácido abscisico (17).

En un estudio sobre el ajuste osmótico de las plantas a la salinidad media, en su estado estable, se determinó que la presión osmótica de las raíces así como de las partes aéreas de la planta de algodón y chile, aumenta paso a paso con el incremento de la presión osmótica del medio sobre un amplio rango de salinidad que permitiría cualquier crecimiento. El ajuste osmótico de las células a la salinidad depende en parte del incremento en la acumulación de iones y también en la sustitución de iones monovalentes por iones polivalentes (6).

Las plantas expuestas a condiciones de salinidad y/o tensión hídrica, sufren inicialmente una sequía fisiológica (9).

Las características fisiológicas más importantes que permiten a las halófitas vivir en habitat salinos son: su capacidad de desarrollar altas presiones osmóticas en su jugo celular, acumular gran cantidad de sales en el juego de sus tejidos y de regular dicha acumulación, además tienen protoplasma resistente a la acumulación de sodio y han desarrollado mecanismos para eliminar las sales directamente (1).

El contenido y síntesis de ácido nucléico en tejidos y órganos de tomate, es afectado por la presencia de NaCl de tal manera que los tejidos apicales concentran mayor cantidad de ADN y ARN que las hojas maduras (31).

Un decremento en el contenido de glactolípidos en la bimembrana de la célula es uno de los factores que causan un incremento en la resistencia a las sales en plantas de cebada - que estan adaptadas a salinidad (22).

La tensión hídrica disminuye la translocación al disminuir las diferencias de turgencia de los tubos cribosos que es esencial para el mecanismo de flujos de presión de conducción (28).

Rendimientos:

Cuando las plantas crecen en suelos salinos, generalmente presentan una disminución progresiva de su crecimiento, su tamaño y rendimiento a medida que aumenta la salinidad; aunque se han encontrado algunas excepciones, como es el caso de la - cebada, la cual bajo condiciones de salinidad media reduce su crecimiento, pero los rendimientos de grano no se modifican notablemente. El caso contrario es el arroz, bajo condiciones de salinidad, su desarrollo vegetativo no se modifica, pero el --rendimiento de grano se afecta.

La disminución del rendimiento de los cultivos asociado con salinidad, es el resultado de la disminución del número y tamaño de frutos. La salinidad puede ejercer efectos muy variados sobre las plantas y sus rendimientos de cosecha, los cuales dependen de la naturaleza del cultivo, la parte por aprovechar ya sea raíz, hoja, tallo, fruto o semilla y la tolerancia diferencial a las sales durante las diferentes etapas del crecimiento, así como otros factores que interaccionan con los rendimientos.

Las sales producen algunos efectos desêables en la calidad de las cosechas, tales como incrementar el contenido de azucar en algunas plantas, como zanahoria, melón y caña, pero esto se puede lograr en una forma más segura, aplicando los riegos con menos frecuencia durante la etapa de maduración.

En general, las sales reducen los rendimientos de los cultivos en forma directa como se muestra en el diagrama de la figura 4.

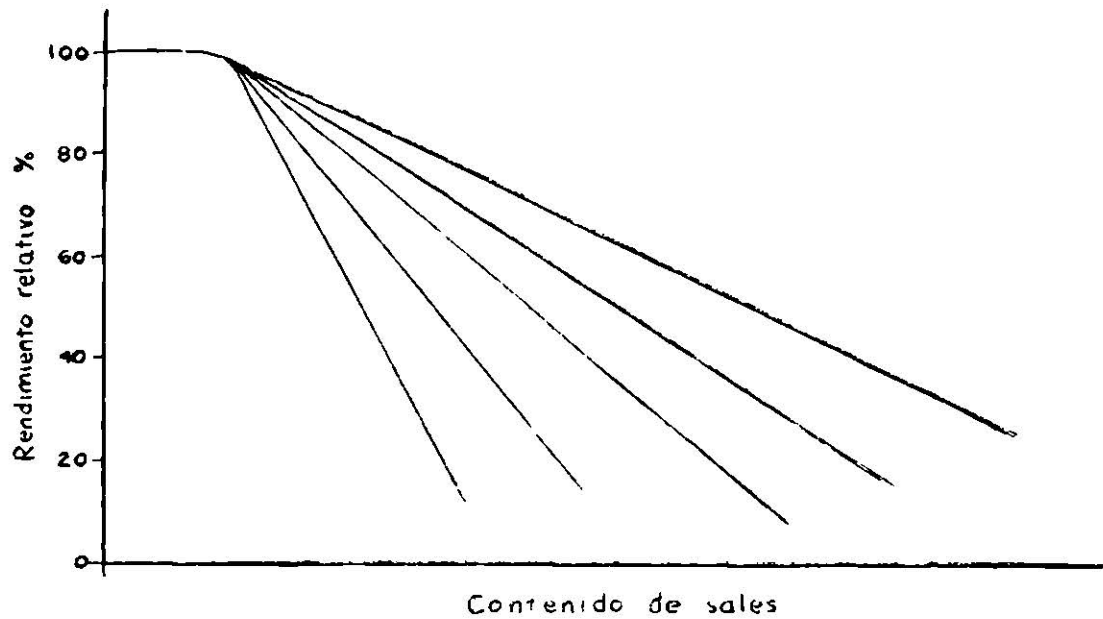


FIGURA 4.- Diagrama que describen el efecto de las sales sobre el rendimiento de los cultivos.

A menor pendiente negativa de las líneas, significa una mayor tolerancia y la respuesta se puede considerar como lineal, al menos en el rango donde es económico producir bajo condiciones de salinidad.

Técnicas de Recuperación de Suelos Salinos.

Fundamentales:

Lavado de Sales.- La eliminación de las sales solubles del suelo se consigue mediante la técnica de lavado que consiste en hacer pasar a través del suelo una cierta cantidad de -

agua que arrastra consigo las sales. Para que los lavados sean factibles, se requiere que el suelo tenga un drenaje que permita que las aguas cargadas de sales sean eliminadas de la zona radicular.

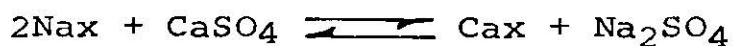
Mejoras Químicas.- Los mejoradores químicos provocan la sustitución del Na combinado con el complejo de cambio por Ca, que puede ser aportado por los propios mejoradores, o movili- zado del existente en el suelo. La aplicación de los mejorado- res es necesaria cuando hay exceso de Na, es decir, para valo- res altos del PSI (25).

Los mejoradores químicos se pueden clasificar de la forma siguiente:

Sales solubles de calcio	Yeso Cloruro cálcico
Acidos y formadores de ácidos	Azufre Polisulfuro de calcio Acido sulfúrico Sulfatos de hierro y alumi- nio
Sales de calcio de baja solubilidad	Caliza
Resíduos industriales	Espumas de azucarería Cales residuales del aceti- leno

a) Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

El yeso es un mineral que, en forma pura, contiene aproximadamente 23.2% de calcio, 18.6% de azufre y 20.9% de agua; de los mejoradores usados en suelos con problemas de sodio es el más usado por su bajo costo. La aplicación de yeso a un suelo sódico implica las siguientes reacciones:



En esta última reacción, para evitar la reversibilidad, debe lixiviarse el Na_2SO_4 .

La única desventaja que presenta el yeso como tal, consiste en que es una sal de baja solubilidad en agua y requiere -- cantidades considerables de ella para alcanzar efectividad (2).

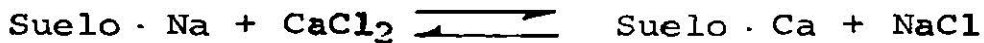
En el cuadro 9 se incluyen los resultados de una mejora realizada en Fresno (U.S.A.) utilizando dosis de 25.30 ó 37.5 Ton/Ha. de yeso, combinadas con lavados.

CUADRO 9.- Resultados de una mejora realizada en Fresno, U.S.A. con yeso combinado con lavados.

Profundidad (cm)	Antes de la mejora (1921)					Después de la Mejora (1931)				
	meg/100 g.					meg/100 g.				
	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH
0 - 30	1,08	0,23	3,13	70	7,9	5,03	0	0,27	5	7,5
30 - 60	0,42	0,98	2,87	67	9,4	4,59	0	0,40	8	8,1
60 - 60	1,78	0,28	2,41	54	9,6	4,63	0	0,43	8	8,3
90 - 120	2,57	0,34	1,59	35	9,1	4,13	0	1,00	19	8,7

b) Cloruro Cálcico ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Debido a su elevada solubilidad (427 gr/Lt. a 20°C) el cloruro cálcico es un mejorador químico de efectos muy rápidos y gran eficiencia. Sin embargo, su empleo está muy limitado -- por su elevado costo. En el suelo produce la siguiente reacción:



Se puede aplicar extendiéndolo sobre el terreno o con el agua de riego, aunque como ya hemos dicho, su empleo es poco frecuente.

Raikov, Kavardzhiev y Varvanova (1971) obtuvieron los resultados indicados en el Cuadro 10 en la mejora de suelos sódicos

cos con cloruro cálcico. La aplicación del mejorador se realizó en 1960.

CUADRO 10.- Resultados de la mejora de suelos sódicos con cloruro cálcico.

Dosis	Profundidad (cm)	pH		Na (meq/100 gr)	
		(1962)	(1970)	(1962)	(1970)
Control	0 - 20	9,0	9,7	10,0	7,2
	20 - 30	9,5	9,8	18,8	18,2
	30 - 40	9,8	10,0	16,7	16,8
	40 - 50	9,7	9,9	16,2	19,5
13 ton/ha	0 - 20	8,0	8,3	1,2	1,5
	20 - 30	8,4	9,5	9,5	9,0
	30 - 40	9,7	9,8	15,4	15,1
	40 - 50	10,1	10,2	18,5	17,5
26 ton/ha	0 - 20	8,4	9,5	0,5	3,4
	20 - 30	9,0	10,0	4,5	8,2
	30 - 40	9,6	9,3	12,7	11,9
	40 - 50	9,7	9,9	17,0	11,8

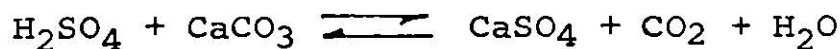
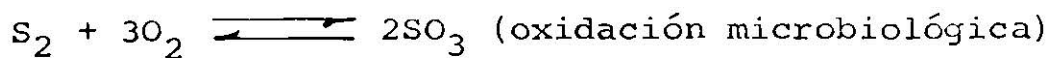
El efecto más rápido del cloruro cálcico comparado con el del yeso se muestra en el cuadro 11, elaborado a partir de datos de los autores citados.

CUADRO 11.- Comparación de resultados de mejoras realizadas con cloruro cálcico y yeso.

AÑO	% DE PRODUCCION RESPECTO A UNA PARCELA NO TRATADA			
	Cl ₂ Ca		Yeso	
	26 ton/ha	13 ton/ha	40 ton/ha	20 ton/ha
1961	870	640	230	170
1962	700	420	510	240
1963	740	450	920	1,020
1964	230	200	230	200
1965	320	180	290	280
1966	500	330	630	290
1967	270	220	230	150
1968	140	120	120	120
1969	200	170	180	130
1970	420	410	290	390

c) Azufre (S).

El azufre es también un mejorador químico muy utilizado, debido a su bajo precio. Antes de actuar debe experimentar algunas transformaciones, como se indica a continuación.



El azufre es un mejorador que aumenta la acidez del suelo. Es especialmente indicado para suelos que contengan carbonatos alcalinotérreos. En los demás casos, su aplicación hace descender el pH y puede dar lugar a una acidificación excesiva.

Como ejemplo de una mejora con azufre, el cuadro 12 muestra los resultados obtenidos en Fresno, U.S.A. mediante la aplicación de dosis de hasta 2.5 ton/ha y lavados posteriormente (25).

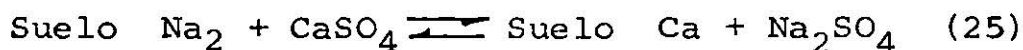
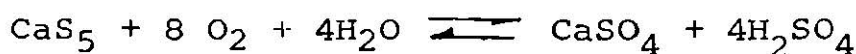
CUADRO 12.- Resultados de una mejora con azufre.

Profundidad (cm)	Antes de la mejora (1921)					Después de la mejora (1931)				
	meq/100 g.					meq/100 g.				
	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH
0 - 30	1,35	0,44	2,54	58	9,7	4,06	0,20	0,21	5	7,0
30 - 60	1,21	0,34	2,90	65	9,2	3,75	0,15	0,44	10	7,5
60 - 90	3,19	0,20	2,00	37	9,0	4,05	0,37	0,38	8	8,8
90 - 120	3,61	0,12	1,26	25	9,4	3,66	0,30	0,85	17	8,3

d) Polisulfuro de Calcio (CaS_5).

El polisulfuro de calcio es un líquido café de reacción fuertemente alcalina; contiene aproximadamente de 23 a 24% de azufre y 6% de calcio, porque su composición es un tanto indefinida; al reaccionar con el agua el azufre se precipita en forma elemental y todavía deberá oxidarse.

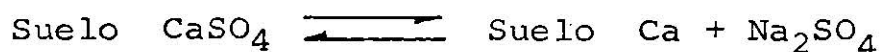
Es recomendable se le aplique con el agua de riego, pues no es corrosivo y su reacción en el suelo es la siguiente (2):



e) Acido Sulfúrico (H_2SO_4).

El ácido sulfúrico es otro mejorador empleado con cierta regularidad en el mundo y aunque su precio es elevado, en muchas ocasiones ocupa el tercer lugar en costo después del yeso y el azufre (2).

El ácido sulfúrico es un mejorador de acción muy rápida, que en presencia de carbonatos alcalinotérreos, sobre todo caliza, da lugar a la reacción siguiente:

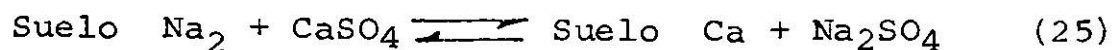
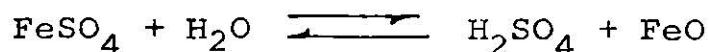


En ausencia de carbonatos alcalinotérreos puede provocar una acidez excesiva en el suelo. En estos casos es conveniente estudiar previamente la transformación que va a experimentar el suelo, como se describió al hablar del azufre.

El cuadro 13 corresponde a una mejora efectuada en Armenia, en la que el ácido sulfúrico se aplicaba en solución al 1%, seguida de fuertes lavados (15,000 - 30,000 m³/ha), en terrenos con drenaje subterráneo. El tiempo necesario para la recuperación no era inferior a 3-4 años.

f) Sulfatos de Hierro y Aluminio.

Estos sulfatos se hidrolizan en el suelo fácilmente, generando ácido sulfúrico. En el caso del FeSO₄, la reacción es la siguiente:



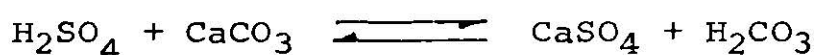
CUADRO 13.- Resultados de una mejora con ácido sulfúrico.

EPOCA	Profundi- dad (cm)	Alcalinidad				Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na
		CO ₃	CO ₃ H total							
1959	0 - 25	2,55	5,65		8,76	12,60	0,33	0,36*		26,32
Antes de la mejora	25 - 50	1,52	2,41		10,12	10,09	0,33	0,36		21,93
	50 - 100	1,58	2,23		12,08	5,28	0,24	0,11		19,24
	100 - 150	1,68	2,45		7,42	1,52	0,21	0,16		11,02
	150 - 200	0,65	1,30		2,75	0,56	0,12	0,11		4,38
1962	0 - 25	-	0,41		0,20	8,65	4,45	0,80		4,00
Durante la mejora	25 - 50	-	0,62		0,17	1,92	0,32	0,25		1,51
	50 - 100	2,40	4,08		0,22	1,23	0,21	0,08		5,24
	100 - 150	3,30	4,64		0,45	3,10	0,16	0,08		7,95
1964	0 - 25	-	0,66		0,25	0,31	0,41	0,25		0,56
Después de la mejora	25 - 50	-	0,90		0,27	0,87	0,56	0,15		1,33
	50 - 100	-	1,08		0,20	0,44	0,25	0,25		1,72
	100 - 150	-	0,52		0,20	0,25	0,16	0,17		0,64
Agua freática										
1959	220	2,26	11,34		72,80	20,34	7,52	31,40		65,66
1962	150	-	23,12		241,46	94,38	3,56	46,14		309,26
1964	150	0,93	10,16		2,88	3,72	1,06	0,99		14,71

El sulfato de hierro es un excelente mejorador pero su único gran inconveniente es su elevado costo.

El sulfato de aluminio posee propiedades semejantes, con la única diferencia de que es más efectivo que el sulfato de hierro para reemplazar el sodio adsorbido.

Las reacciones correspondientes en presencia de agua y carbonato de calcio son:



Los inconvenientes que presenta su utilización como mejoradores, son su elevado costo y el efecto tóxico residual del aluminio sobre las plantas (2).

g) Caliza (CaCO_3).

Se obtiene de depósitos naturales originados por deposiciones marinas. Su composición química promedio se muestra en el cuadro 14. La caliza es un compuesto muy poco soluble, por lo que su uso queda restringido a dos propiedades del suelo: contenido de CaCO_3 y valor del pH.

CUADRO 14.- Composición química media de la caliza agrícola.

Constituyentes de la caliza agrícola	Contenido
Carbonato de calcio (CaCO_3)*	75.4 %
Carbonato de magnesio (MgCO_3)	16.1 %
Hierro (Fe)	0.4 %
Potasio (K)	0.2 %
Azufre (S)	0.1 %
Manganeso (Mn)	330 ppm
Fósforo (P)	210 ppm
Zinc (Zn)	31 ppm
Cobre (Cu)	2.7 ppm
Molibdeno (Mo)	1.1 ppm
Boro (B)	1.0 ppm

* La caliza se identifica como CaCO_3 , debido a que éste es el constituyente de mayor proporción.

Respecto a la primera, es requisito que el suelo permanezca libre de carbonatos de calcio, para que la caliza pueda ser utilizable como mejorador.

Respecto a la segunda, el uso de la caliza queda determinado también por el valor del pH del suelo (cuadro 15).

CUADRO 15.- Solubilidad del CaCO_3 a diferentes valores de pH.

pH	me/l de CaCO_3 solubilizado
6.21	19.3
6.50	14.4
7.12	7.1
7.85	2.7
8.60	1.1
9.20	0.82
10.12	0.36

h) Residuos Industriales.

Algunos subproductos de la industria pueden actuar como mejoradores, bien porque sean acidificadores, porque aporten calcio o por ambas cosas a la vez. Entre estos subproductos el más utilizado es la espuma de azucarería, cuya composición es la siguiente:

CO_3Ca	35 - 45 por ciento
materia orgánica.	5 - 15 por ciento
agua	40 - 45 por ciento

Las espumas aportan CaCO_3 en forma de un precipitado muy -

fino, fácilmente soluble. Además el contenido en materia orgánica colabora a la mejora química.

Las dosis usuales de espumas de azucarería son de 10 - 12 Tm/ha.

Otros subproductos que se han utilizado para la mejora química de suelos sódicos son las cales residuales de la fabricación industrial de acetileno.

II. Técnicas Auxiliares.

Las técnicas auxiliares en la recuperación de suelos salinos mejoran alguna propiedad del suelo que afecta a la eficiencia de los lavados o de los mejoradores químicos. Con frecuencia la propiedad mejorada es la permeabilidad.

Las técnicas auxiliares se pueden clasificar de la forma siguiente:

- Técnicas mecánicas
- Técnicas biológicas
- Técnicas eléctricas.

En lo que sigue se estudia cada una de ellas.

1) Técnicas Mecánicas:

Arados profundos.- Consisten en labores que alcanzan profundidades comprendidas entre 40 y 150 cm. Esta técnica es de aplicación cuando existen capas de baja permeabilidad entre -- otras más permeables. El paso del arado mezcla los suelos de -- las capas que atraviesa, creando un suelo más homogéneo.

Los arados profundos se han utilizado con éxito en casos en que el suelo superficial contenía un exceso de sodio y a -- más profundidad existía una capa rica en yeso. El paso del arado acumulaba yeso en la superficie y enterraba el suelo con -- exceso de sodio.

Subsolados.- Los subsolados rompen las capas impermeables, mejorando por tanto la permeabilidad del suelo. Su efecto es -- de una duración limitada a uno o dos años.

Mezclas con arena.- La adición y mezcla de arena a capas de suelo de textura fina mejora la permeabilidad y la penetración de las raíces, lo que a su vez ocasiona también una mejora en las propiedades transmisoras de agua. En algunas áreas -- de Rusia se han empleado dosis de 700-1,000 ton/ha.

Un caso especial es la técnica del "enarenado" iniciada en Almería (España) en 1957. Consiste en colocar una capa de are-

na de playa sobre el suelo salino. En dicha provincia española, los suelos así formados (cuya superficie actual es de unas - - 10,000 has) se riegan con agua de salinidad elevada, no obstante lo cual, a los dos años el suelo se había desalinizado en una profundidad de 30 cm, permitiendo el cultivo de hortalizas sensibles a la sal.

Inversión de perfiles.- Consiste en enterrar un perfil de suelo de características no deseables, sustituyéndolo por material que originalmente se encontraba a más profundidad y que posee mejores características.

2) Técnicas Biológicas:

Abonados orgánicos.- La adición de estiércol, o el enterrado en verde tiene dos efectos que ayudan a la recuperación de los suelos salinos:

- 1.- Mejoran la estructura y la permeabilidad del suelo.
- 2.- Liberan CO_2 , aumentando la solubilidad del CaCO_3 .

Cultivos de elevada ETP.- Estos cultivos provocan el descenso de la capa freática, facilitando el lavado de las sales. Si la salinidad inicial no permite el cultivo de especies rentables, como alfalfa u otros pastos, puede ser útil la siembra de caña (Arundo donax).

Además del efecto citado sobre la capa freática, los cultivos dan sombra, reduciendo la evaporación de la superficie del suelo.

3) Técnicas Eléctricas:

Estas técnicas se encuentran aun en fase experimental. Algunas investigaciones han demostrado que el tratamiento con corriente eléctrica puede acelerar la recuperación de suelos salino-sódicos. En una experiencia realizada en Montana (USA), la aplicación de corriente eléctrica elevó la salinidad del agua de los drenes de 1,500 ppm a 37,000 ppm (25).

MATERIALES Y METODOS

Sitio del Estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en los terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, los cuales se localizan en el Municipio de Marín, N.L., iniciándose en Octubre de 1982 y finalizando en Octubre de 1983.

Las coordenadas geográficas del lugar son:

Latitud Norte	25°53'
Latitud Oeste	100°03'
Altitud	367.3 msnm

Los suelos presentes son del tipo calcáreo, sedimentario y el clima de la región se clasifica de acuerdo con la clasificación climática de Koppen modificada por Enriqueta García (1964), como BS₀ y BS₁, dos subtipos climáticos, los cuales corresponden al grupo de climas secos y esteparios, donde la temperatura se eleva a más de 40°C en el verano y desciende a varios grados bajo cero durante el invierno. La temperatura media anual es de 21°C. y la precipitación pluvial durante los últimos 10 años arroja un promedio de 573 mm. anuales con una distribución aleatoria muy marcada.

Las condiciones climáticas que se presentaron en el pe-

río que comprendió la realización del estudio se muestran en el cuadro 16.

CUADRO 16.- Condiciones climáticas mensuales que se presentaron durante el estudio.

MES	TEMPERATURA °C.			Precipitación total mm.	Evaporación total mm.
	Media	Máxima	Mínima		
Oct.	22.5	28.9	16.0	44.4	126.8
Nov.	17.0	22.6	11.5	22.6	94.8
Dic.	14.0	21.0	7.0	41.8	95.2
Ene.	13.2	20.3	6.2	29.8	59.6
Feb.	16.0	24.0	8.0	40.1	109.5
Mar.	19.3	28.3	10.2	16.6	174.5
Abr.	24.0	33.5	14.5	0.0	256.4
May.	27.5	34.2	20.8	141.8	169.8
Jun.	28.2	33.9	22.4	20.4	217.1
Jul.	28.7	34.4	23.0	51.8	213.8
Ago.	29.0	35.7	22.3	111.4	268.9
Sep.	26.3	32.0	20.6	69.8	167.3
Oct.	22.8	28.7	16.8	25.6	25.6

Materiales:

a) Topográficos: Tránsito,stadal, balizas, cinta, alímetro.

- b) De muestreo de suelos: pala, pico, barra, bolsas y etiquetas.
- c) De muestreo de aguas: botes de plástico de un litro de capacidad y etiquetas.

Métodos:

1.- Muestreo.-

a) De suelos:

Las muestras de suelo fueron tomadas de los perfiles de los pozos del estudio agrológico detallado que se realizó al mismo tiempo que el presente estudio (4).

La densidad de muestreo se consideró tomando como base el uso actual de la tierra, efectuándose la siguiente:

Un pozo por cada 10 Has. de riego

Un pozo por cada 20 Has. de temporal

Un pozo por cada 50 Has. de agostadero

Los cuales fueron distribuidos como se muestra en la figura 5 y sus coordenadas se indican en el cuadro 17.

El muestreo se realizó hasta 3 m. de profundidad: 0-20, 20-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-300 cm. respectivamente, tomándose una muestra compuesta de 2 a 3 Kg. de tierra de cada

CUADRO 17.- Localización y coeficientes de infiltración básicos (CIB) de los perfiles muestreados.

Perfil	Coordenadas Topográficas		Altitud (msnm)	CIB cm/hr	Z O N A
	N	E			
1	770	1875	350.6	9.03	Riego
2	765	2000	356.7	4.06	Riego
3	1018	1945	359.8	6.44	Riego
4	1388	1570	359.8	13.50	Agostadero
5	1815	1855	362.8	13.47	Temporal
6	1740	2225	362.8	8.23	Temporal
7	1750	2535	364.3	8.28	Temporal
8	1980	3785	379.6	4.55	Agostadero
9	2285	2620	368.9	8.94	Temporal
10	2385	2850	370.4	12.73	Temporal
11	2540	2435	378.0	9.49	Agostadero
12	2550	1945	368.9	5.68	Agostadero
13	3035	1425	367.4	8.04	Agostadero
14	3165	765	371.9	4.73	Agostadero
15	3695	590	375.0	6.61	Agostadero
16	3320	1335	371.9	5.49	Agostadero
17	3190	1790	373.5	7.82	Agostadero
18	2690	2535	385.7	8.42	Riego
19	3065	2780	385.7	6.12	Riego
20	2985	3695	388.7	26.02	Agostadero
21	3260	2880	375.0	6.85	Riego
22	3735	3415	378.0	7.59	Riego
23	3970	3280	378.0	10.84	Riego
24	4135	3605	379.6	8.85	Riego
25	4400	3970	387.2	8.15	Agostadero
26	3370	3750	388.8	17.59	Agostadero
27	4380	4315	396.3	13.16	Agostadero

espesor, las cuales se etiquetaron y registraron debidamente.

b) De aguas:

La intensidad del muestreo de aguas fue mensual, para dicho muestreo se consideraron las fuentes de agua tanto superficiales como subterráneas, con que cuentan los terrenos de la Facultad. La ubicación de los sitios de muestreo se indica en la figura 5 y sus coordenadas se muestran en el cuadro 18.

La cantidad mínima colectada en cada muestra fue de un litro de agua, las cuales fueron tomadas en recipientes de plástico. Tanto el recipiente como el tapón fueron enjuagados con el agua que se iba a muestrear para evitar cualquier tipo de contaminación.

Debido a los diferentes sitios de muestreo, la forma de tomar las muestras fue la siguiente:

- Muestreo de canales (entrada y salida Presa Grande) y ríos (Río Marín y Arroyo El Salitre); las muestras fueron tomadas del agua en movimiento a unos centímetros abajo de la superficie.

- Muestreo de presas de almacenamiento (Presa Grande y Presa Nueva); en este caso la muestra fue tomada en el centro de la presa a media profundidad.

CUADRO 18.- Localización de los puntos de muestreo de aguas.

Sitio	Coordenadas Topográficas		Altitud (msnm)
	N	E	
1	4175	4080	387.2
2	4125	3945	385.7
3	4140	3790	384.1
4	3510	1980	378.0
5	3375	2480	373.5
6	2090	1260	371.9
7	2015	1920	379.6
8	1980	3910	382.3
9	1970	3390	370.4
10	1770	3250	370.4
11	1340	2295	358.2
12	704	1858	350.6

- Muestreo de pozos profundos (Bomba Nogales, Bomba Campo, Depósito Aulas, Depósito Loma y Papalote); las muestras fueron tomadas después de una hora de bombeo, para que la concentración de sales sea representativa del acuífero.

- Muestreo de pozo profundo (sin uso); se procedió a agitar el agua durante un período de 20 minutos para lograr una distribución homogénea de los solutos a lo largo de la profundidad del pozo y posteriormente se realizó la toma de la muestra.

2.- Análisis de Laboratorio.-

Las principales determinaciones y métodos utilizados para el análisis de suelos y aguas muestreadas, fueron las siguientes:

- a) Textura (para el caso de los suelos), por medio del hidrómetro de Boyoucus.
- b) Cantidad total de sales solubles (conductividad eléctrica), por medio del puente de Wheatstone, con celda de pipeta.
- c) pH, por medio de un potenciómetro o pH metro.
- d) Boro, por medio de un Espectrofotómetro o Galvanómetro.

- e) La concentración de sodio, se determinó por medio de diferencia entre la conductividad eléctrica (CE) con respecto a la concentración de calcio (Ca) más Magnesio (Mg).

$$\text{Meq/lt. Na} = \frac{\text{CE} \times 10^6}{100} - (\text{Ca} + \text{Mg})$$

- f) La concentración de los cationes Calcio y Magnesio, se determinó por medio del vercenato (Etilendiamino-Tetracetato de sodio o Edta).
- g) La concentración de los aniones Carbonato y Bicarbonato, se determinó por titulación con H_2SO_4 al 0.01 normal.
- h) La concentración del anion Cloro, se obtuvo por medio de titulación con Nitrato de plata.
- i) La concentración del anión Sulfato se determinó por medio de gravimetría como Sulfato de Bario (BaSO_4).
- j) La relación de adsorción de sodio (RAS) se obtuvo por medio de la siguiente ecuación:

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

En donde el sodio, calcio y manfesio representan las concentraciones en Meq/lt. de los iones respectivos.

3.- Planos de Salinidad y Sodicidad.-

Para la elaboración de los planos de salinidad y sodicidad se consideraron los niveles establecidos en las tablas 1 y 2, con el fin de caracterizar los diferentes grados de afección salino-sódico que se presentaron (2. 25).

R E S U L T A D O S

Para la clasificación de los suelos se muestrearon 27 perfiles, la distribución de los cationes (Ca^{++} , Mg^{++} y Na^+), aniones ($\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y Cl^-), Conductividad Eléctrica (milimhos/cm) y Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) dentro de cada perfil se encuentra representada gráficamente en las figuras 9 a la 35 y sus resultados de los análisis químicos se muestran en los cuadros 22 al 48 del Apéndice 1.

Se realizaron tres planos de Salinidad y Sodicidad de suelos, los cuales corresponden a los espesores de 0-20 cm (Figura 6), 20-50 cm (Figura 7) y 50-100 cm (Figura 8), tanto las áreas afectadas como los puntos de muestreo que las caracterizan se muestran en los cuadros 19, 20 y 21 respectivamente.

Se consideraron doce puntos para el muestreo de aguas, los cuales se muestrearon durante trece meses. El comportamiento gráfico del contenido de sales solubles (Conductividad Eléctrica, Salinidad Efectiva y Salinidad Potencial), del efecto del sodio sobre el suelo (Relación de adsorción de sodio, Carbonato de sodio residual y porcentaje de sodio posible) y el contenido de elementos tóxicos (Boro y Cloro) para cada punto de muestreo, se indica en las figuras 36 a la 47

y sus resultados de los análisis químicos se muestran en los cuadros 49 al 66 del Apéndice 2.

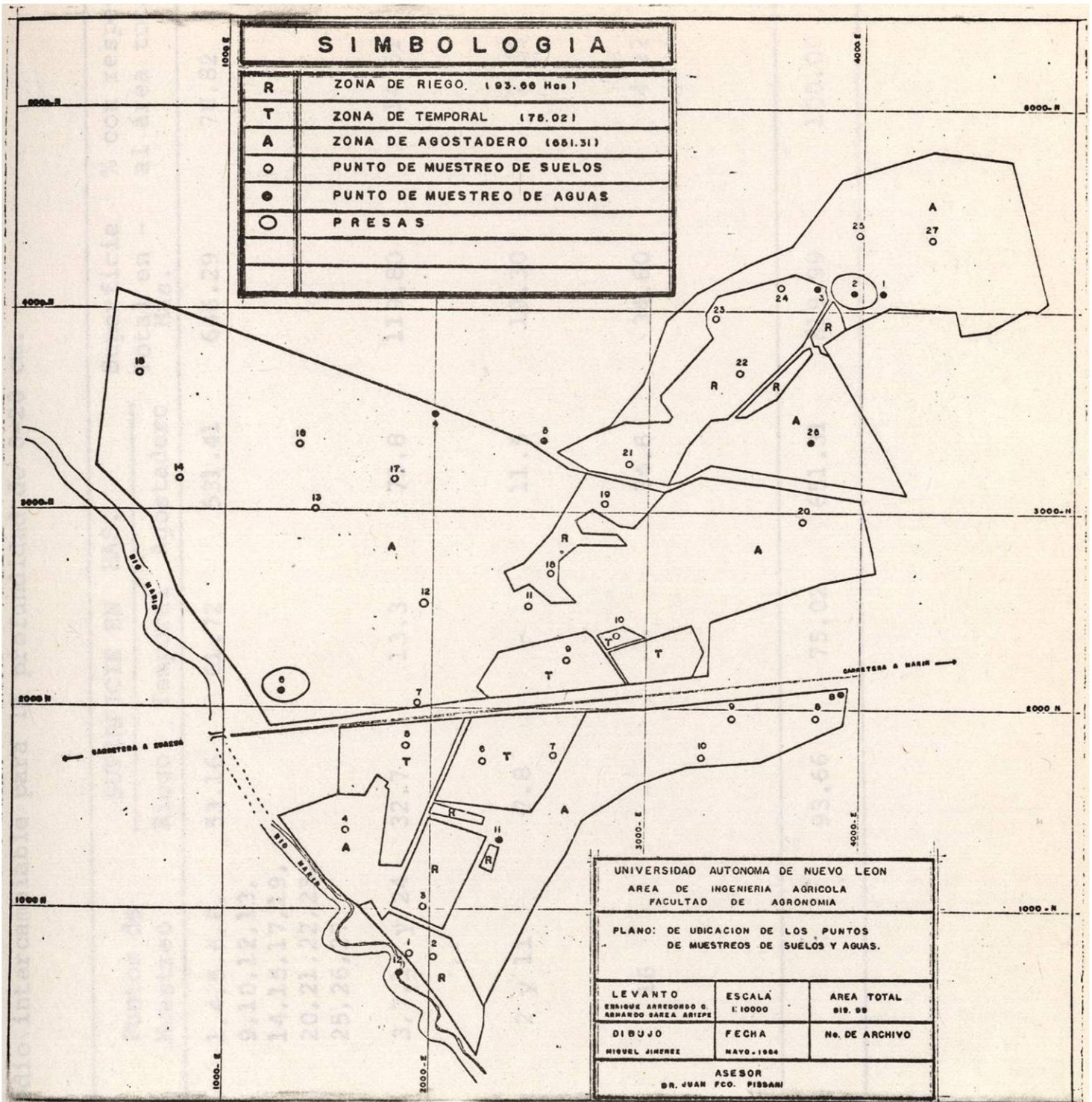


FIGURA 5.- Plano de ubicación de los puntos de muestreo de suelos y aguas.

CUADRO 19.- Areas afectadas en el plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 0-20 cm.

Clasificación	Puntos de Muestreo	SUPERFICIE EN HAS.			Superficie Total en - Has.	% con respecto al área total
		Riego	Temporal	Agostadero		
Normal	1,4,5,6,8, 9,10,12,13, 14,15,17,19, 20,21,22,23, 25,26,27	53.16	61.72	531.41	646.29	78.82
Ligeramente Salino	3,7,18 y 24	32.7	13.3	73.8	119.80	14.61
Medianamente Salino	2 y 11	7.8	-	11.5	19.30	2.35
Fuertemente Salino-	16	-	-	34.6	34.60	4.22
Fuertemente Sódico						
SUMA:		93.66	75.02	651.31	819.99	100.00

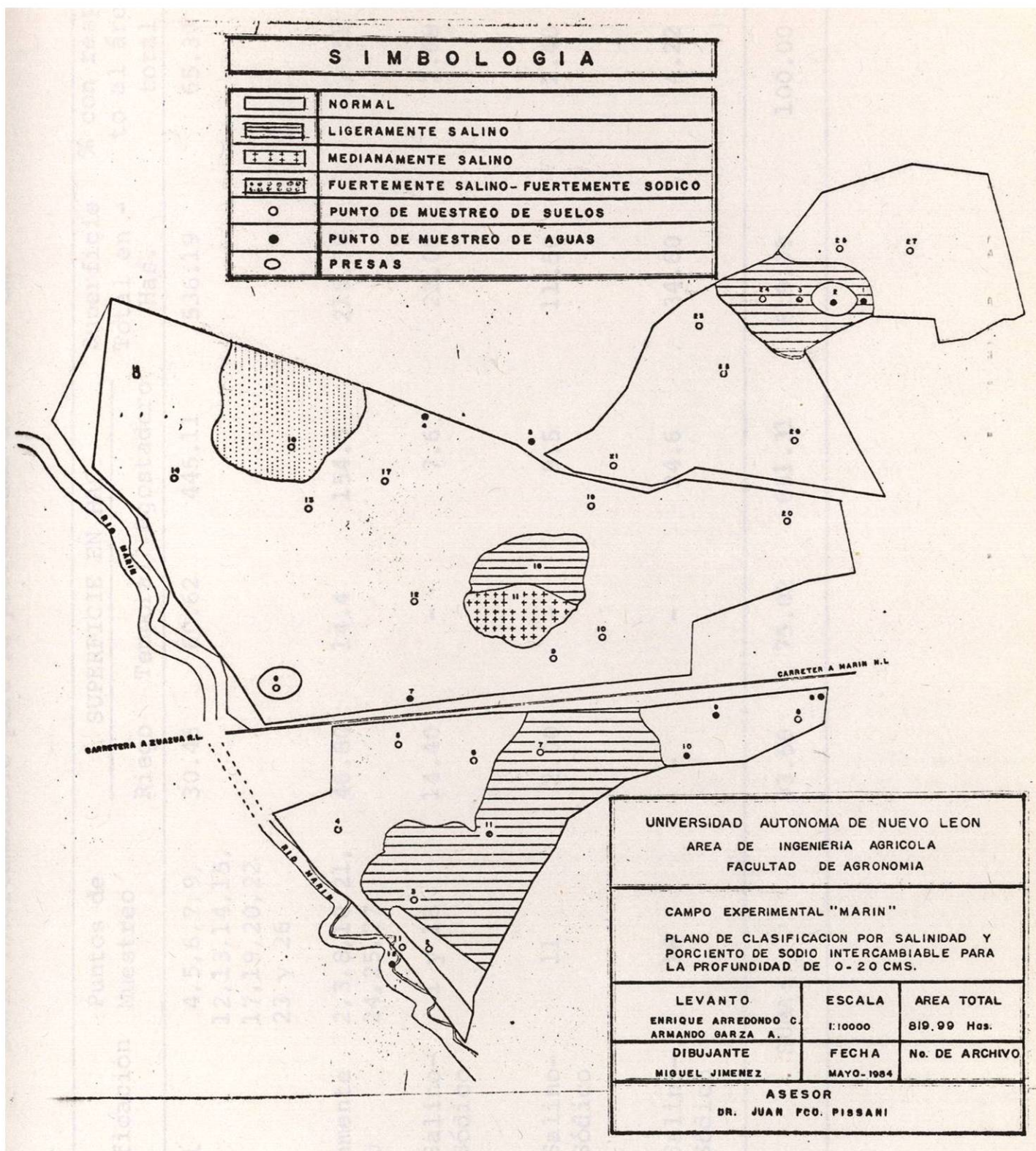


FIGURA 6.- Plano de clasificación por salinidad y por ciento de sodio intercambiable para la profundidad de 0-20 cm.

CUADRO 20.- Areas afectadas en el plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 20-50 cm.

Clasificación	Puntos de Muestreo	SUPERFICIE EN HAS.		Superficie Total en - Has.	% con respecto al área - total
		Riego Temporal	Agostadero		
Normal	4,5,6,7,9, 12,13,14,15, 17,19,20,22 23 y 26	30.46	445.11	536.19	65.39
Ligeramente Salino	2,3,8,10,21, 24,25,27	46.80	154.5	215.70	26.31
Lig. Salino- Lig. Sódico	1 y 18	14.40	7.6	22.00	2.68
Med. Salino- Lig. Sódico	11	2.00	9.5	11.50	1.40
Fte. Salino- Lig. Sódico	16	-	34.6	34.60	4.22
SUMA:		93.66	75.02	819.99	100.00

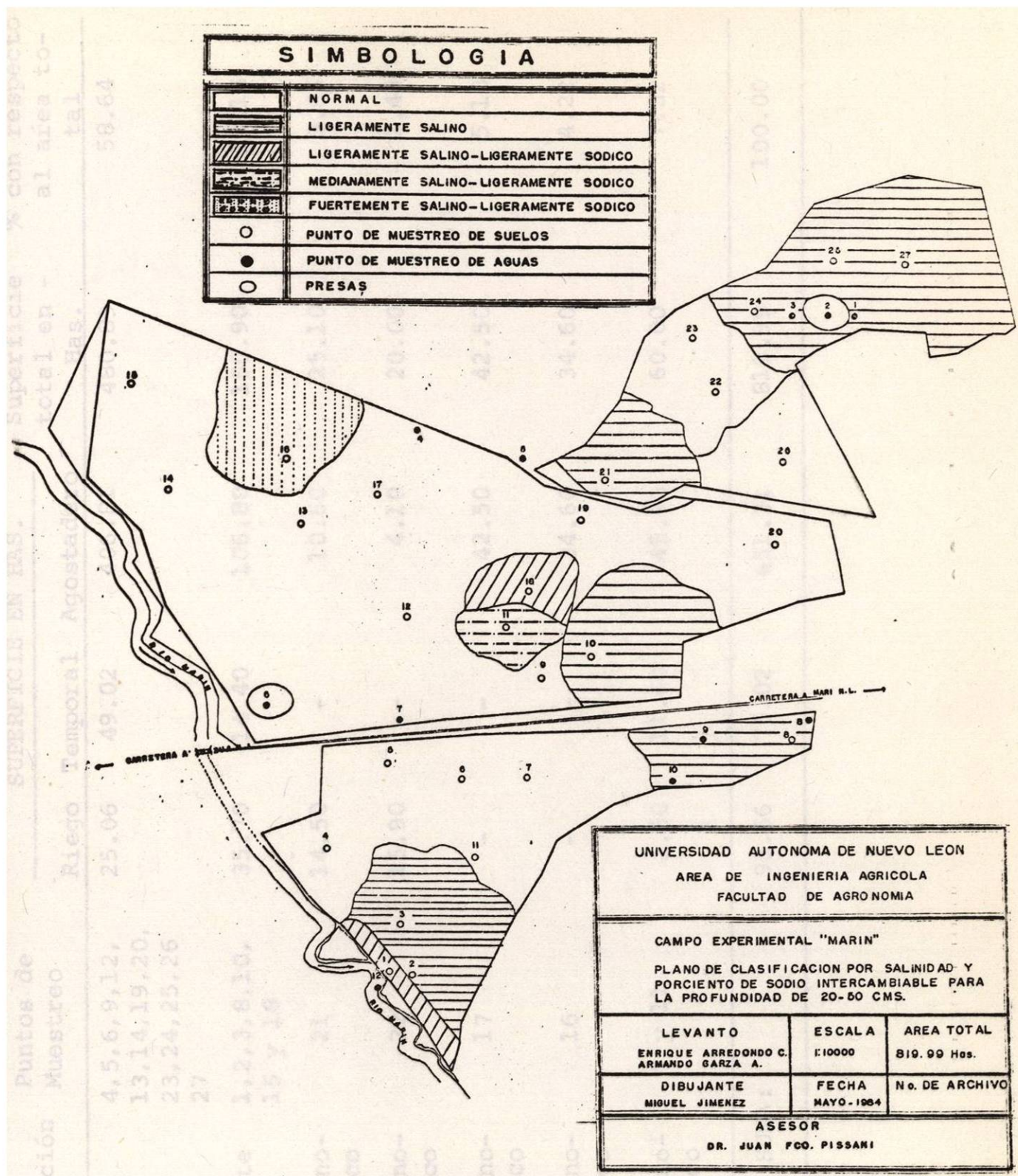


FIGURA 7.- Plano de clasificación por salinidad y por ciento de sodio intercambiable para la profundidad de 20-50 cm.

CUADRO 21.- Areas afectadas en el plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 50-100 cm.

Clasificación	Puntos de Muestreo	SUPERFICIE EN HAS.			Superficie total en - Has.	% con respecto al área total
		Riego	Temporal	Agostadero		
Normal	4,5,6,9,12, 13,14,19,20, 23,24,25,26 27	25.06	49.02	406.81	480.89	58.64
Ligeramente Salino	1,2,3,8,10, 15 y 18	35.70	14.40	106.80	156.90	19.14
Lig. Salino- Lig. Sódico	21	14.50	-	10.60	25.10	3.06
Lig. Salino- Med. Sódico	22	15.90	-	4.10	20.00	2.44
Med. Salino- Lig. Sódico	17	-	-	42.50	42.50	5.18
Fte. Salino- Lig. Sódico	16	-	-	34.60	34.60	4.22
Fte. Salino- Fte. Sódico	7 y 11	2.50	11.60	45.90	60.00	7.32
SUMA:		93.66	75.02	651.31	819.99	100.00

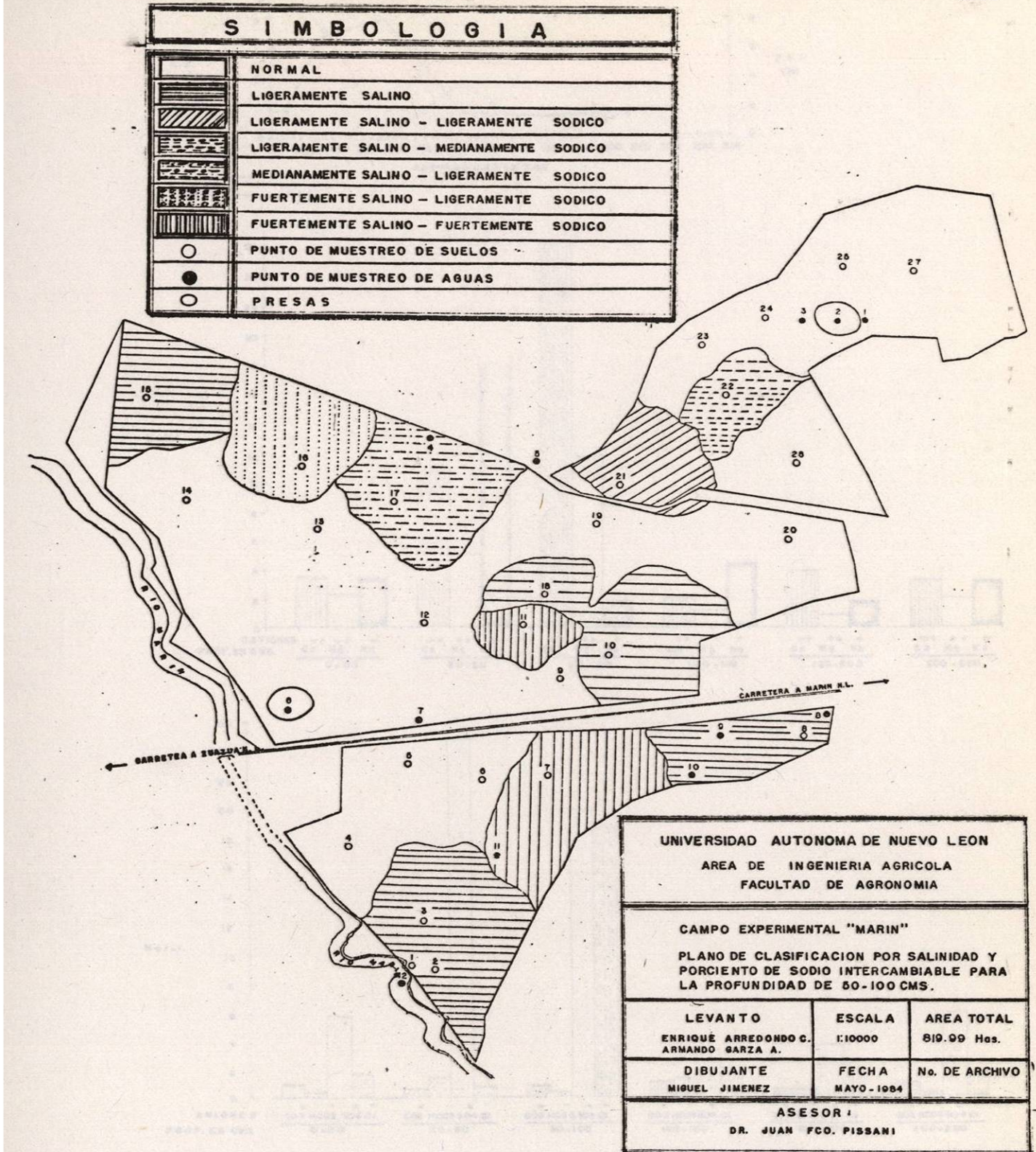


FIGURA 8.- Plano de clasificación por salinidad y porcentaje de sodio intercambiable para la profundidad de 50-100 cm.

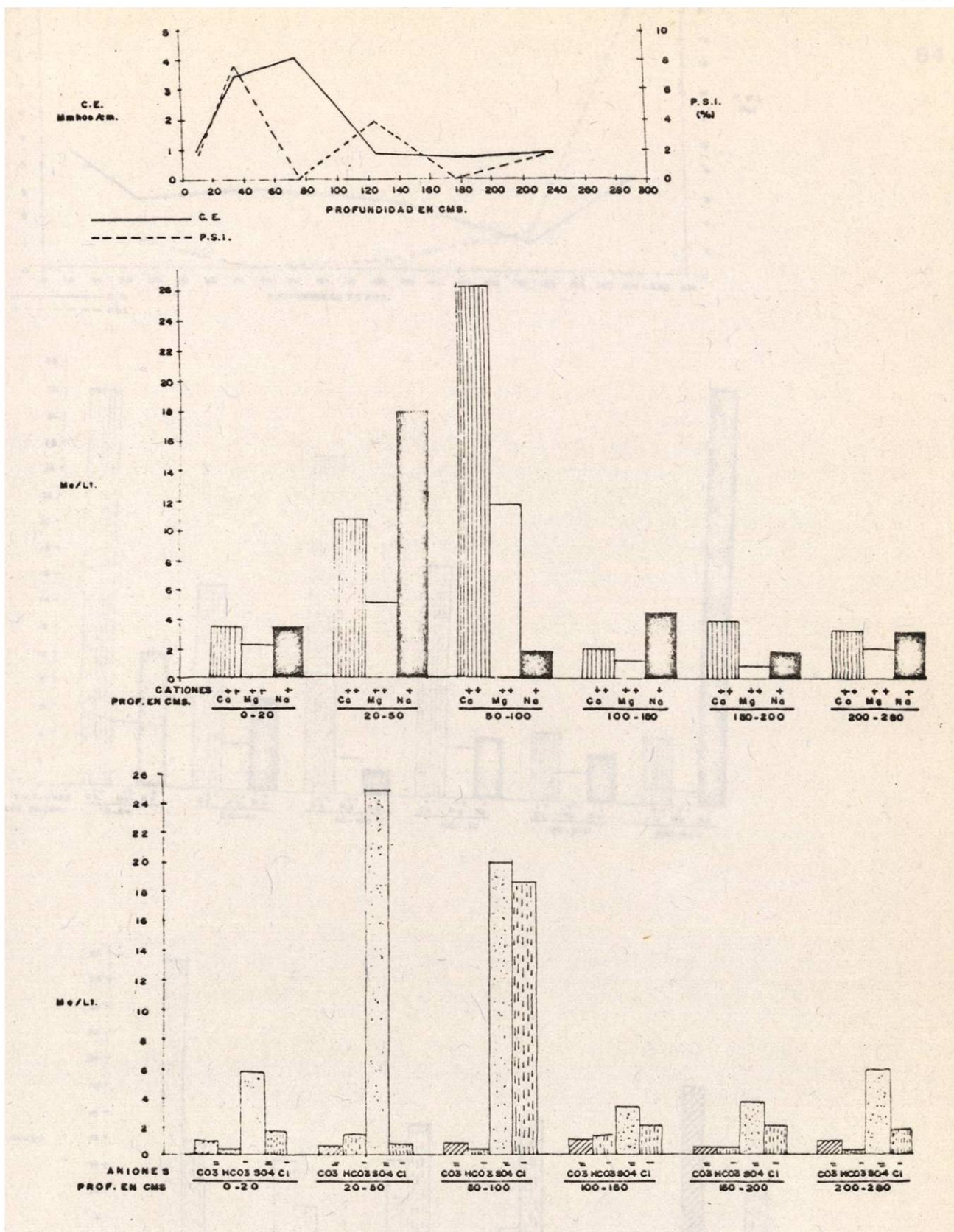


FIGURA 9.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 1.

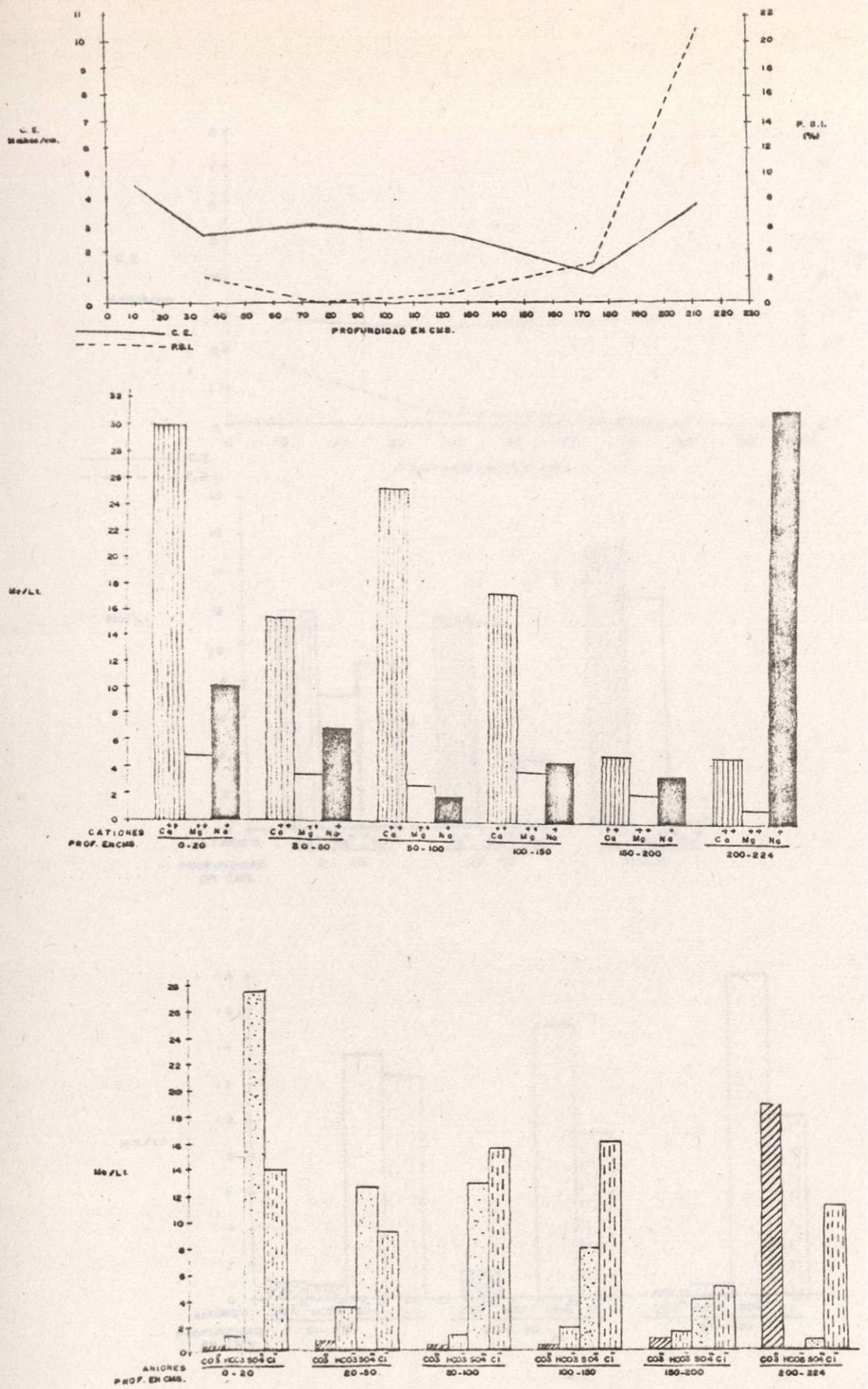


FIGURA 10.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 2.

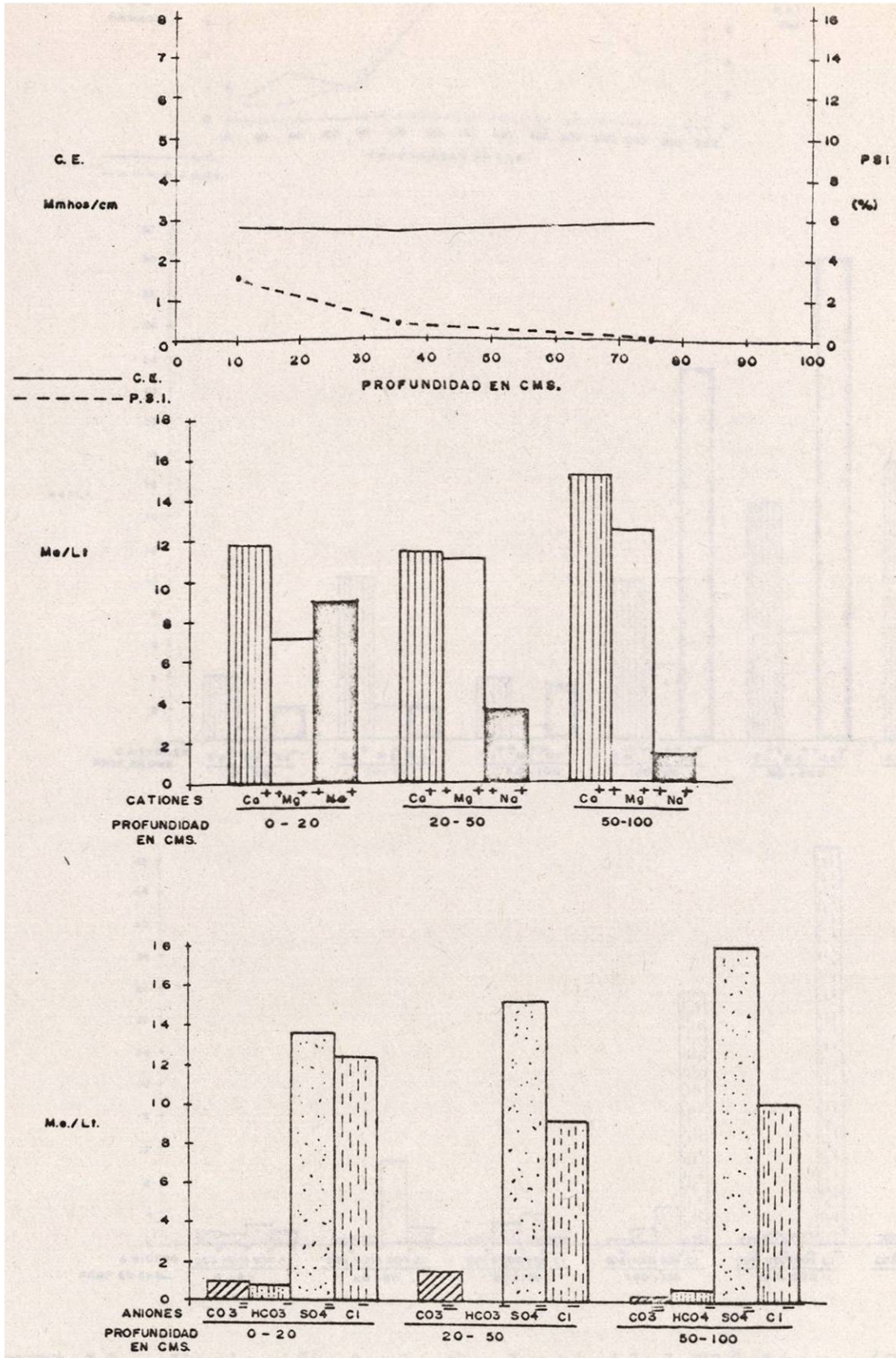


FIGURA 11.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 3.

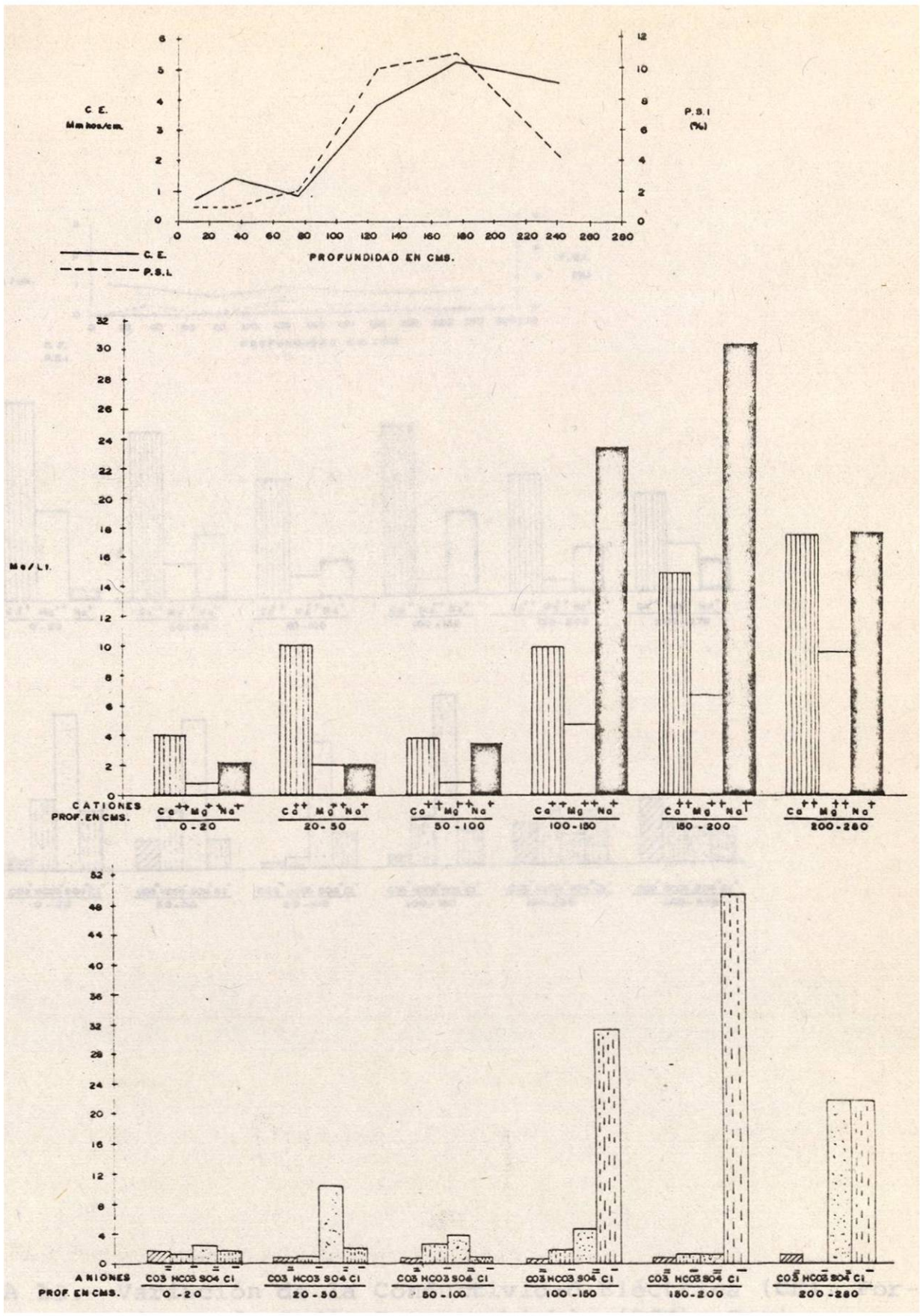


FIGURA 12.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 4.

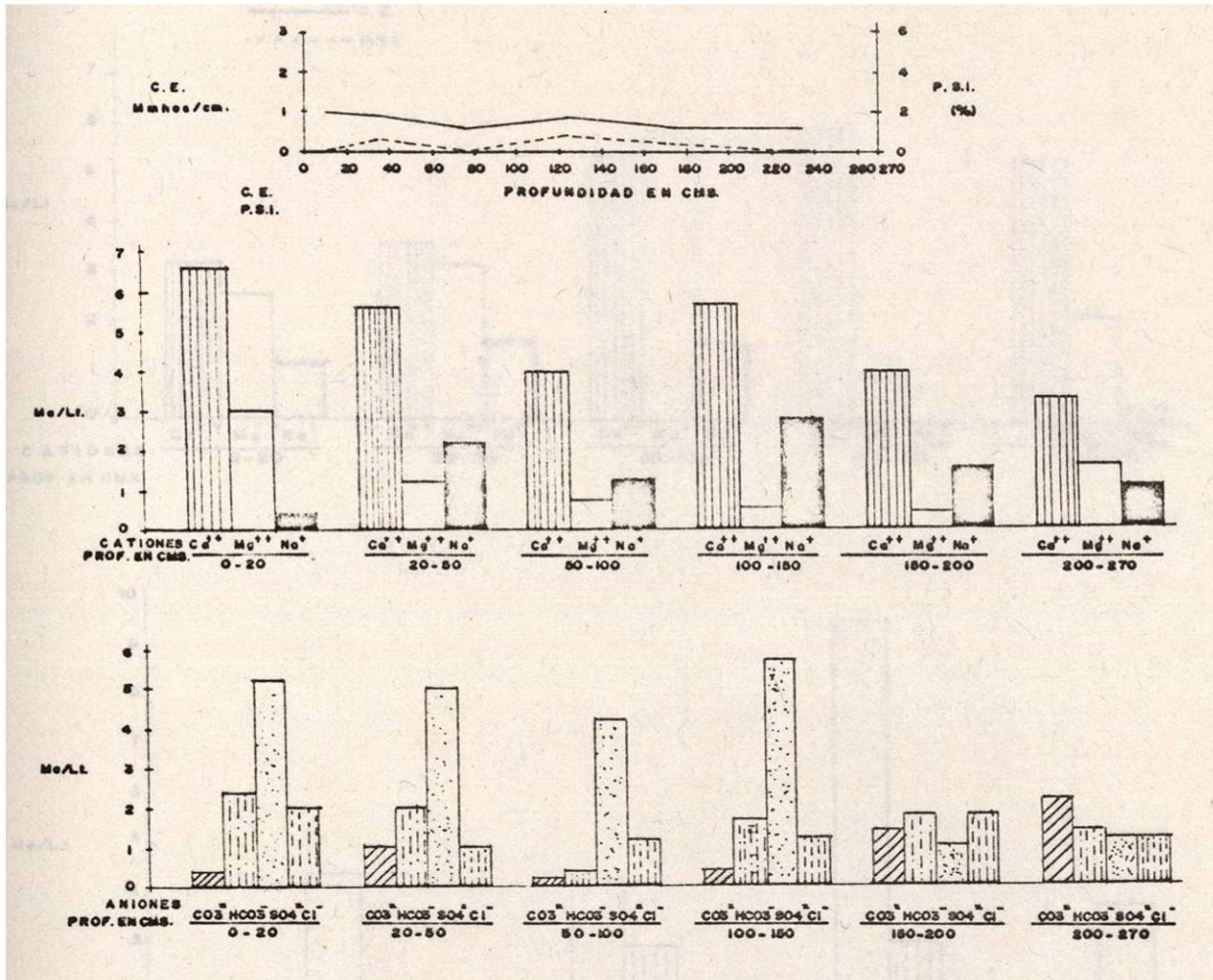


FIGURA 13.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 5.

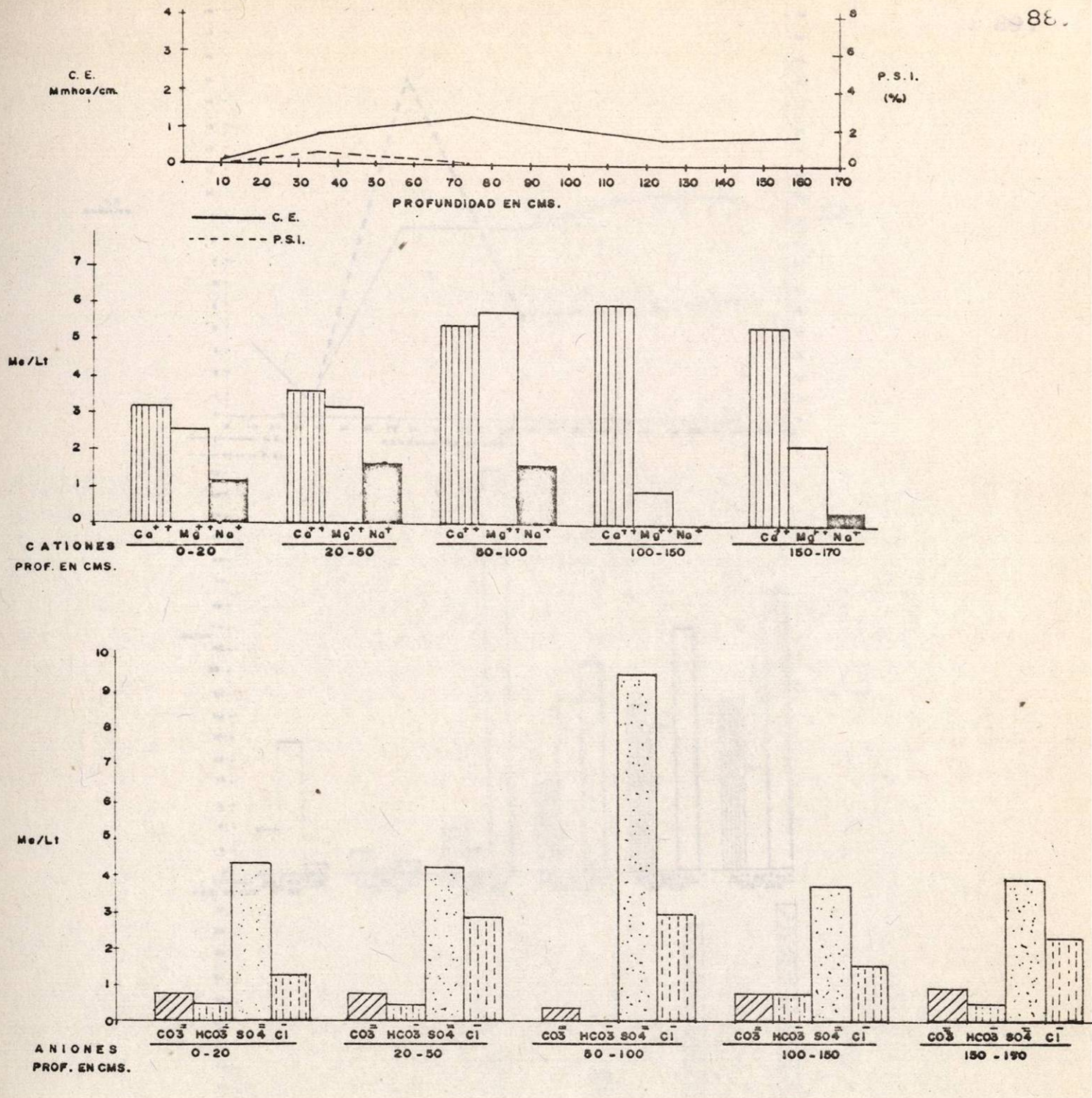


FIGURA 14.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 6.

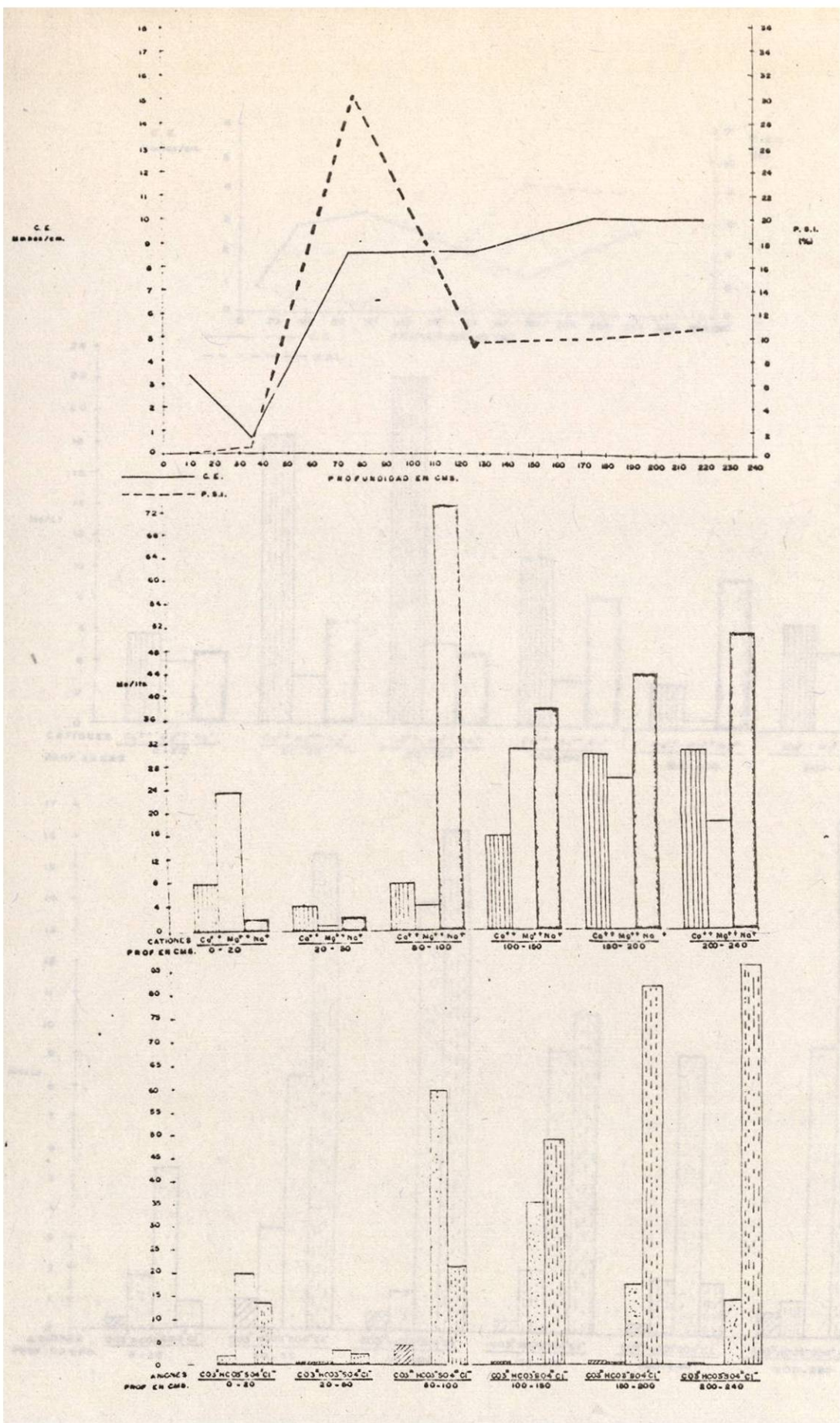


FIGURA 15.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 7.

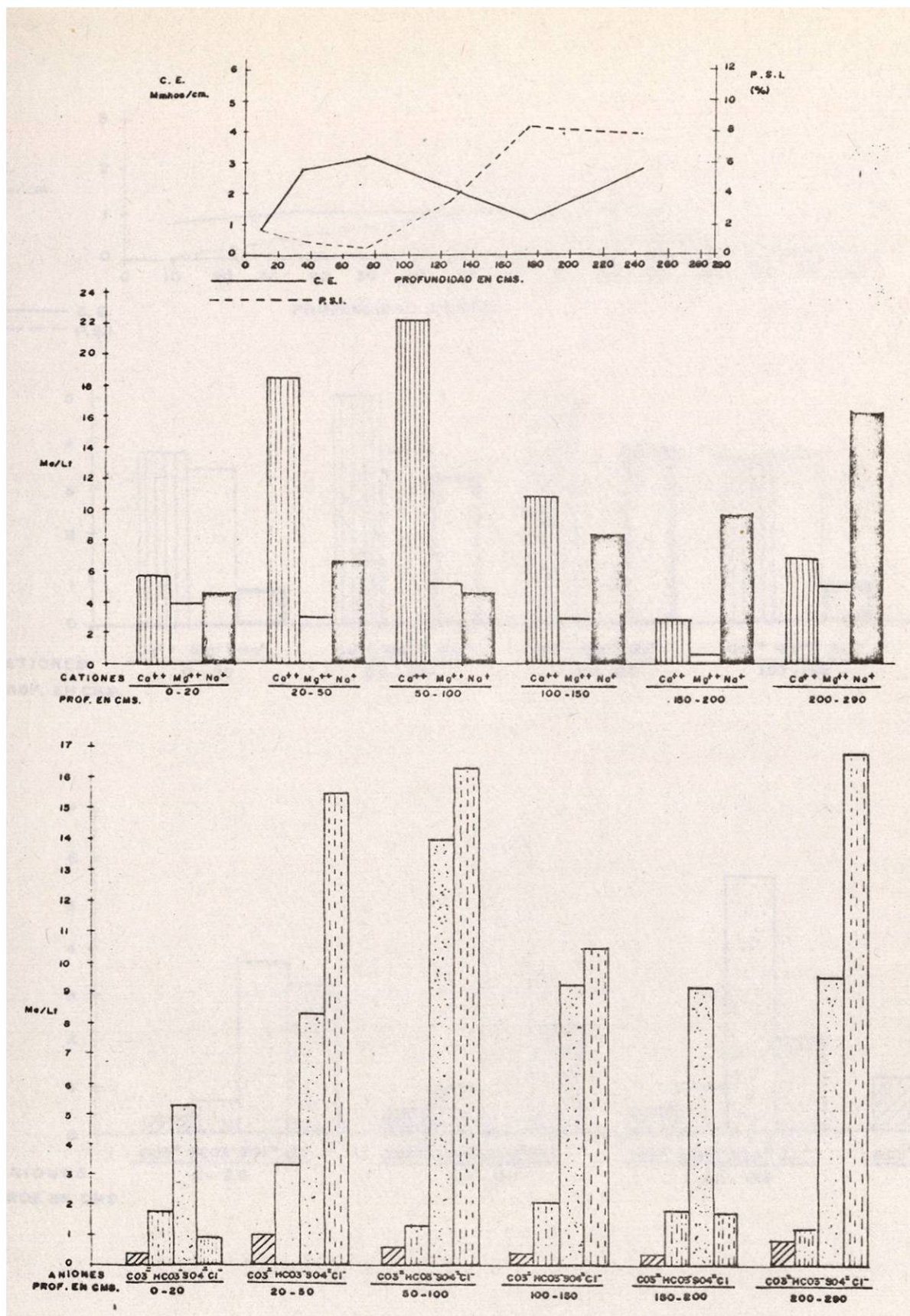


FIGURA 16.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 8.

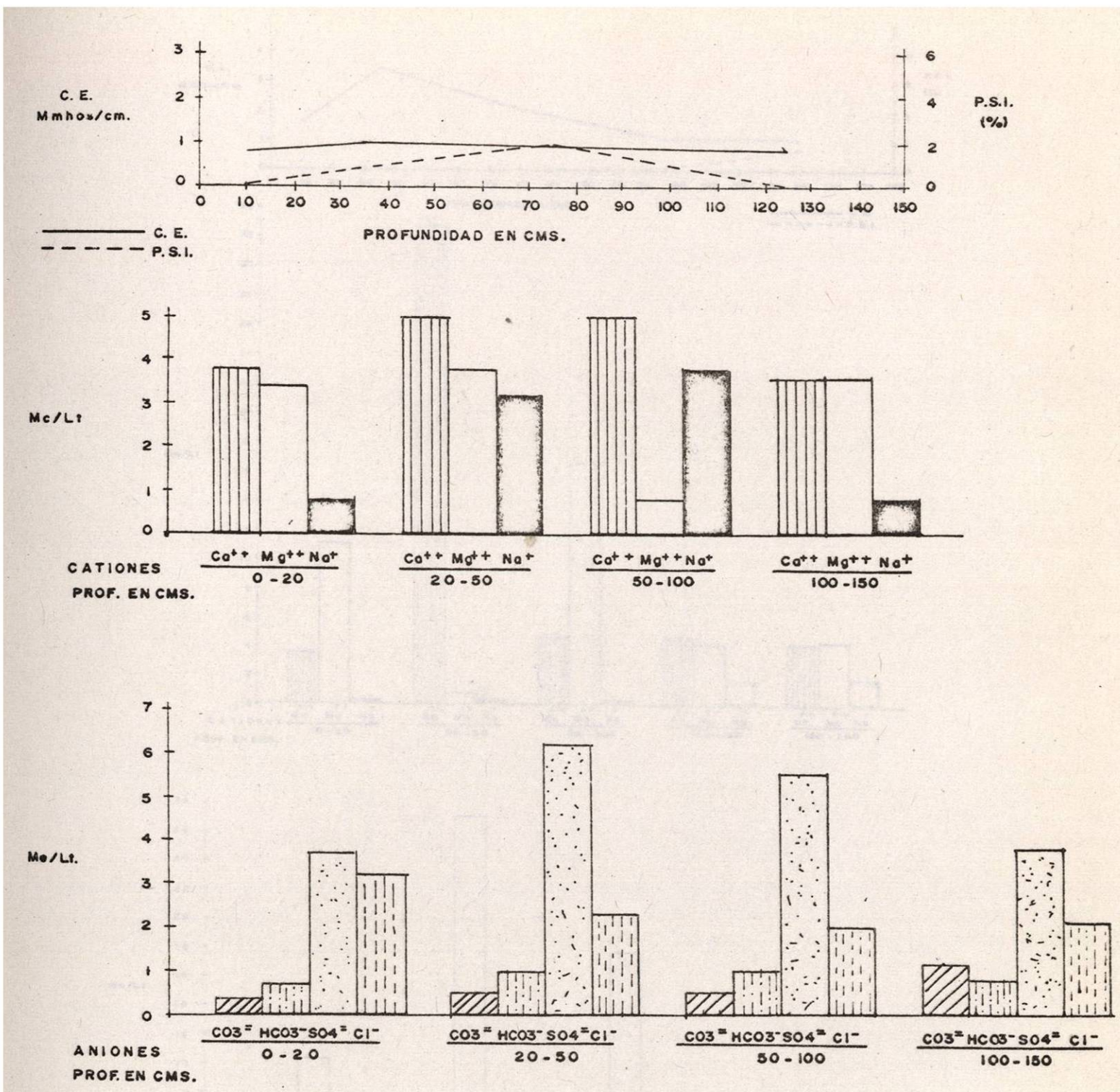


FIGURA 17.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 9.

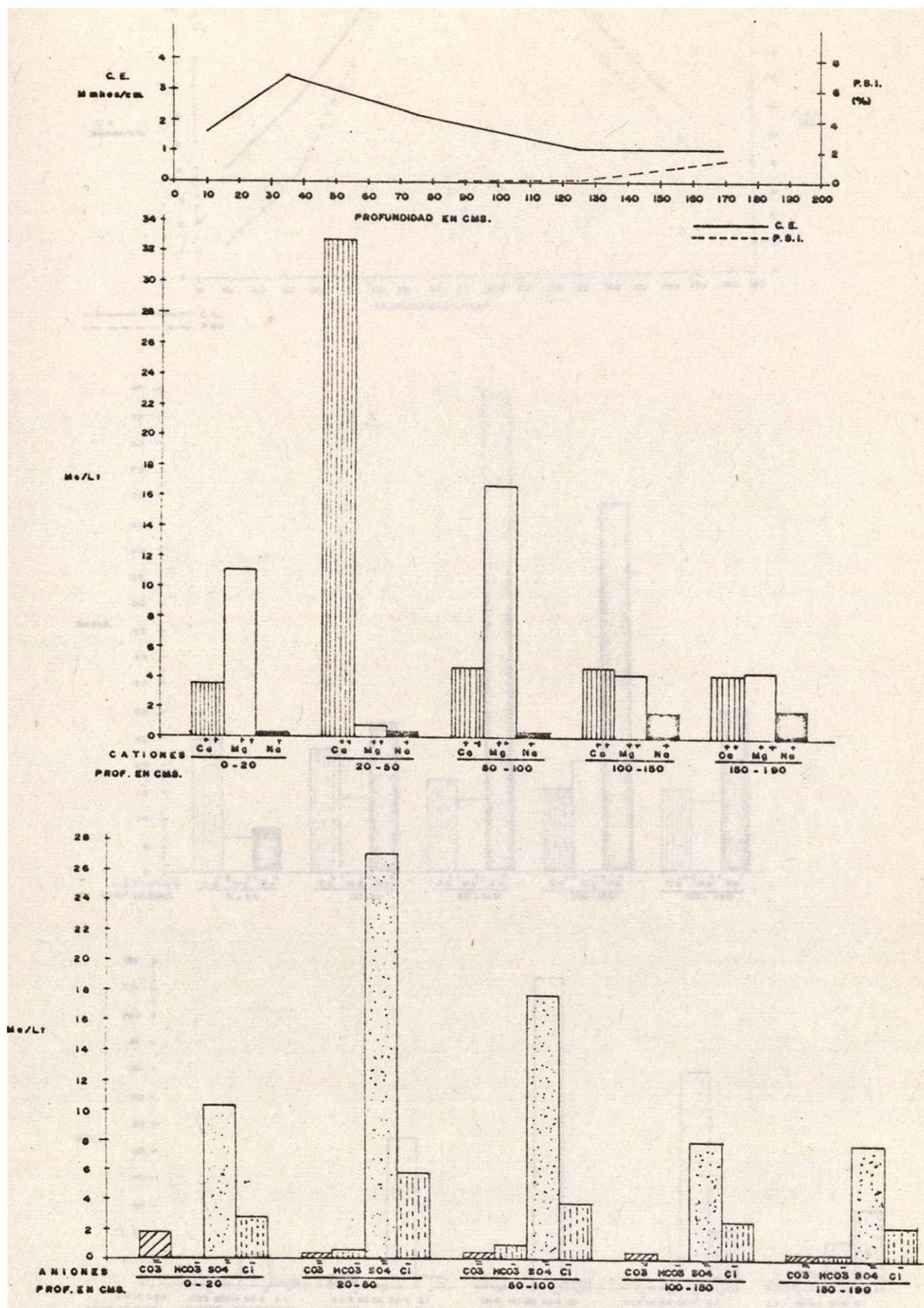


FIGURA 18.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE) Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 10.

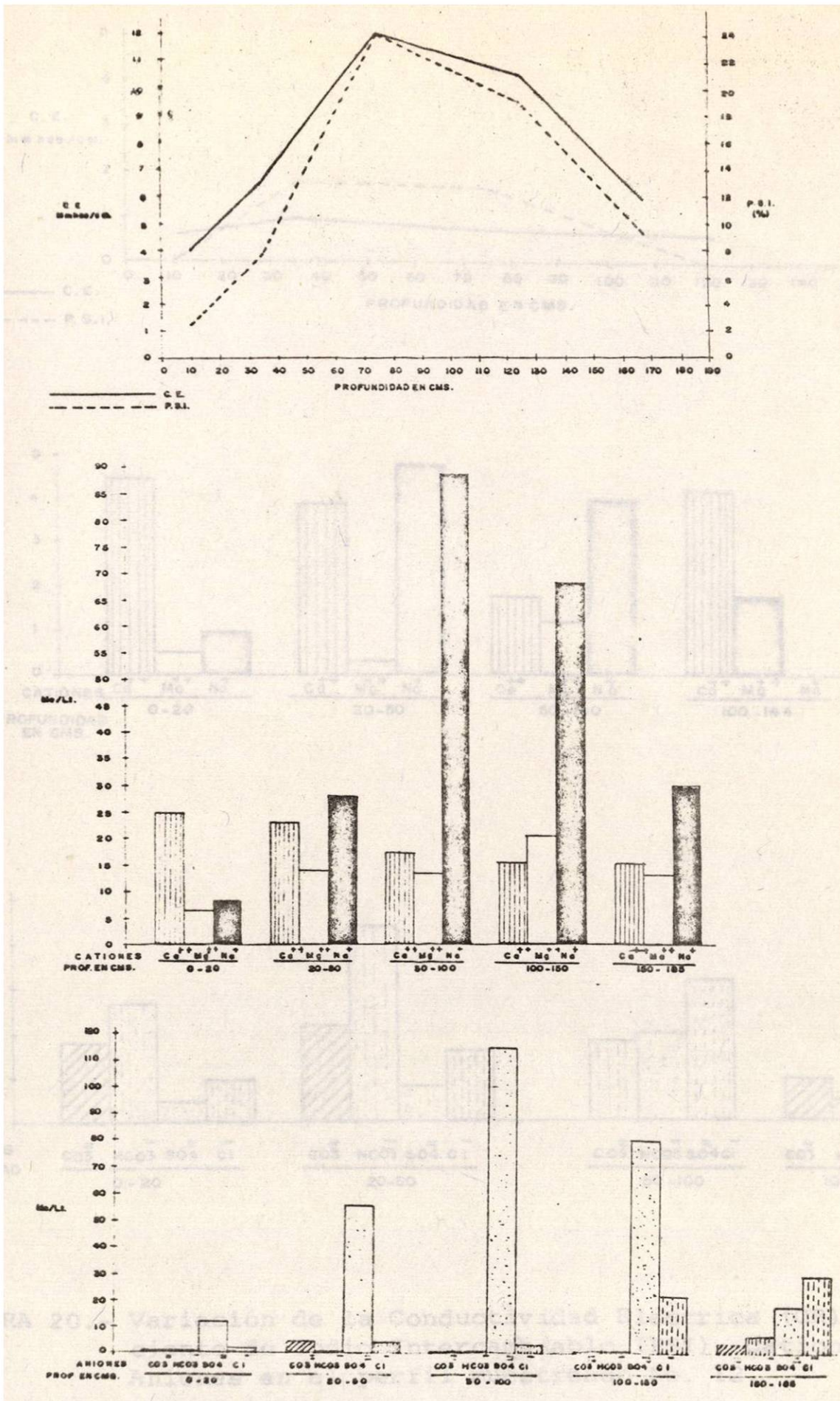


FIGURA 19.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 11.

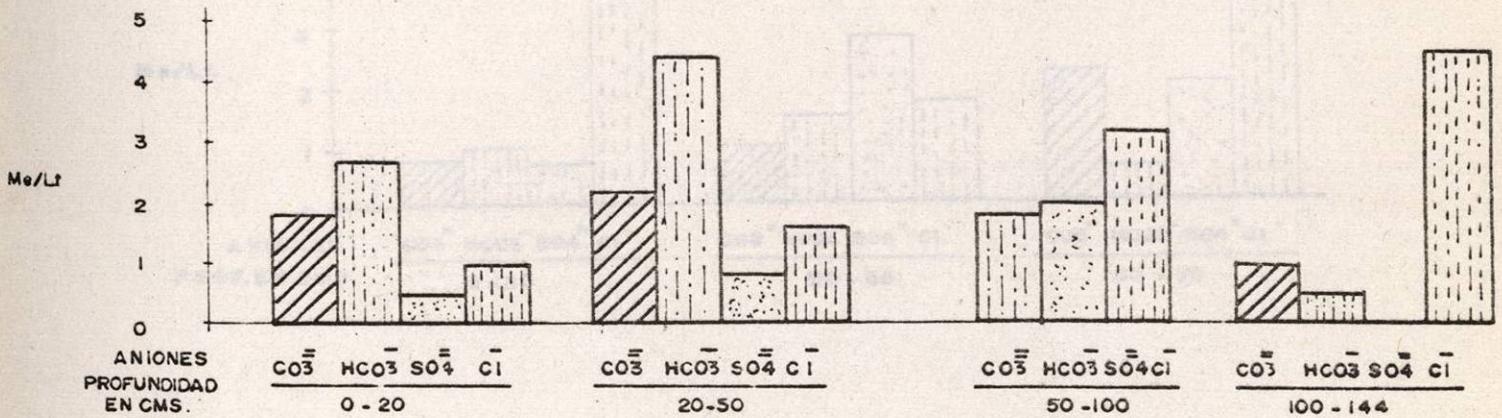
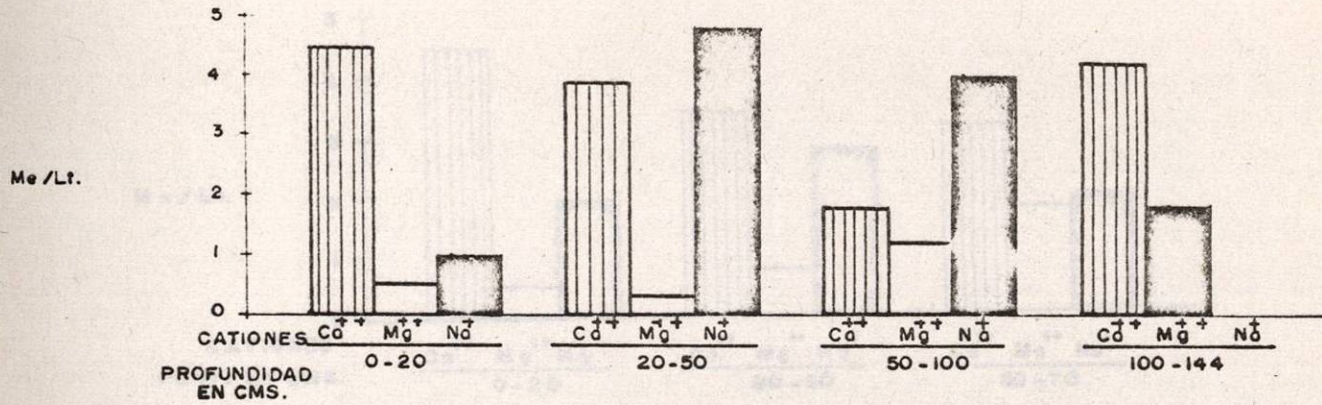
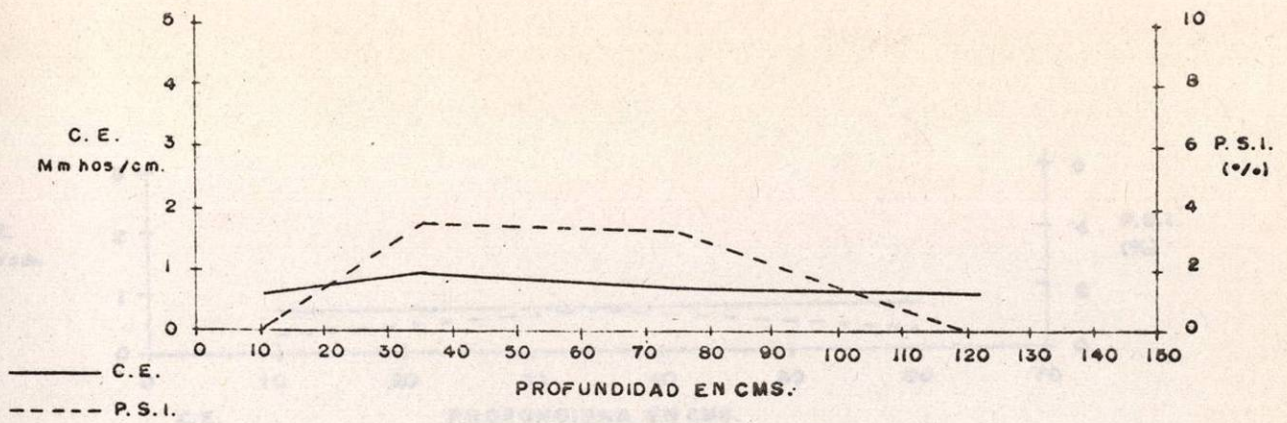


FIGURA 20.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 12.

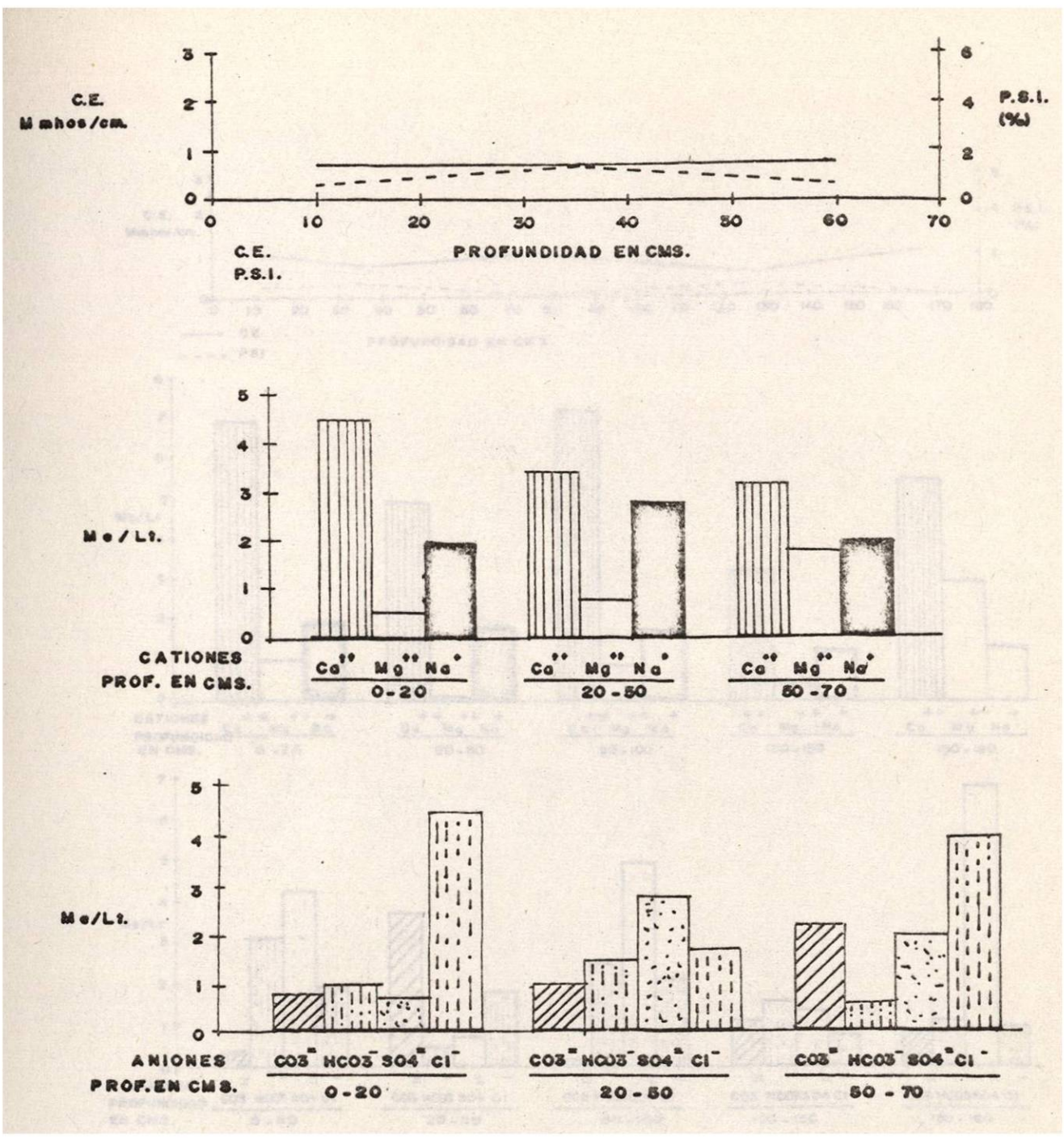


FIGURA 21.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 13.

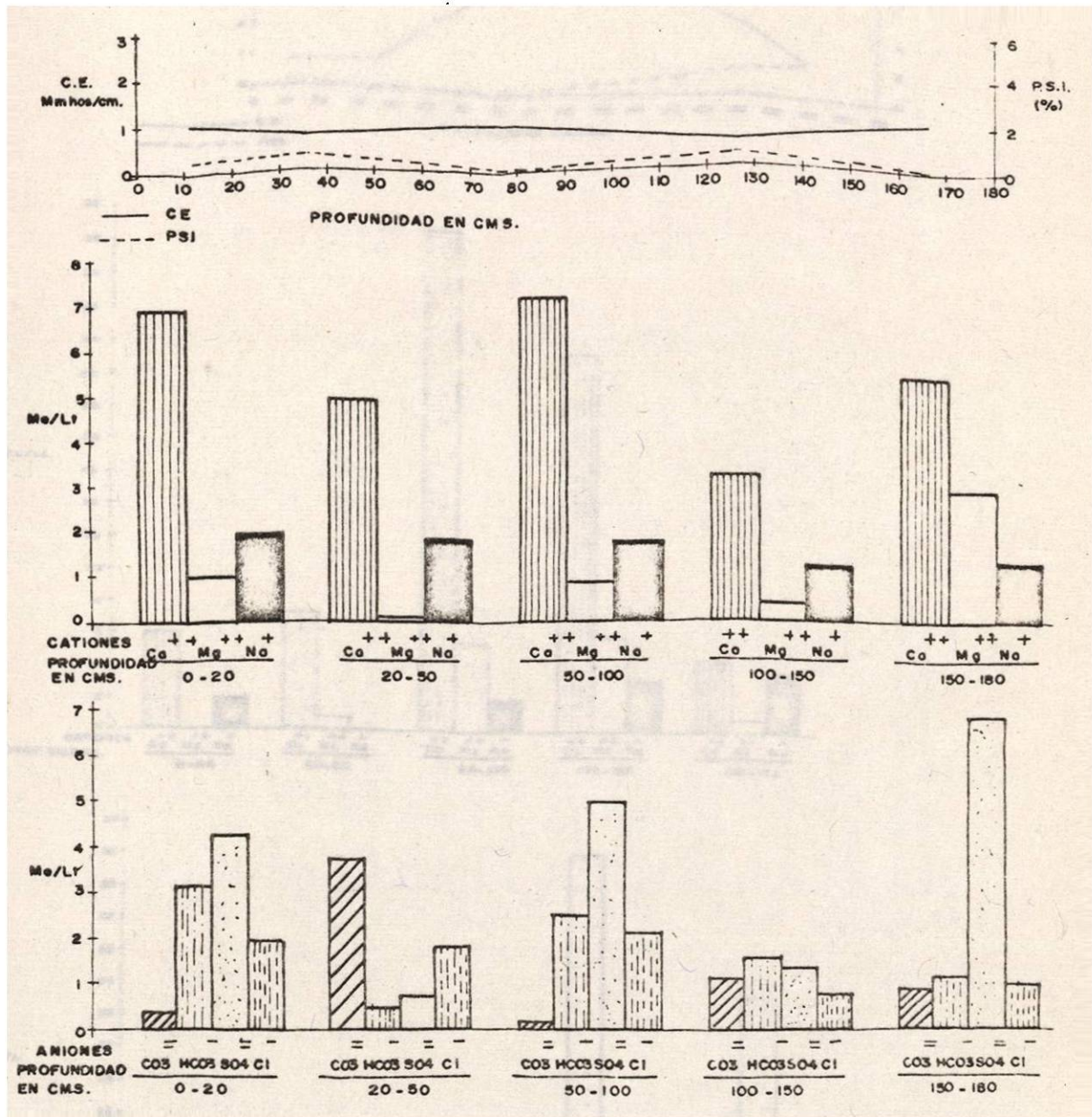


FIGURA 22.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 14.

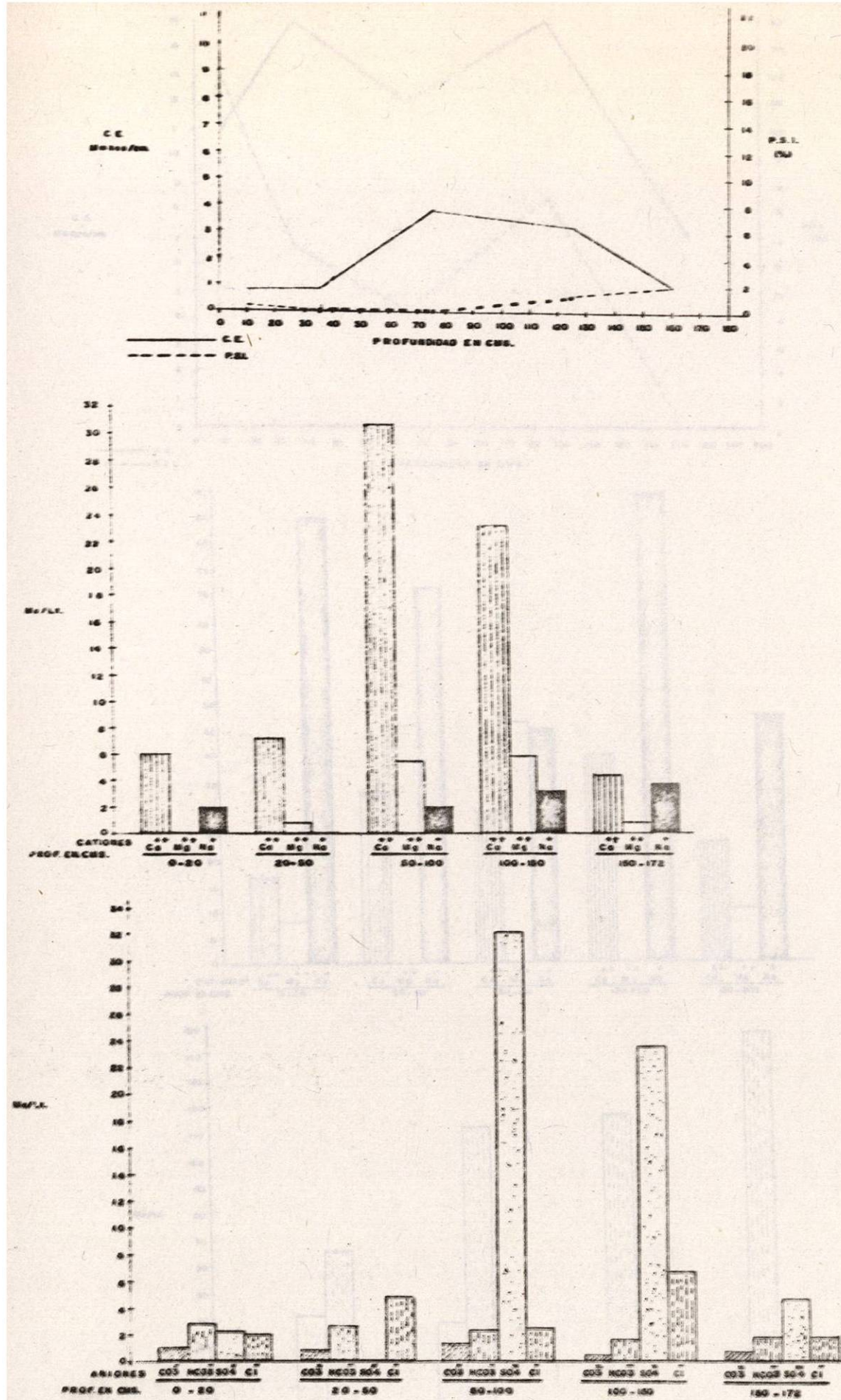


FIGURA 23.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 15.

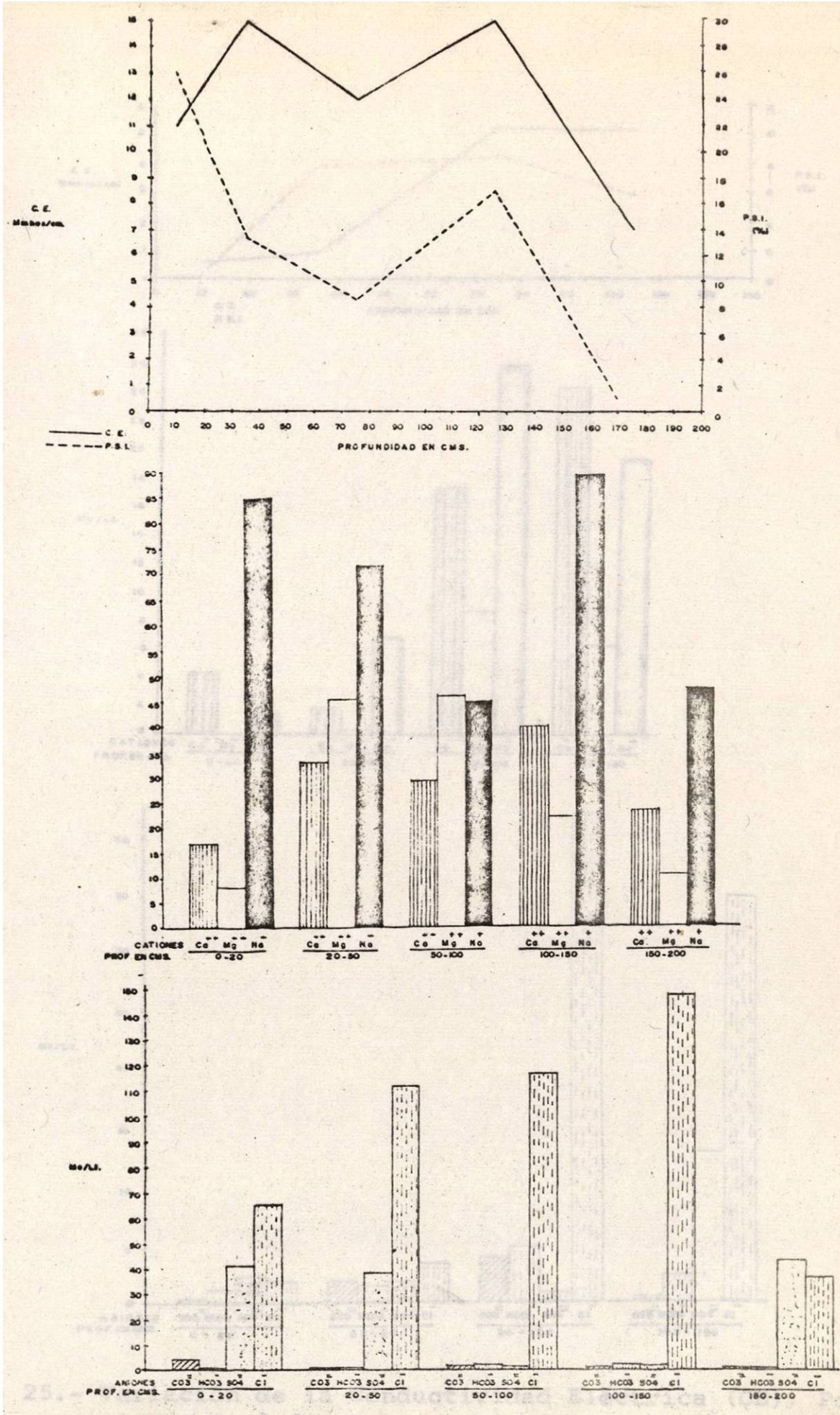


FIGURA 24.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil, muestra...

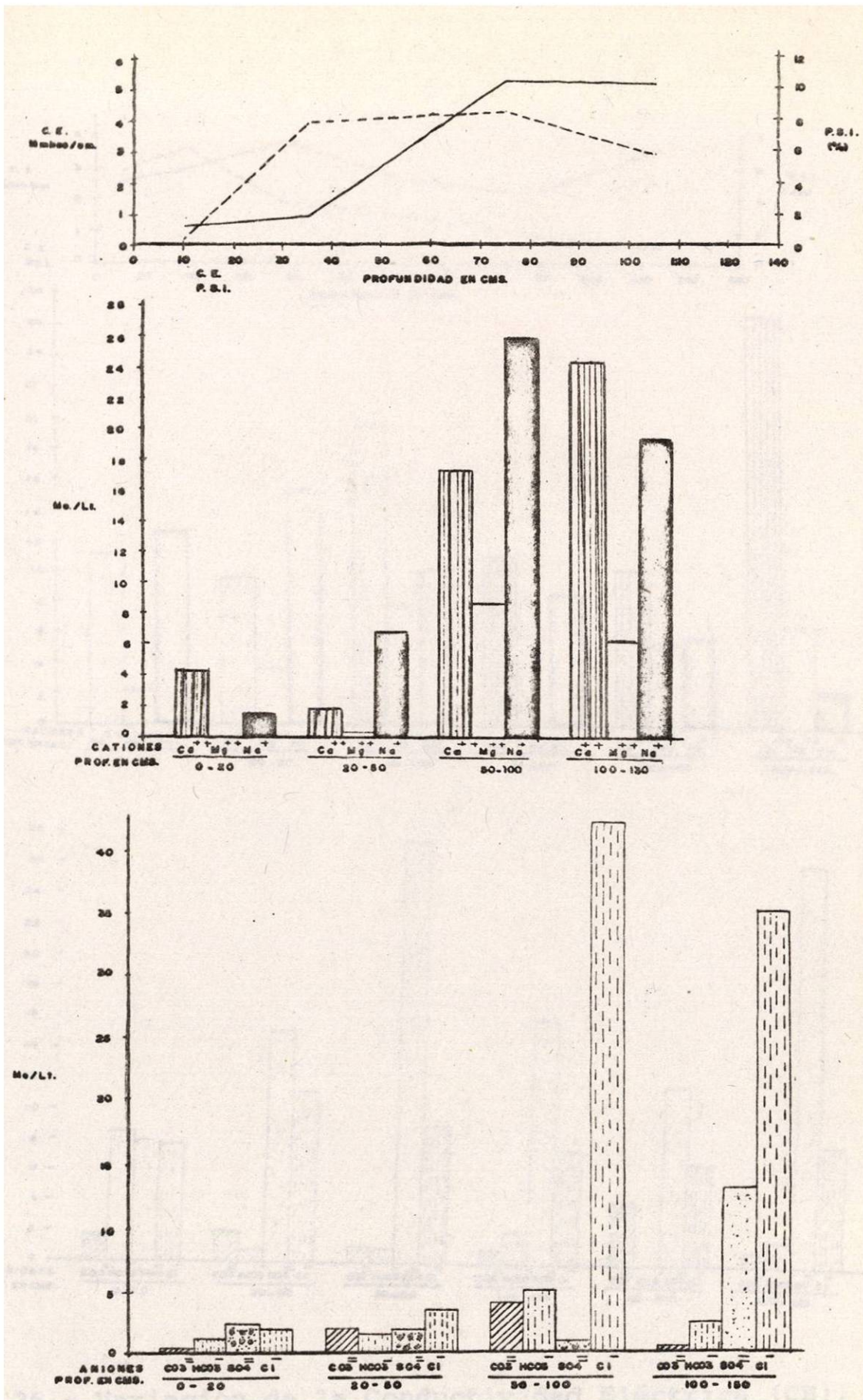


FIGURA 25.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 17.

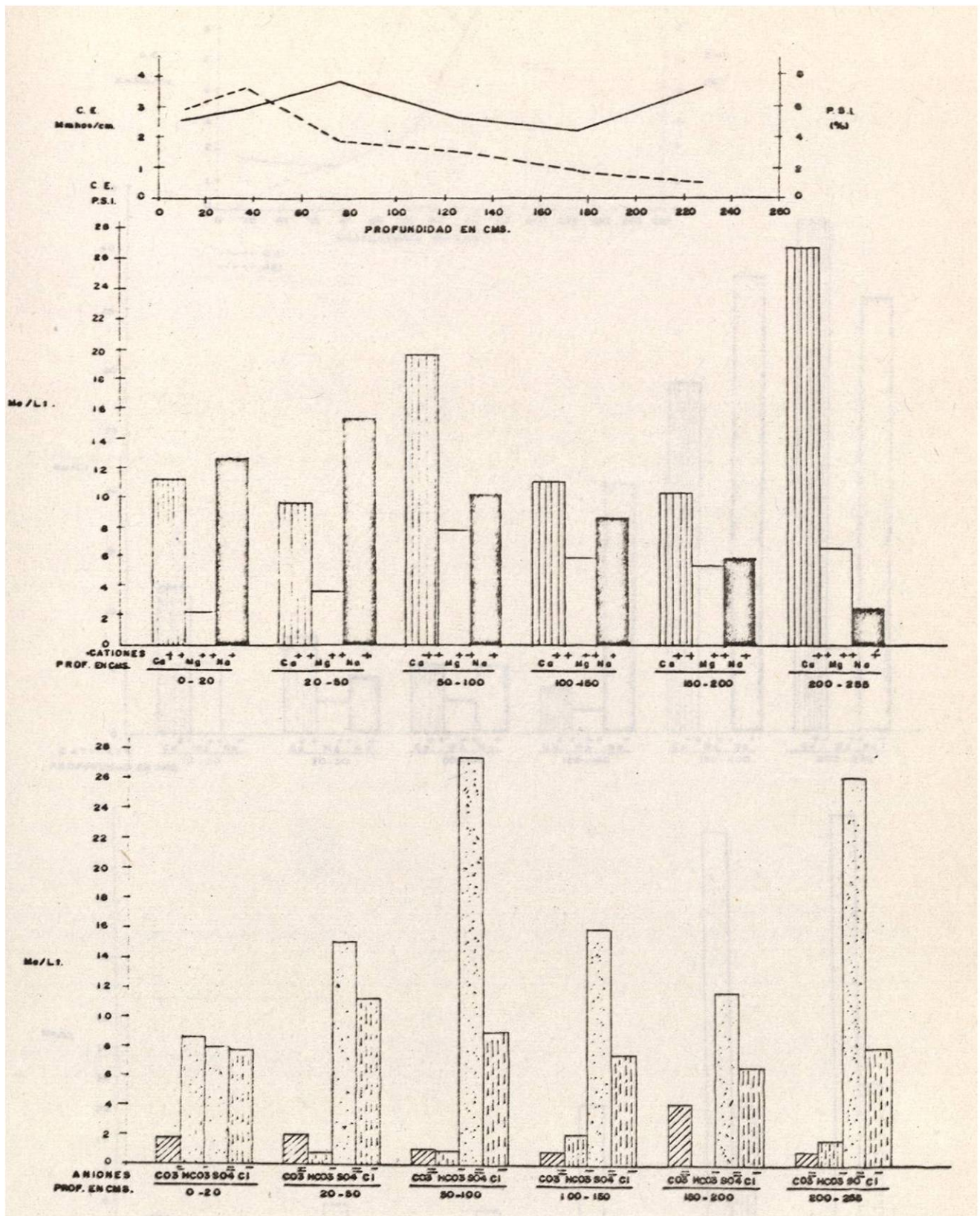


FIGURA 26.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 18.

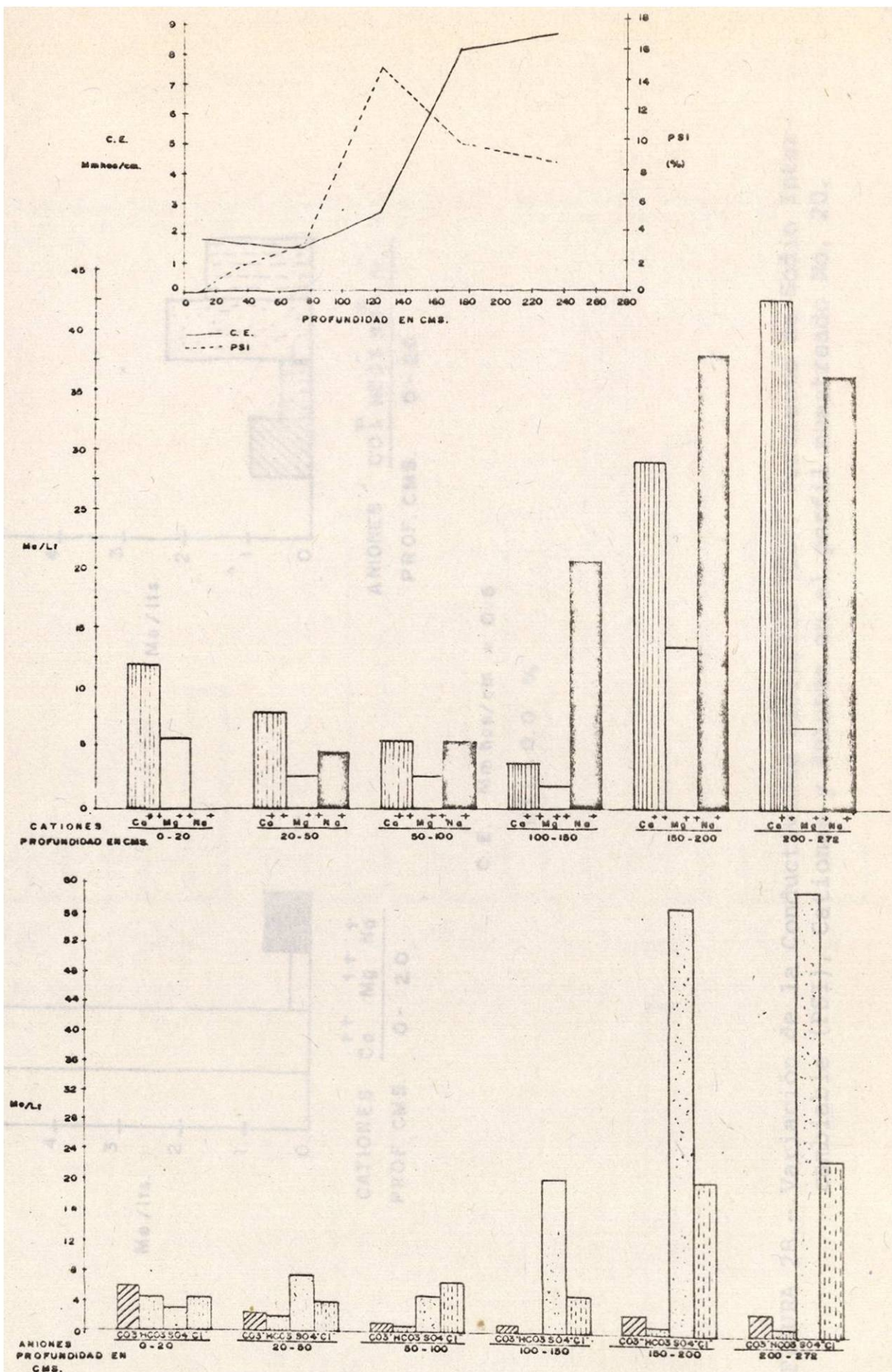


FIGURA 27.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 19.

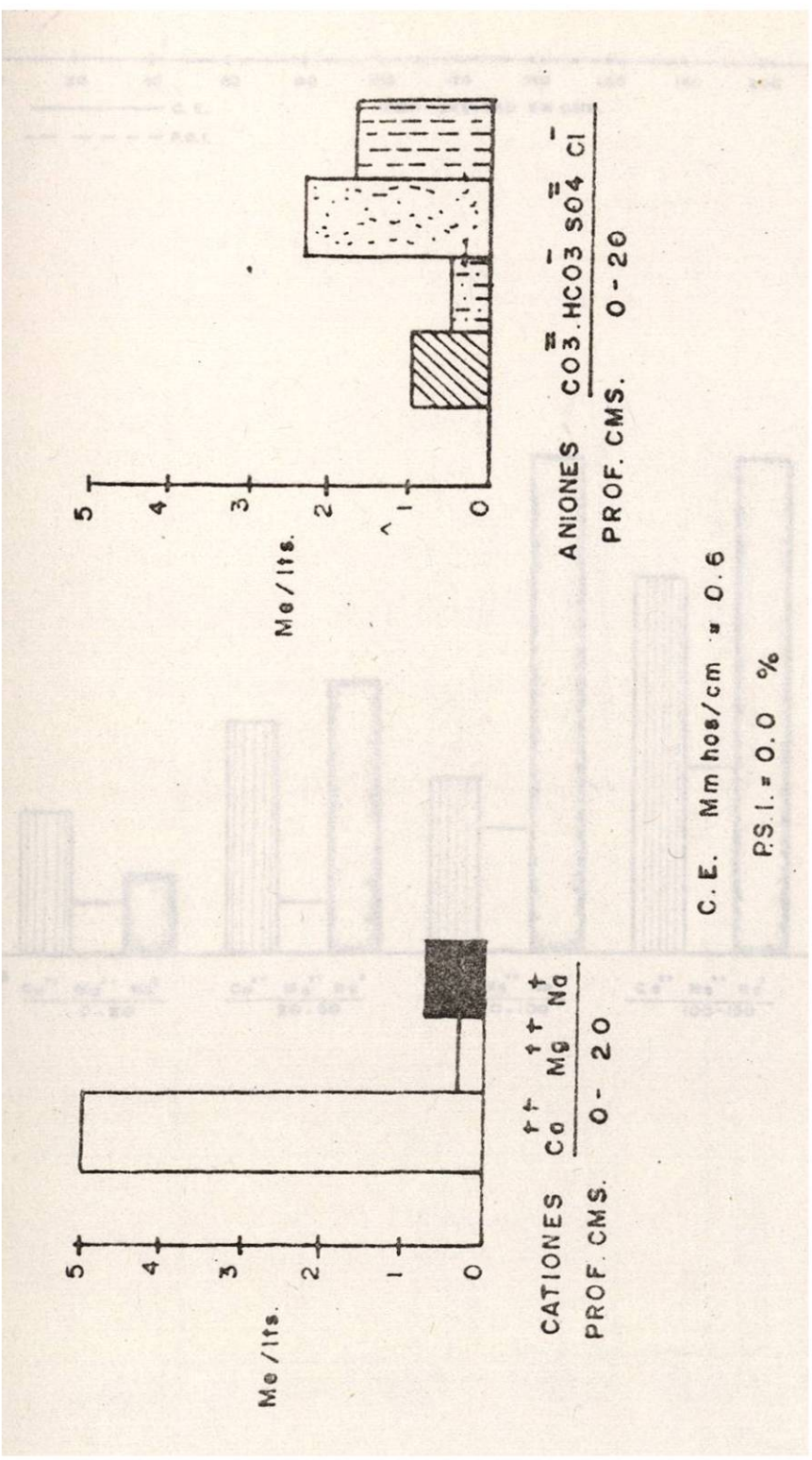


FIGURA 28.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Inter-cambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 20.

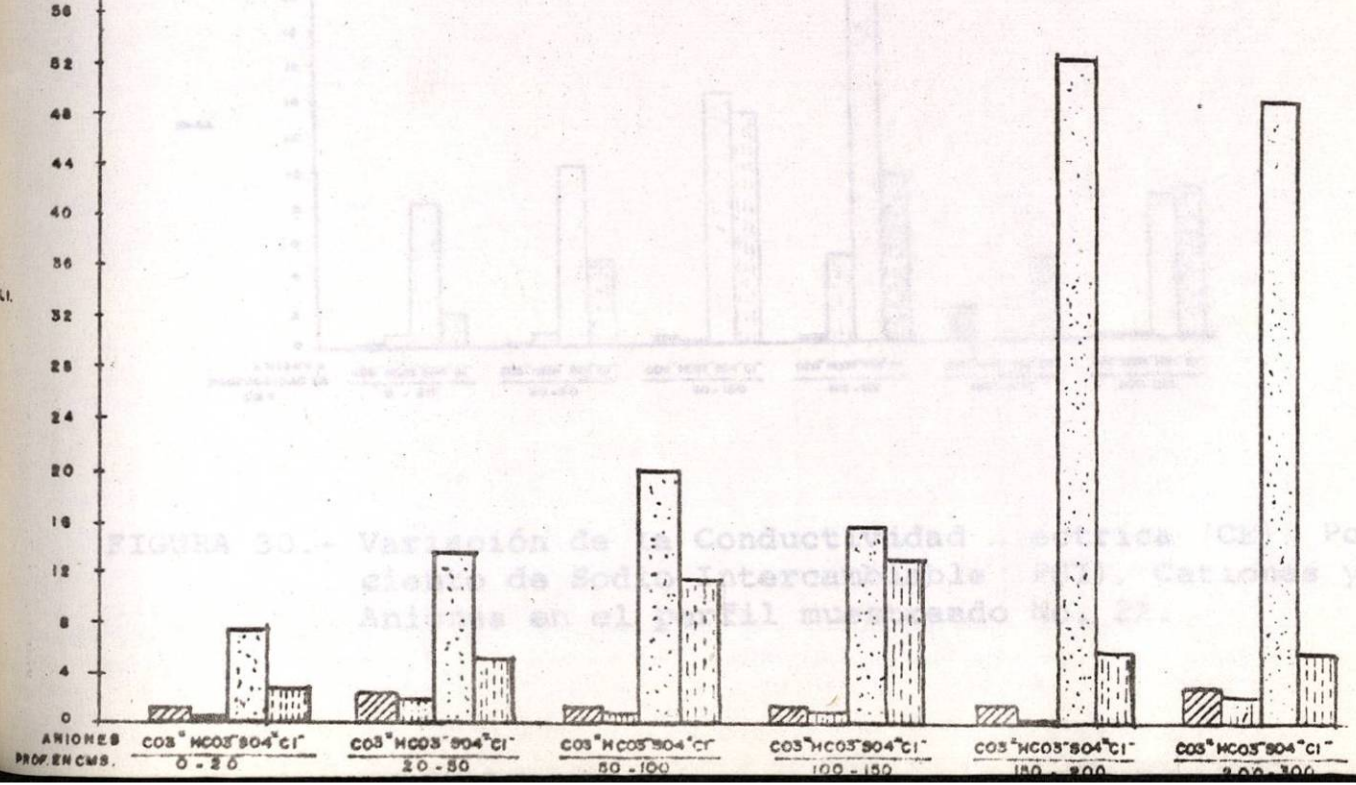
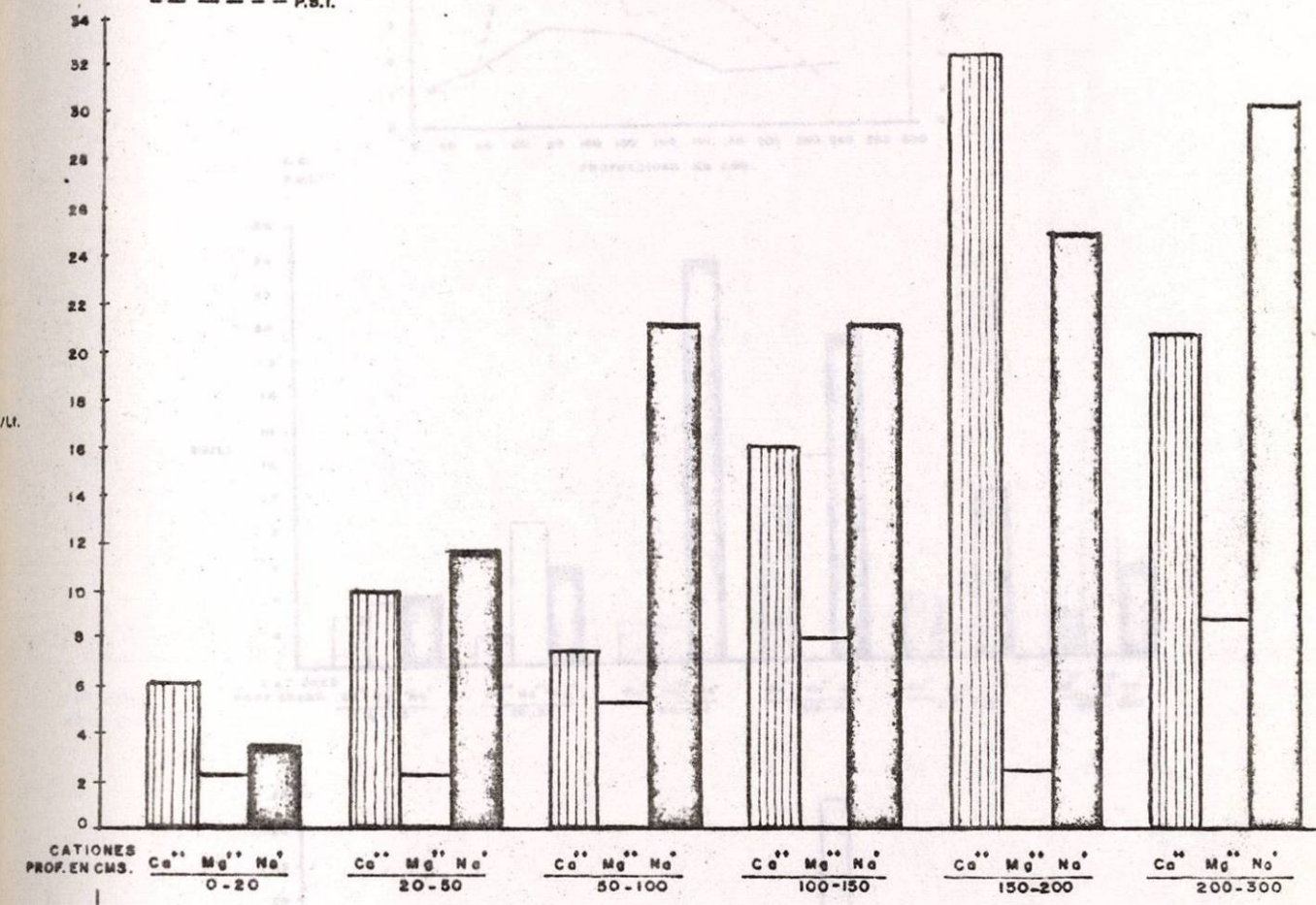
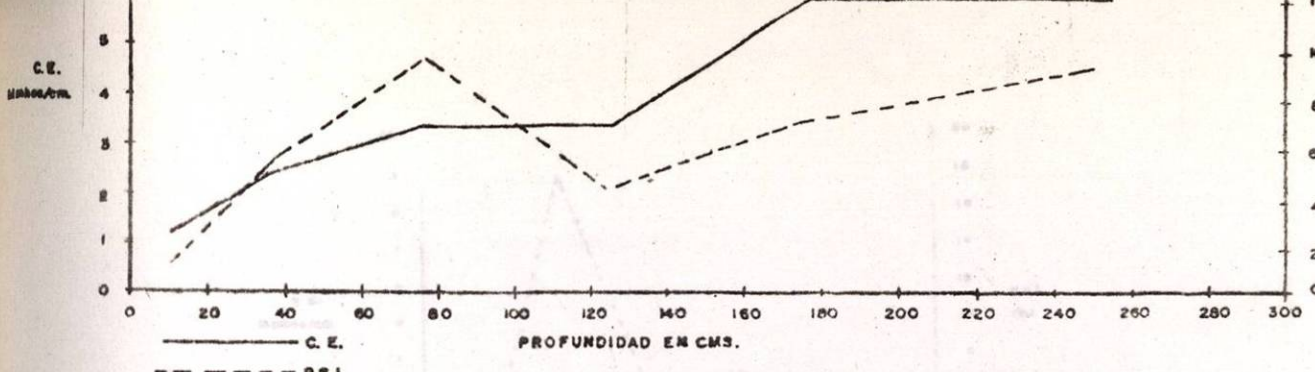


FIGURA 29.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 21.

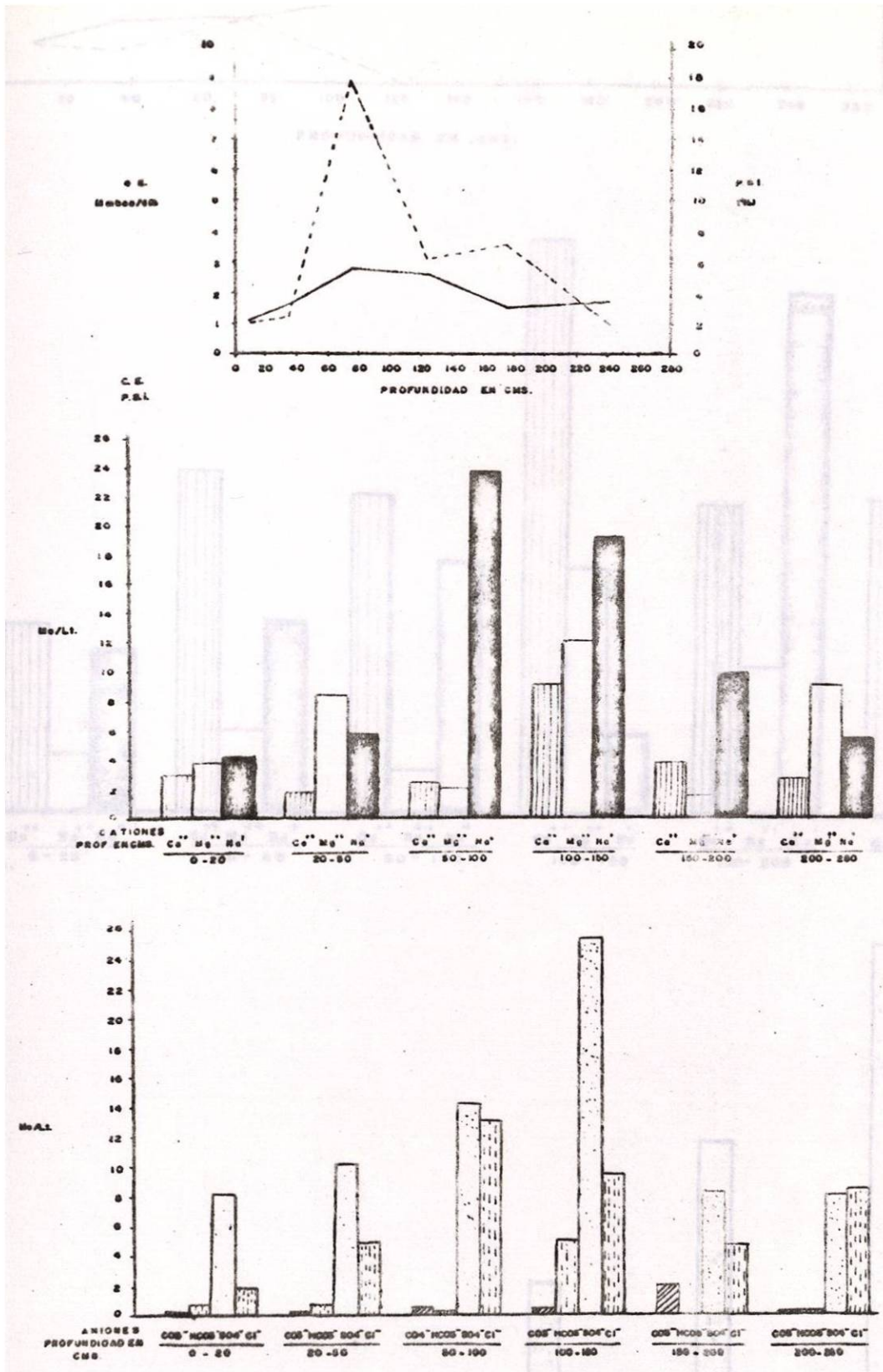


FIGURA 30.- Variación de la Conductividad ectrica (C.E) Por-
 ciento de Sodio Intercambiable (P.S.I), Cationes y
 Aniones en el perfil muestreado No. 22.

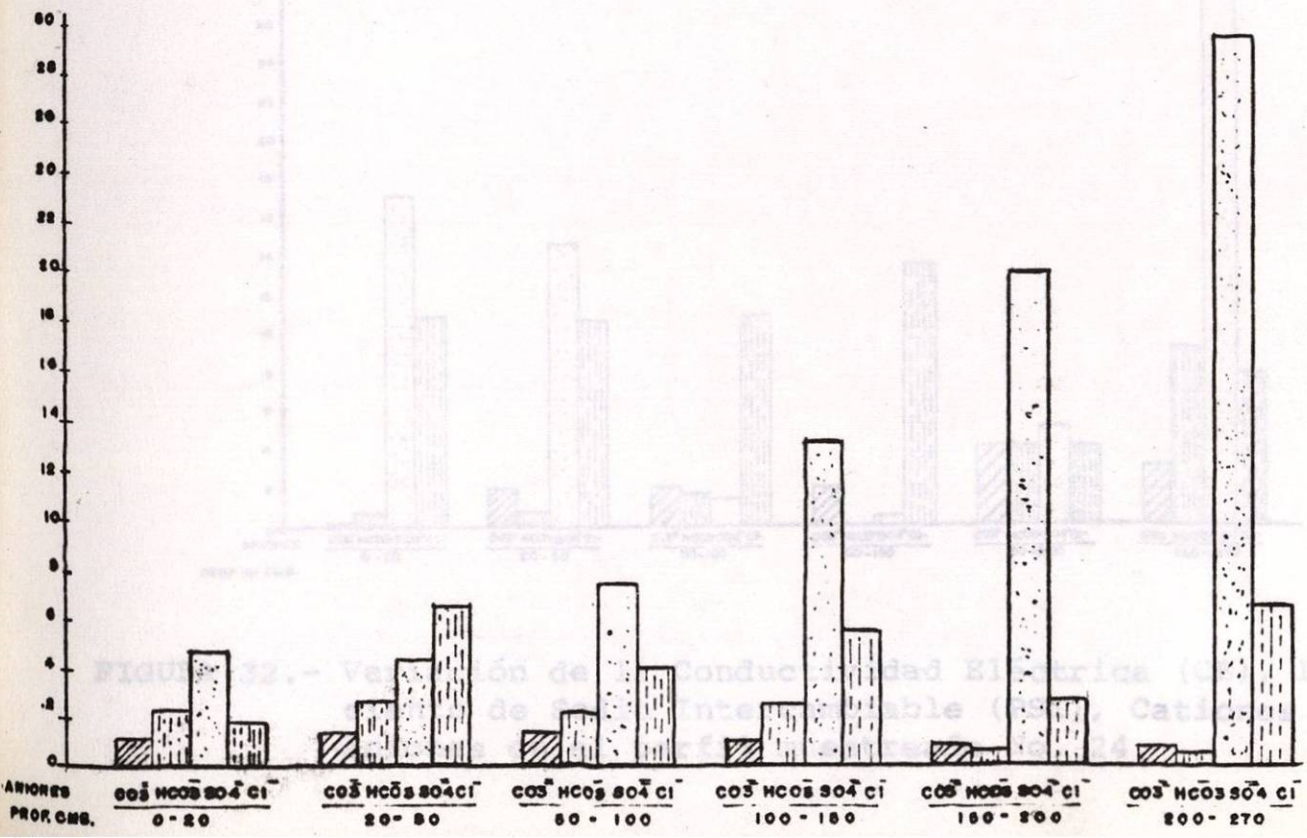
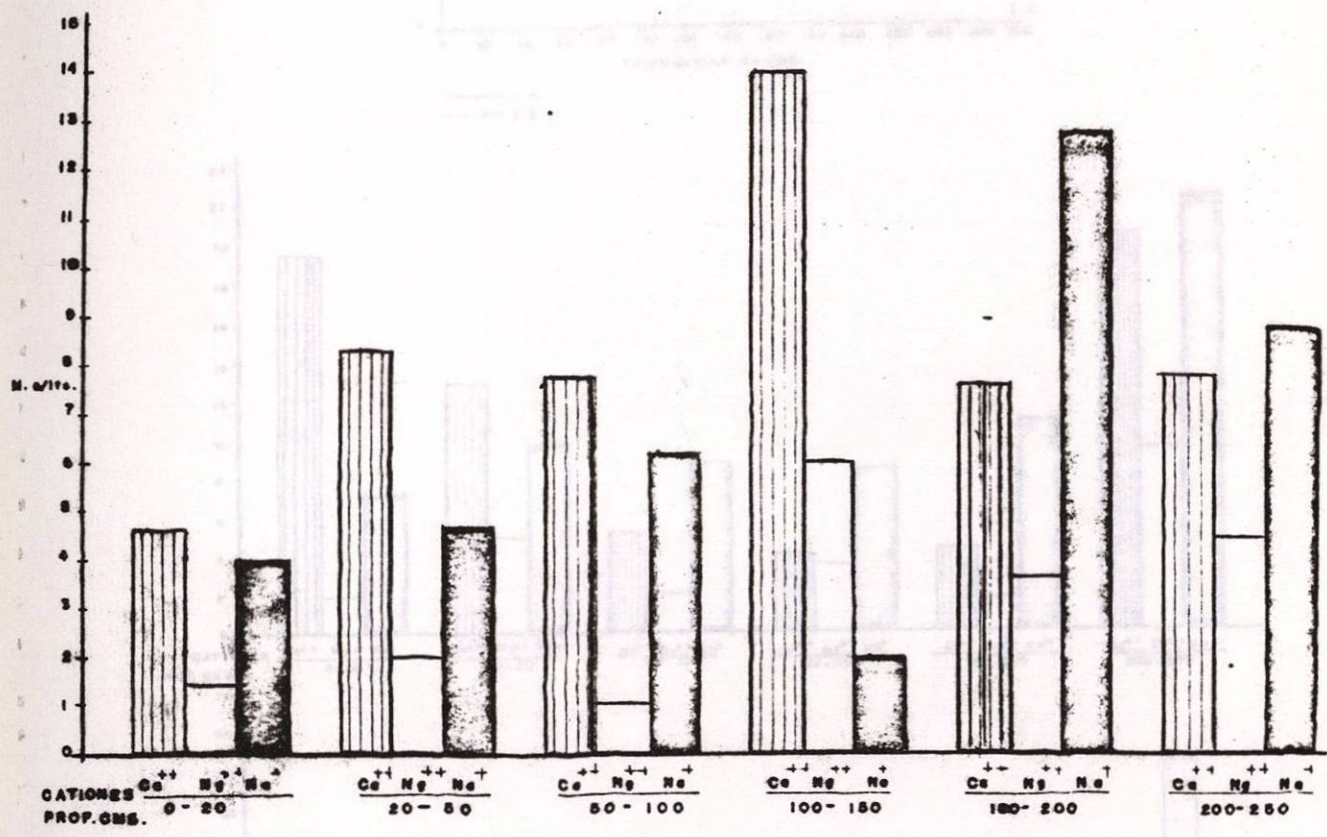
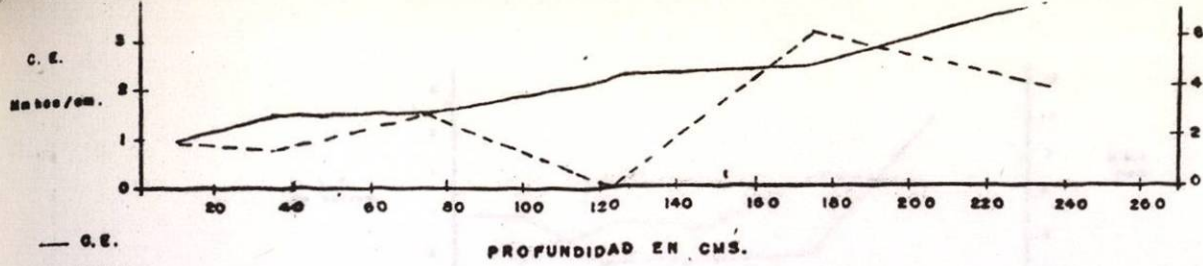


FIGURA 31.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado.

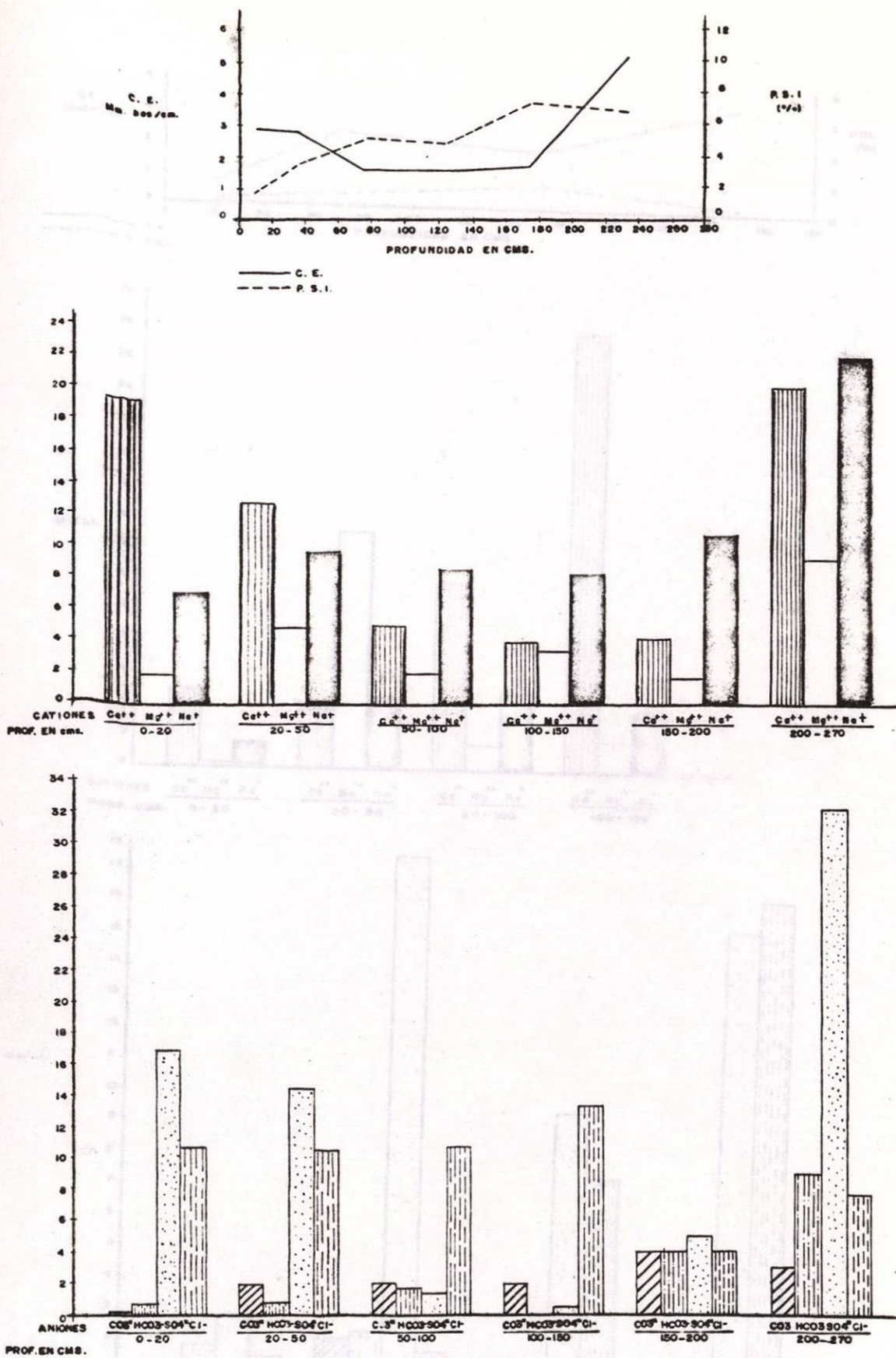


FIGURA 32.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 24.

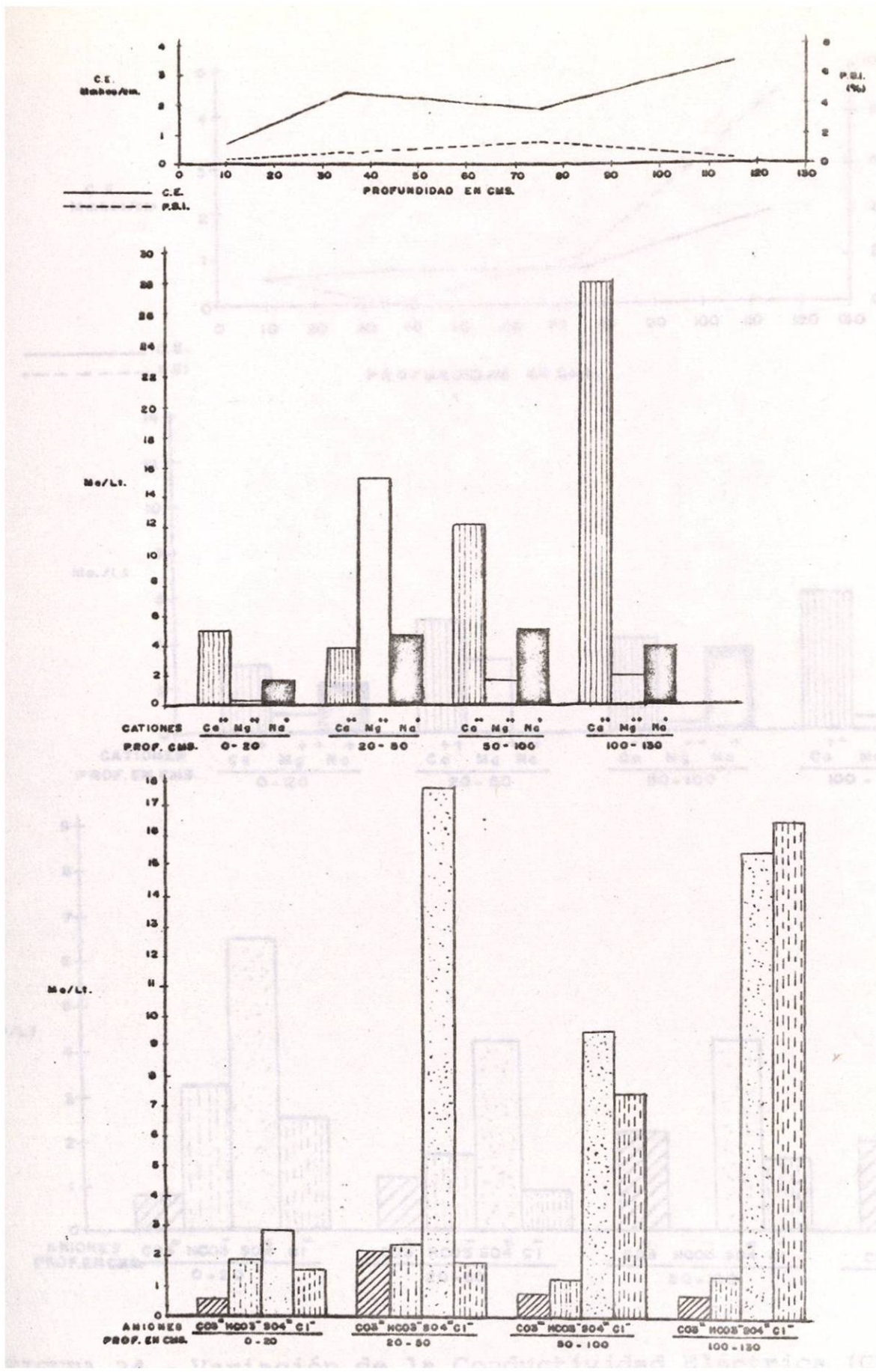


FIGURA 33.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (P.S.I.), Cationes y Aniones en el perfil muestreado en el punto 25.

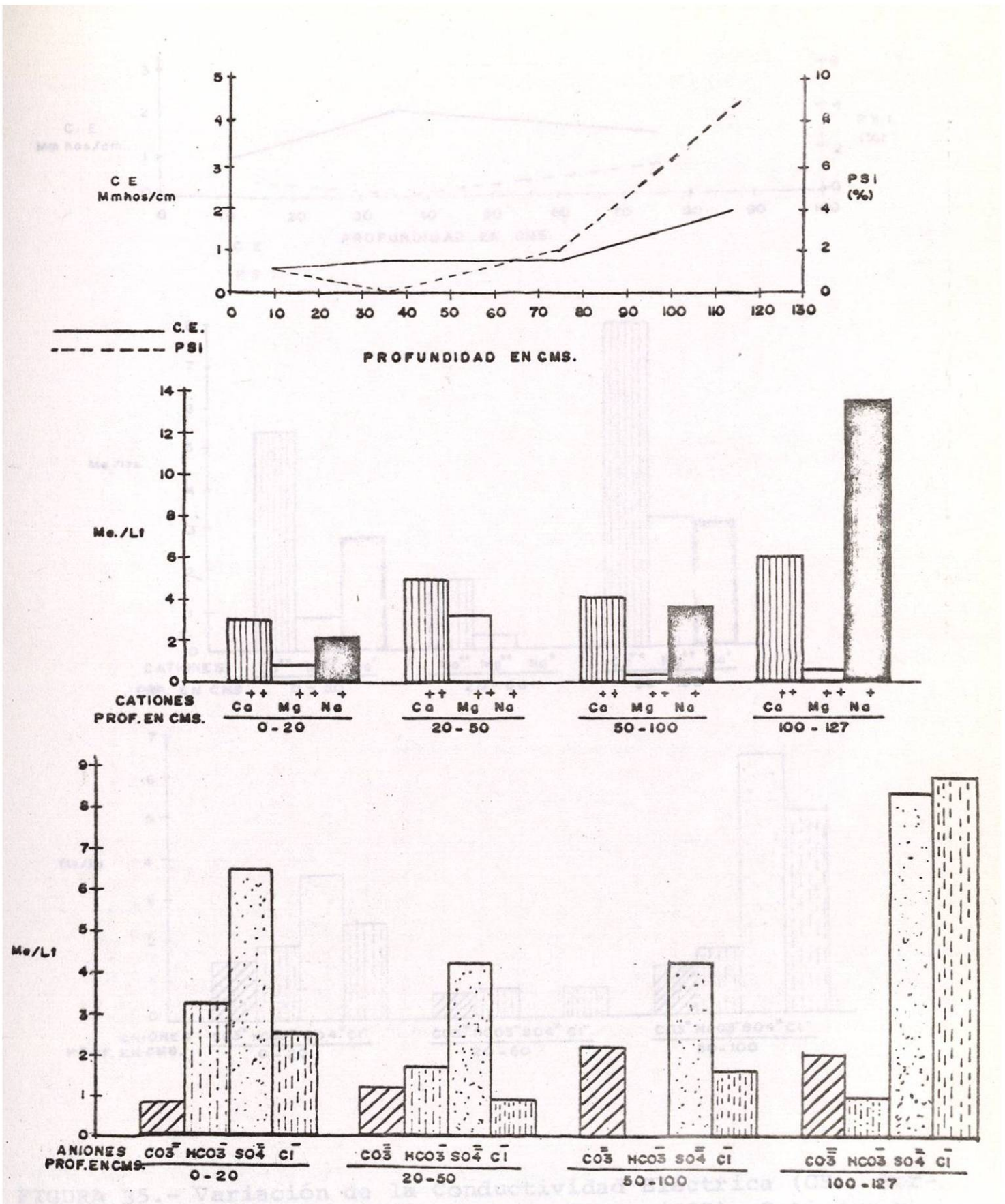


FIGURA 34.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 26.

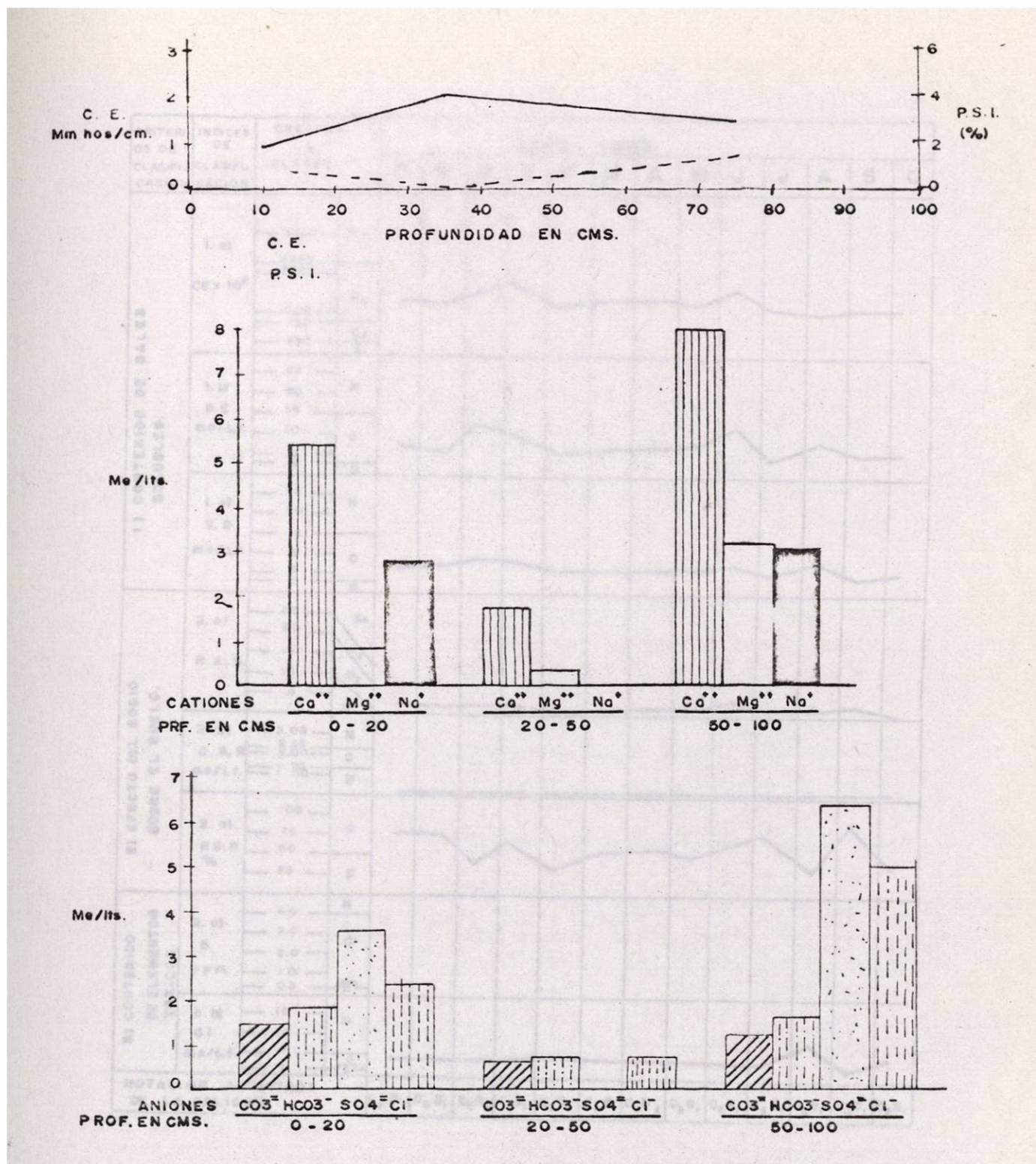


FIGURA 35.- Variación de la Conductividad Eléctrica (CE), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), Cationes y Aniones en el perfil muestreado No. 27.

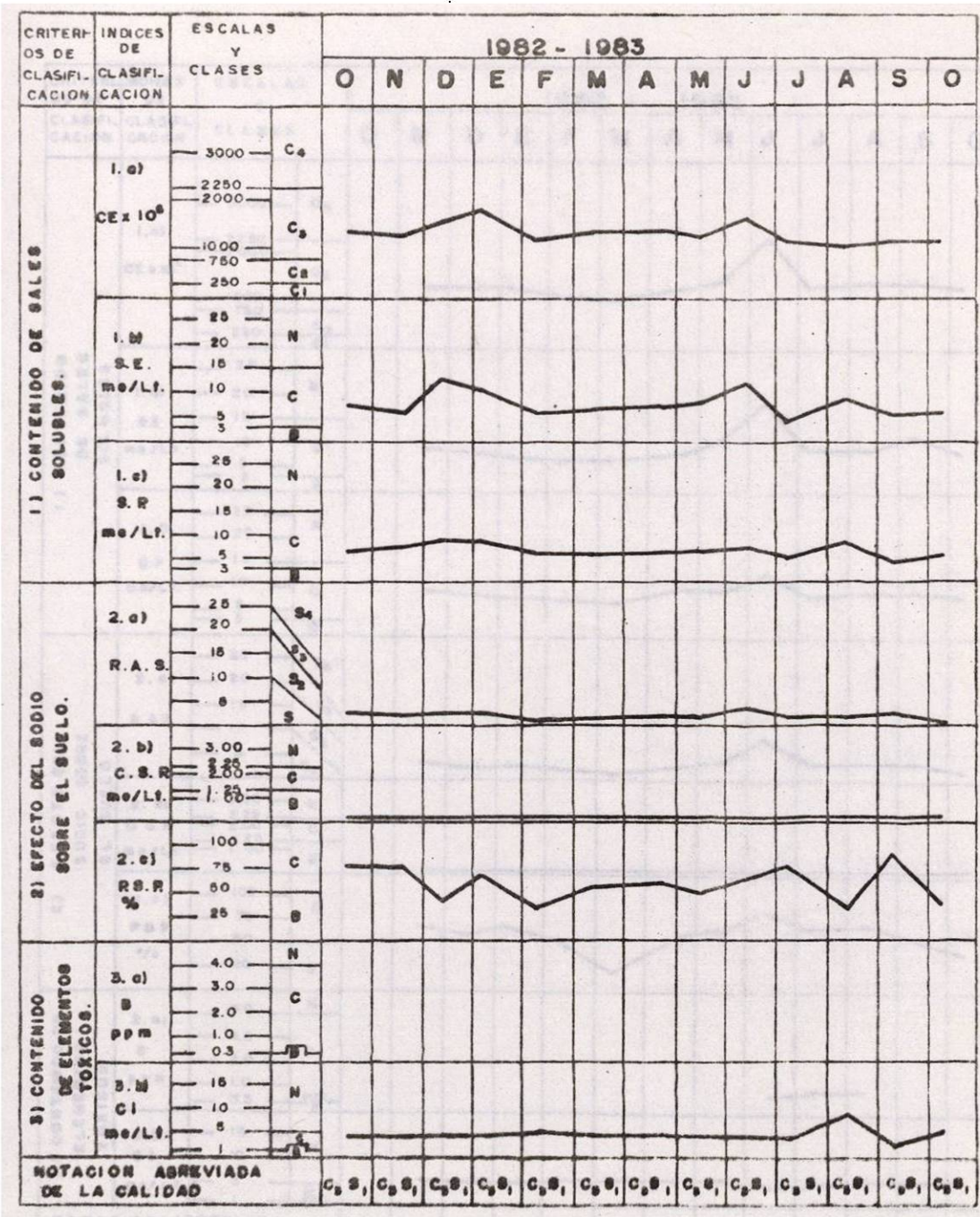


FIGURA 36.- Comportamiento de la calidad de agua en el punto de muestreo No. 1 (Entrada Presa Grande), en el período Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

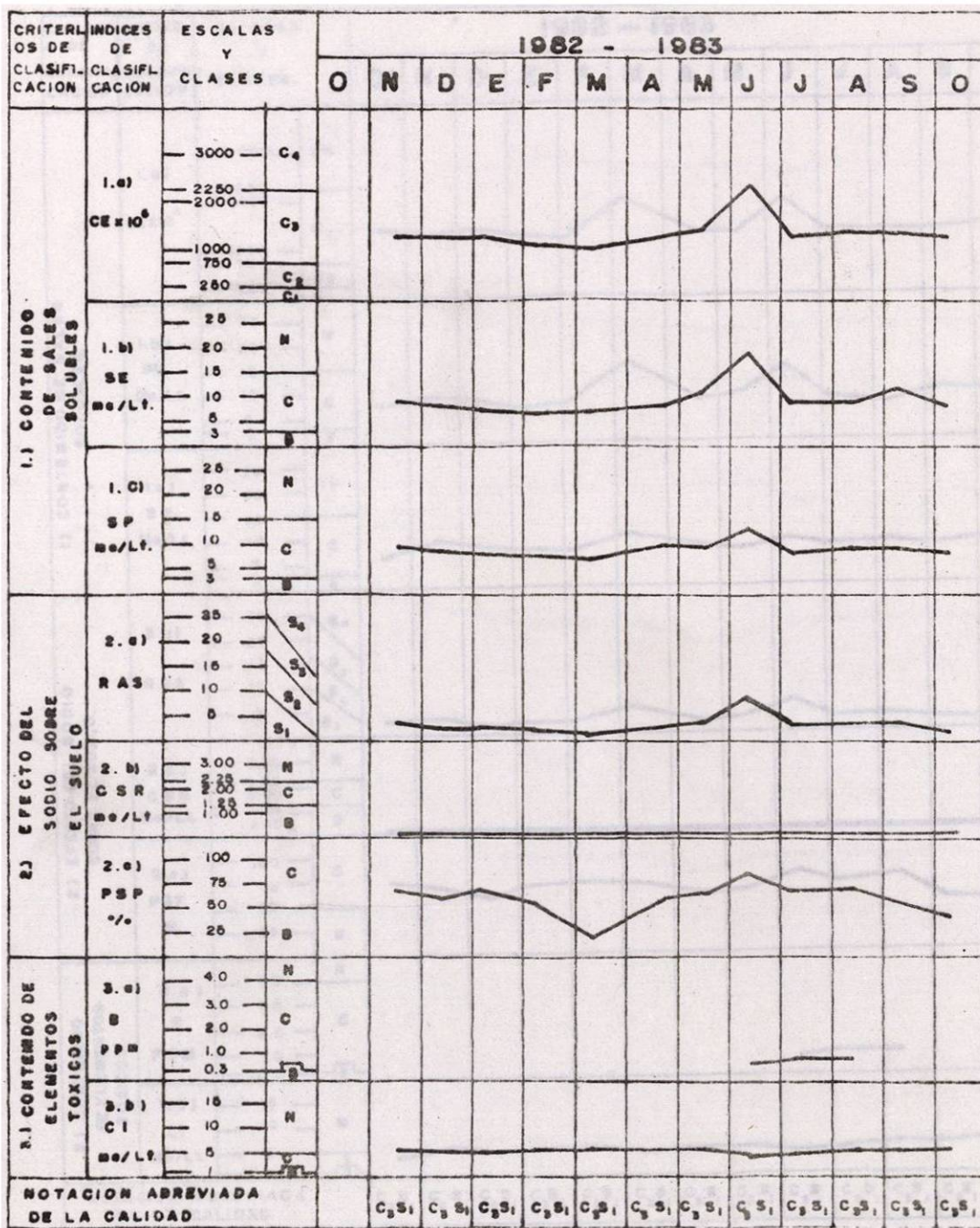


FIGURA 37.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 2 (Presa Grande , en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

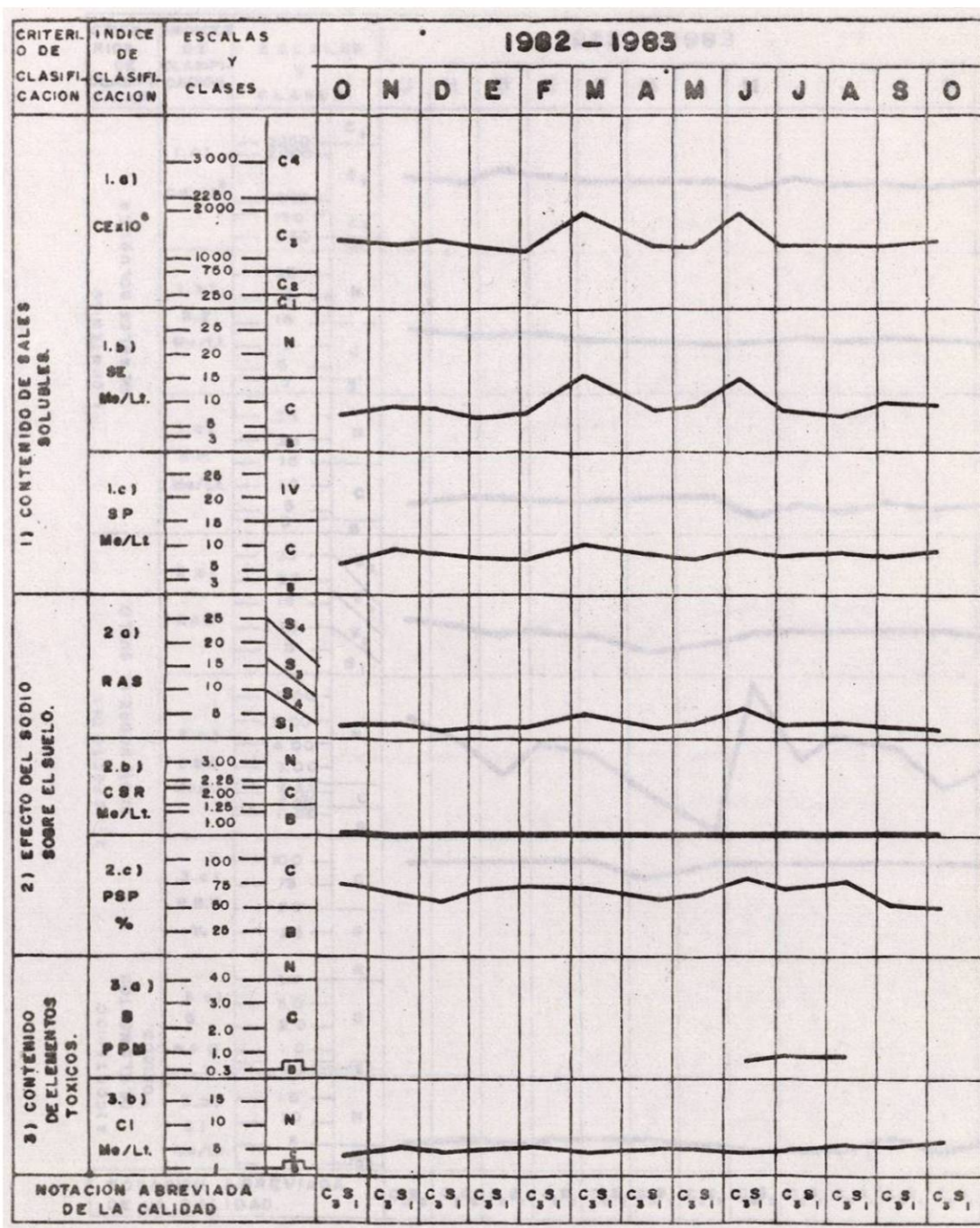


FIGURA 38.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 3 (Salida Presa Grande), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

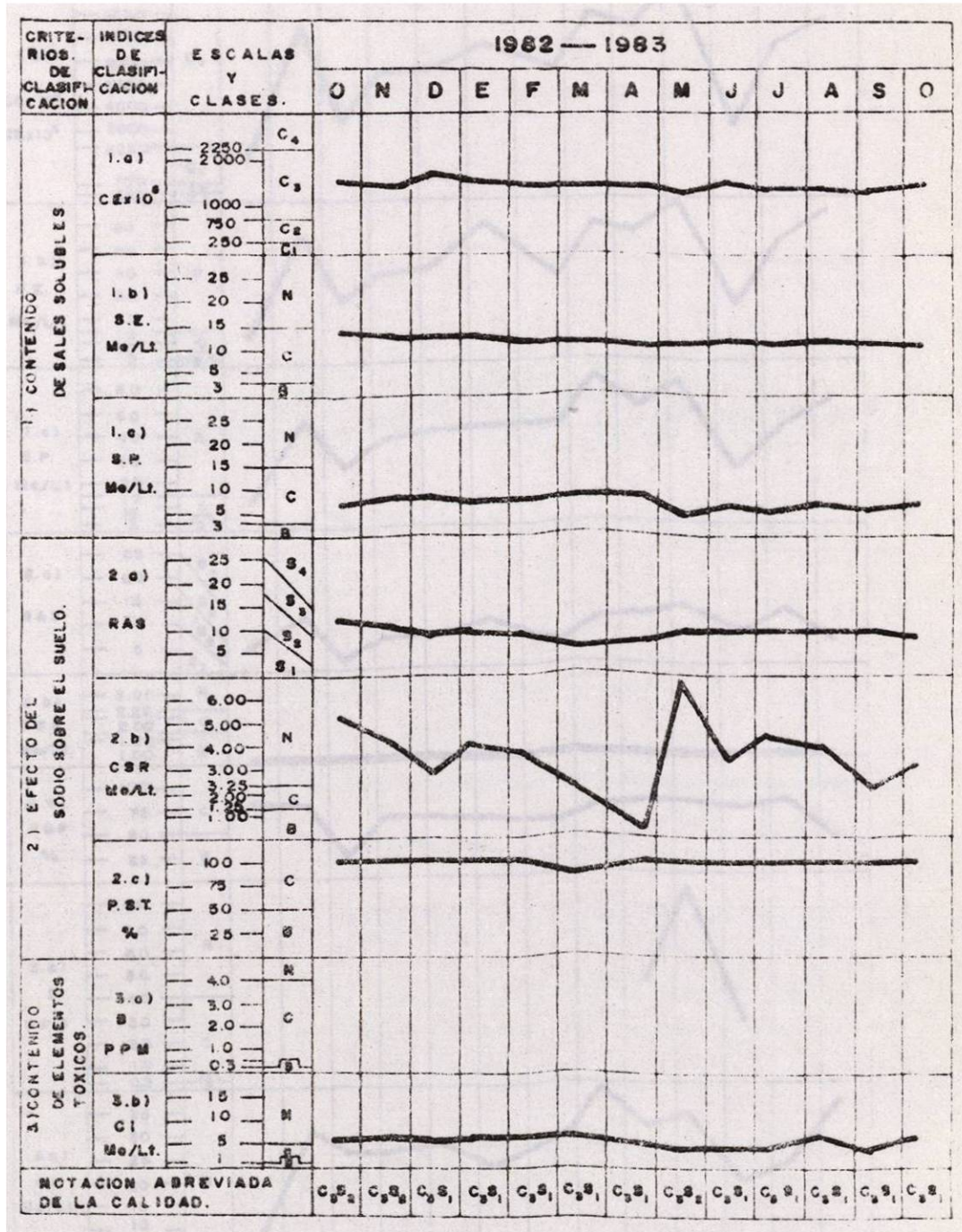


FIGURA 39.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 4 (Pozo Profundo Sin Uso), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

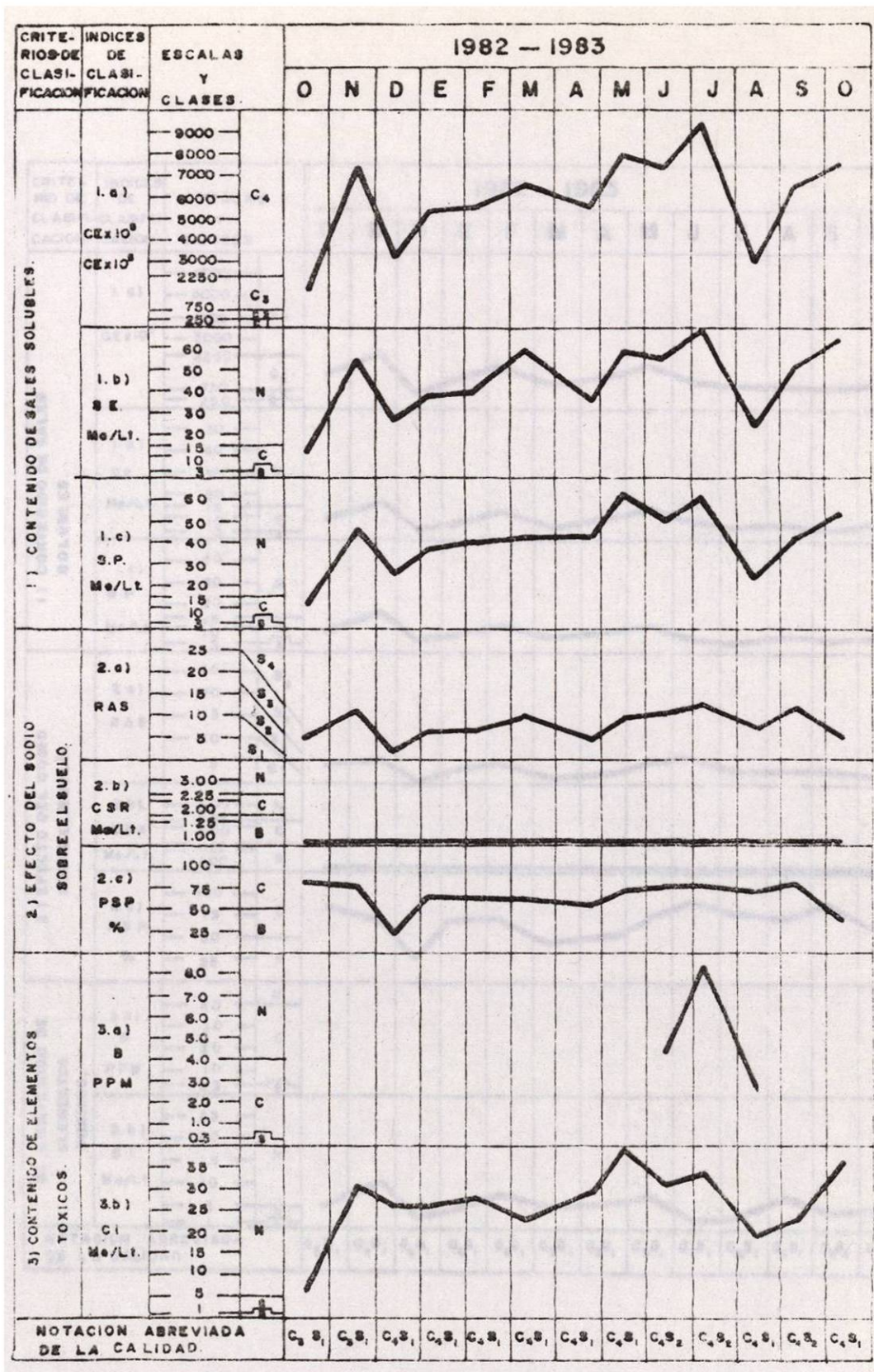


FIGURA 40.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 5 (Arroyo El Salitre), en el periodo de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

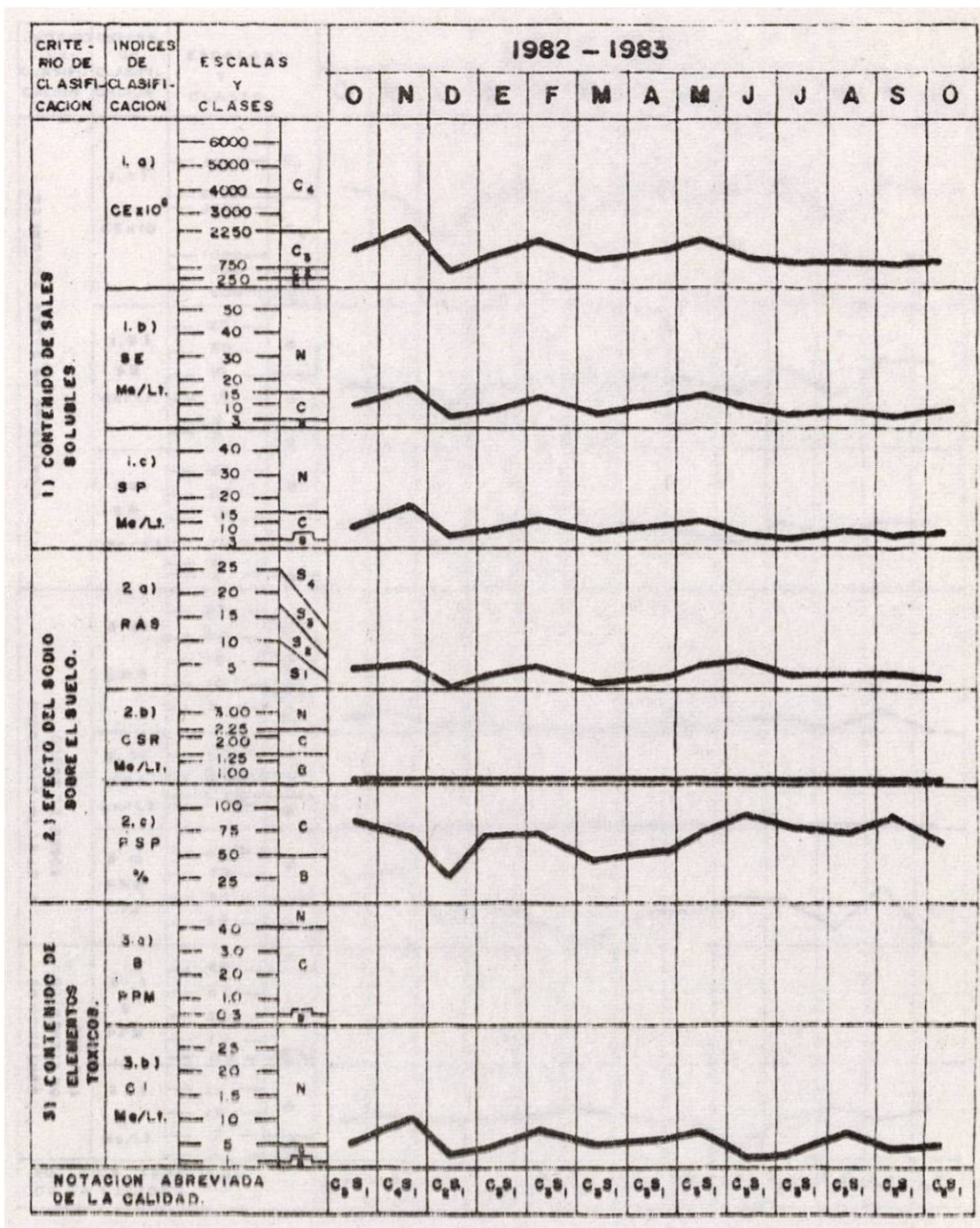


FIGURA 41.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 6 (Presa Nueva), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

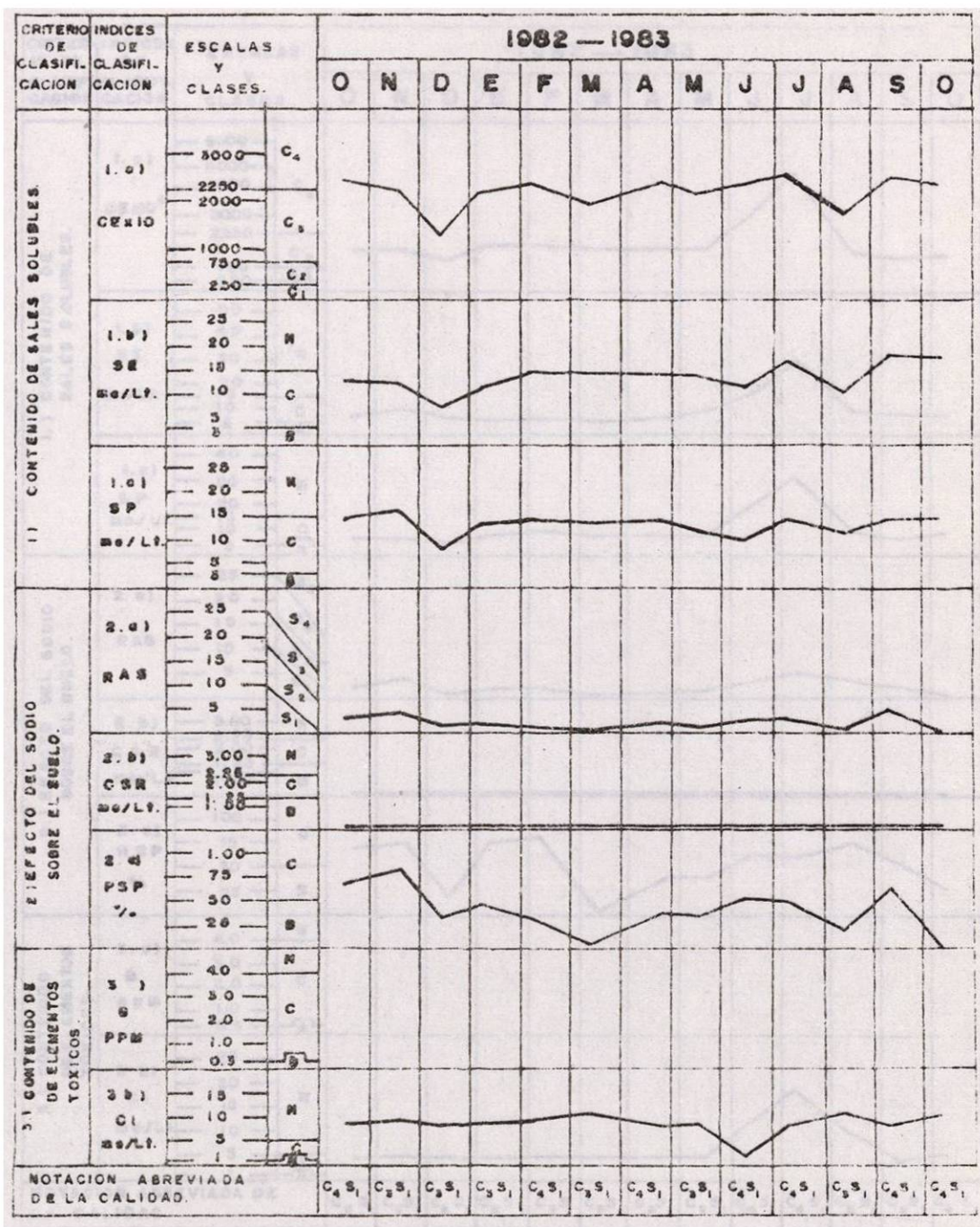


FIGURA 42.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 7 (Papalote), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

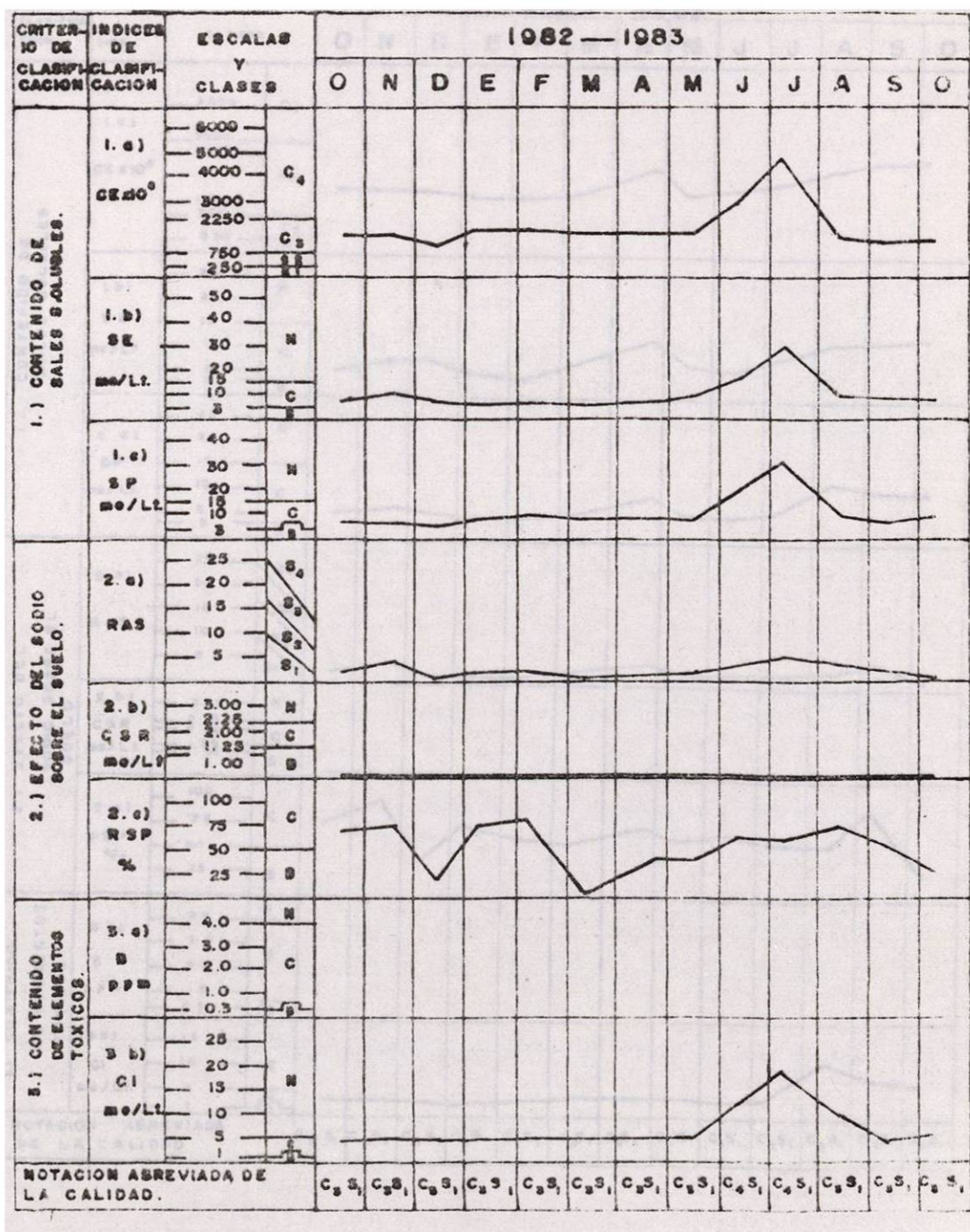


FIGURA 43.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 8 (Depósito Loma), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

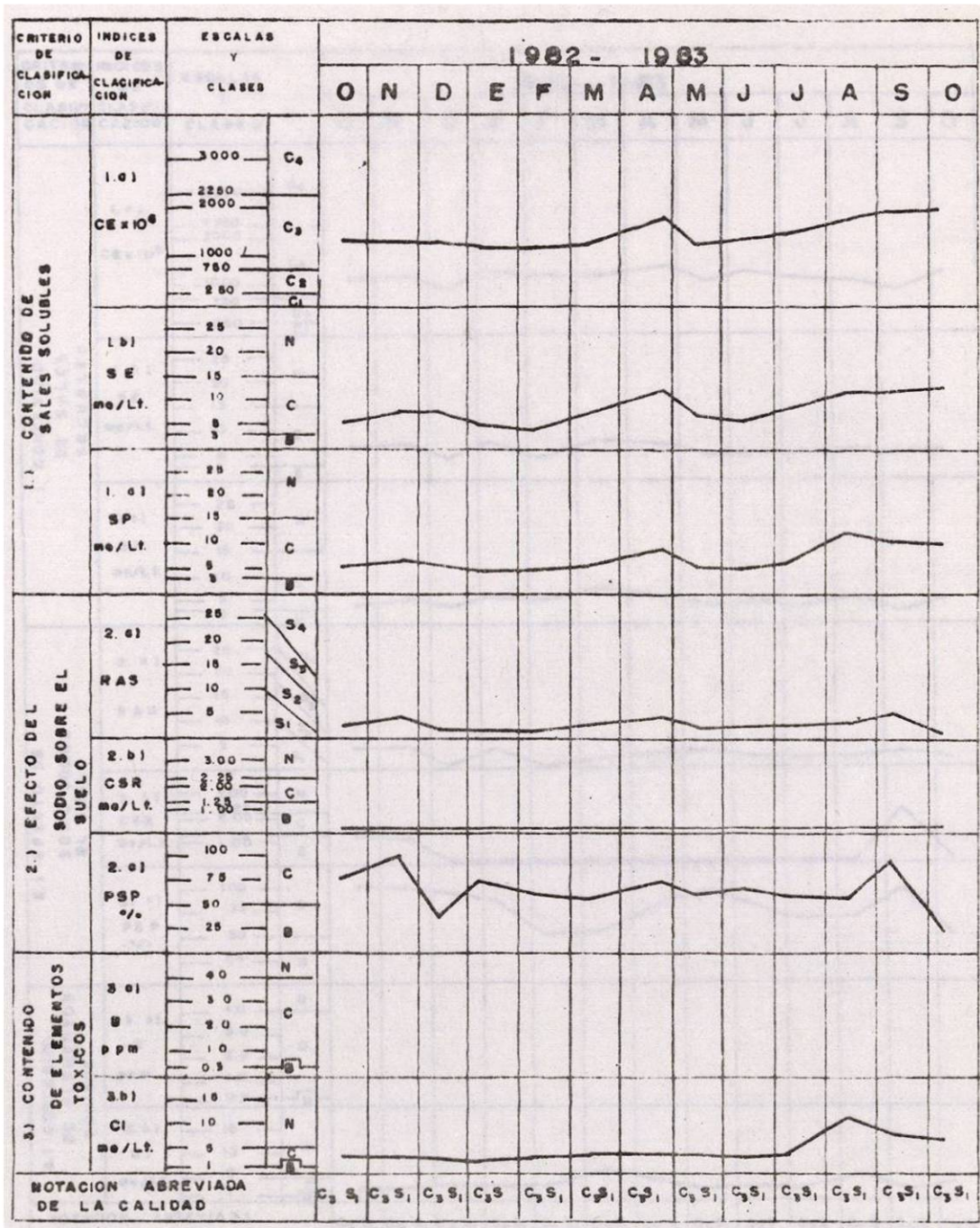


FIGURA 44.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 9 (Bomba Campo Futbol), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

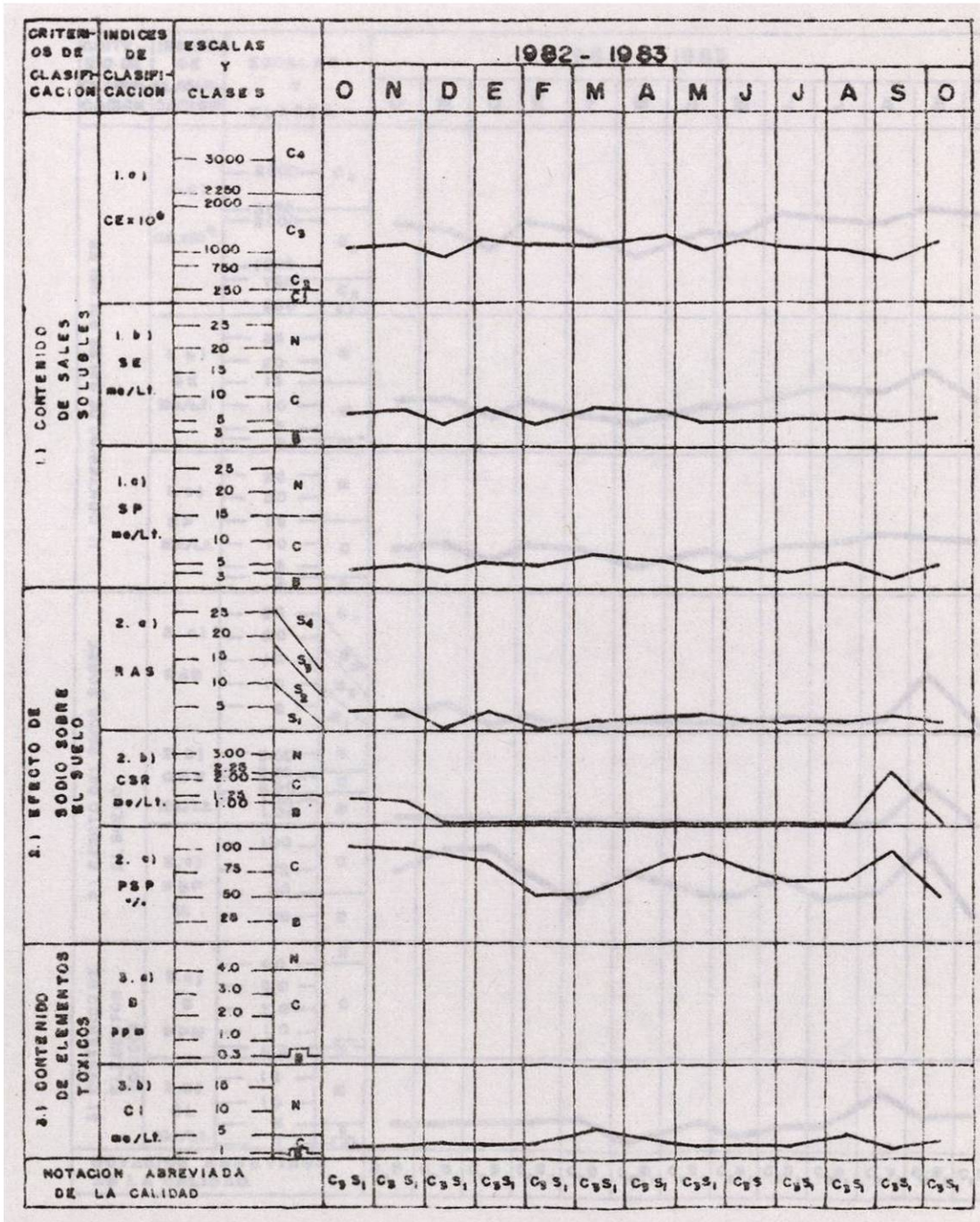


FIGURA 45.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 10 (Depósito Aulas), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

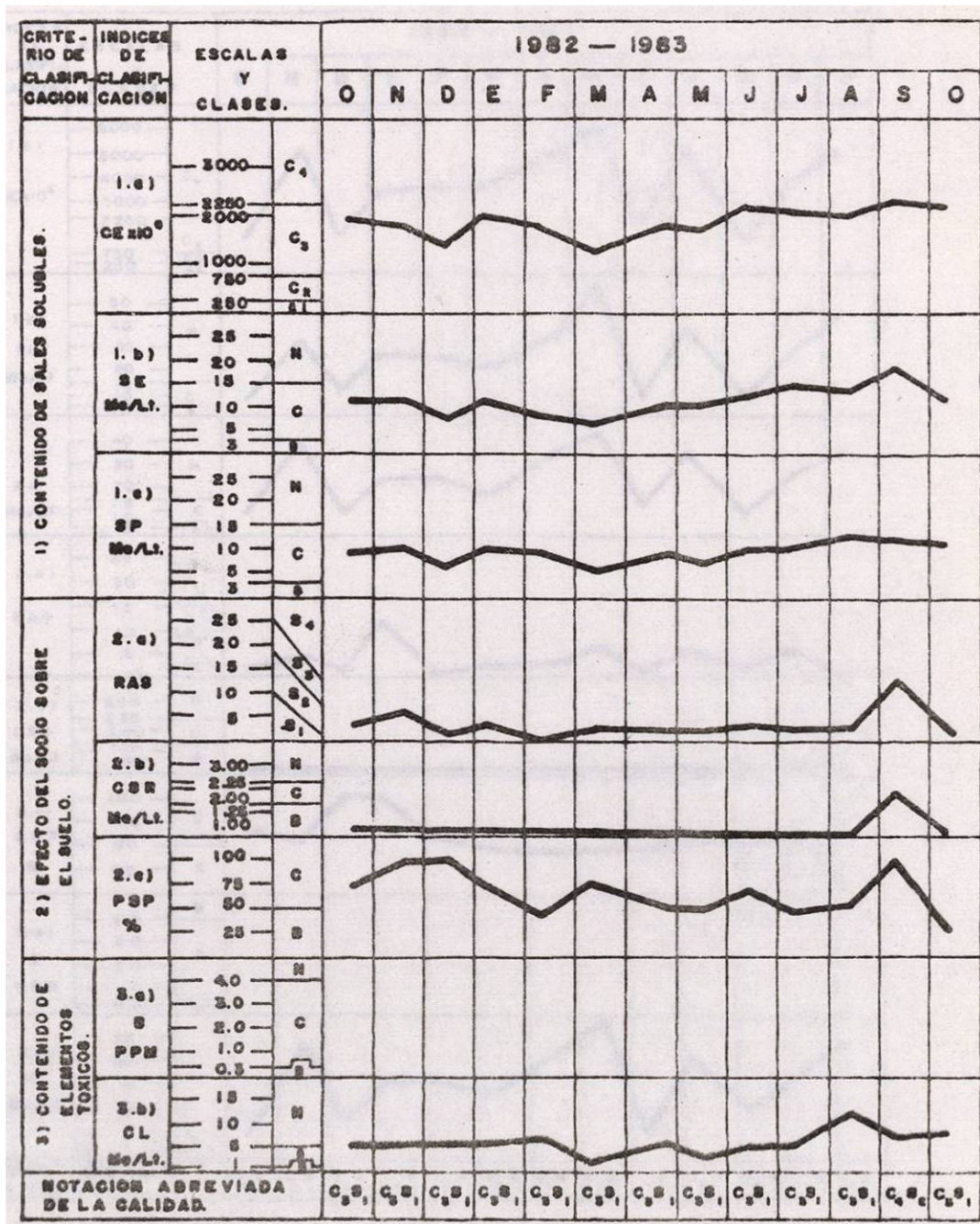


FIGURA 46.- Comportamiento de la calidad del agua en el punto de muestreo No. 11 (Bomba Nogales), en el período de Octubre de 1982 a Octubre de 1983.

D I S C U S I O N

El principal problema detectado en el estudio fue la mala calidad de las aguas.

Contenido total de sales solubles:

El parámetro que se utiliza para estimar el contenido de sales en el agua de riego es la conductividad eléctrica ($CE \times 10^6$) de la misma, a éste respecto se analizan los resultados de las muestras en cada uno de los sitios.

Arroyo El Salitre (5).

Este sitio presentó el mayor grado de afección con respecto a los demás ya que de las trece muestras analizadas, doce de ellas fueron clasificadas como aguas muy altamente salinas (C_4), la muestra restante (Octubre 22 de 1983) fue clasificada como agua altamente salina (C_3). El promedio de los valores reportados da como resultado una $CE \times 10^6$ de 5,888.5. La muestra que presentó la $CE \times 10^6$ más elevada (9,200) fue la del mes de Julio. No se observó que la temperatura y la precipitación causaron algún efecto sobre el comportamiento de las sales (Figura 40, Cuadro 53 del Apéndice 2.

Río Marín (12).

Este sitio también se encontró severamente afectado por

las sales ya que el 69.23% de sus muestras (9 muestras) fueron clasificadas como aguas muy altamente salinas (C_4) y las muestras restantes como aguas altamente salinas (C_3). La $CE \times 10^6$ varió desde 6,000 en el mes de Mayo hasta 1,200 en el mes de Agosto como se muestra en el Cuadro 60 del Apéndice 2 y al considerar el total de muestras, arroja un promedio de 3,596 micro mohos/cm a $25^\circ C$ (Figura 47).

Papalote (7).

En este sitio hubo una distribución alternada en cuanto a las calidades C_3 y C_4 de las aguas, encontrándose un 54% de las muestras (7 muestras) clasificadas como muy altamente salinas (C_4), y el 46% restante (6 muestras) quedó clasificado como aguas altamente salinas (C_3). El rango de variación de la conductividad eléctrica fue reducido, encontrándose un valor mínimo de 1,300 en el mes de Diciembre y un máximo de 2,600 en los meses de Julio y Septiembre; el promedio del total de muestras fue de 2,233. (Figura 42, Cuadro 55 del Apéndice 2.

Depósito Loma (8).

El comportamiento en cuanto a la variación de la conductividad eléctrica se mostró uniforme, conservando una calidad de agua altamente salina (C_3), a excepción de las muestras co

correspondientes a los meses de Junio y Julio, las cuales quedan consideradas como aguas muy altamente salinas (C₄) (Figura 43, Cuadro 56 del Apéndice 2).

Bomba Nogales (11).

Se encontró una distribución muy homogénea en cuanto a la conductividad eléctrica de las muestras de agua tomadas en éste sitio, resultando solamente la muestra del mes de Septiembre clasificada como agua muy altamente salina (C₄), y las demás muestras quedaron clasificadas como agua altamente salina (C₃) (Figura 46, Cuadro 59 del Apéndice 2).

Presa Nueva (6).

Se registró una variación leve de la conductividad eléctrica de las muestras tomadas en éste sitio, con una marcada predominancia de la clasificación de las aguas altamente salinas (C₃), exceptuando la muestra tomada el mes de Noviembre, la cual quedó clasificada como agua muy altamente salina (C₄) y la del mes de Diciembre, la cual fue la única muestra de todo el estudio que se clasificó como agua salina (C₂) (Figura 41, Cuadro 54 del Apéndice 2).

Entrada Presa Grande (1); Presa Grande (2); Salida Presa Grande (3); Pozo Profundo sin uso (4); Bomba Campo Futbol (9) y Depósito Aulas (10).

El 100% de las muestras tomadas en estos sitios quedaron clasificadas como agua altamente salina (C_3), no encontrándose influencia del clima (temperatura, precipitación y evaporación) sobre la calidad de las aguas (Figuras 36 a la 39, 44 y 45, Cuadros 49 al 52, 57 y 58 del Apéndice 2.

Salinidad Efectiva y Salinidad Potencial SE y SP).

Son estimadores más reales del peligro que presentan las sales solubles del agua de riego al pasar a formar parte de la solución del suelo.

La salinidad efectiva toma en cuenta la precipitación ulterior de las sales menos solubles: carbonatos de calcio y magnesio y sulfato de calcio, los que, por consiguiente, dejan de participar en la elevación de la presión osmótica de la solución del suelo. Este proceso es más notable cuando las aguas tienen un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos.

Los cloruros y parte de los sulfatos son las últimas sales que quedan en solución cuando la humedad del suelo disminuye a niveles menores del 50%. La salinidad potencial es un índice para estimar el efecto de éstas sales sobre las plan--

tas.

En el 100% de las muestras se detectaron problemas en cuanto a estos estimadores, ya que ninguno de los resultados quedó comprendido en el rango de 0 a 3 Meq/lit. que es el designado para aguas de buena calidad. (Figuras de la 36 a la 47, Cuadros del 49 al 60 del Apéndice 2.

Relación de Adsorción de Sodio (RAS).

Conociendo la cantidad de sodio, calcio y magnesio que existe en el agua que se muestreó, se puede saber el peligro de sodificación de los suelos, al ser regados éstos con el agua de los sitios en cuestión.

Si existe una mayor cantidad de calcio y magnesio que de sodio, existe poco peligro de sodificación y por el contrario, al existir una mayor cantidad de sodio que de calcio y magnesio el peligro de sodificación del suelo es mayor.

Tomando como base la clasificación propuesta por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de Norteamérica, se determinó que la calidad de las aguas muestreadas puede considerarse a manera general como aguas bajas en sodio (S_1), encontrándose una cantidad mínima de muestras (9 muestras) con problemas de sodio, las cuales quedaron clasificadas como

aguas medias en sodio (S_2) y a continuación se describen los sitios en los que se tomaron dichas muestras:

Arroyo El Salitre (5).-

Este punto de muestreo fue el más afectado pues se encontraron 5 muestras consideradas como aguas medias en sodio (S_2), presentándose dichas muestras en los meses de Noviembre, Marzo, Junio, Julio y Septiembre respectivamente. El valor de RAS más alto que se obtuvo fue de 12, el cual se presentó en el mes de Septiembre y el más bajo fue de 1.7 en el mes de Diciembre (Figura 40, Cuadro 53 del Apéndice 2.

Pozo Profundo sin uso (4).-

Este sitio contó con tres muestras clasificadas como aguas medias en sodio (S_2), las cuales correspondieron a los meses de Octubre (1982), Noviembre y Mayo, las demás muestras se consideraron aguas bajas en sodio (S_1), pero sus valores se mantuvieron muy cerca de la tolerancia de su clasificación (el valor de 10). La muestra que presentó el valor más bajo de RAS fue la del mes de Marzo con 5.6 (Figura 39, Cuadro 52 del Apéndice 2.

Bomba Nogales (11) y Río Marín (12).-

En estos dos puntos de muestreo, la generalidad de las muestras se registraron como aguas bajas en sodio (S_1), a --

excepción de la muestra tomada en el mes de Septiembre en el punto número once con 12.99 de RAS y la muestra tomada en el punto doce en Enero seis, con 11.5 de RAS; ambas clasificadas como aguas medias en sodio (S_2) (Figura 46 y 47, Cuadros 59 y 60 del Apéndice 2).

En el resto de las fuentes de agua muestreadas (sitios 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9 y 10) arrojaron resultados de RAS menores de 10, por lo cual quedaron clasificadas como aguas bajas en sodio (S_1) y por consiguiente, el riesgo de sodicización de los suelos a regar con aguas de las fuentes arriba mencionadas será mínimo, ya que además los valores de RAS están muy por abajo de la tolerancia (el valor de 10) (Figuras 36 a la 38, 41 a la 45; Cuadros 49 al 51, 54 al 58 del Apéndice 2).

Carbonato de Sodio Residual (CSR).

Cuando en el agua de riego el contenido de carbonatos y bicarbonatos es mayor que el de calcio y magnesio, existe la posibilidad de que se forme carbonato de sodio, debido a que, por su alta solubilidad, puede permanecer en solución aún después de que han precipitado los carbonatos de calcio y magnesio. En estas condiciones, la concentración total y relativa del sodio puede ser suficiente para desplazar al calcio y magnesio del complejo de intercambio, produciendo la deflocula-

ción del suelo.

En el sitio de muestreo 4 (Pozo Profundo sin uso) solamente la muestra tomada el mes de Abril resultó clasificada como agua buena para riego, la correspondiente al mes de Marzo como agua condicionada, y el resto de las muestras quedaron dentro del rango de clasificación de aguas no recomendables para el riego. (Figura 39, Cuadro 52 del Apéndice 2.

En el punto número 10 (Depósito Aulas) en los meses de Octubre y Noviembre de 1982, se obtuvieron resultados de 1.2 y 1.1 Meq/lt de C.S.R., quedando clasificados como aguas buenas para riego. La única muestra clasificada como agua no recomendable para riego se tomó en el mes de Septiembre con un valor de 2.3 Meq/lt. y el resto de las muestras arrojó valores negativos, los cuales son considerados como cero, por lo tanto, son buenas para riego. (Figura 45, Cuadro 58 del Apéndice 2.

Para la Bomba Nogales (sitio 11), el único valor considerado como agua condicionada para el riego, fue el que se tomó en el mes de Septiembre el cual fue de 1.8 Meq/lt., las once muestras restantes quedaron clasificadas como aguas buenas para el riego, debido a que sus valores fueron cero (Figura 46, Cuadro 59 del Apéndice 2.

En el resto de los puntos de muestreo, la totalidad de sus muestras arrojó valores menores o igual a cero, quedando consideradas como aguas buenas para el riego.

Porcentaje de Sodio Posible (PSP).

El peligro de desplazamiento del calcio y del magnesio por el sodio, en el complejo de intercambio, empieza cuando el contenido de sodio en solución representa más de la mitad de los cationes disueltos. El porcentaje de sodio en solución en el agua de riego no es suficientemente representativo de éste peligro, debido a que, como se anotó anteriormente, ya en el suelo, las sales menos solubles (CaCO_3 , MgCO_3 y CaSO_4) precipitan y, por tanto, el porcentaje de sodio en solución aumenta relativamente.

De los doce sitios muestreados, once de éstos mostraron una distribución notablemente aleatoria en cuanto a sus resultados de PSP, y solamente en el pozo profundo sin uso (punto de muestreo 4) la distribución de sus resultados fue bastante uniforme, encontrándose un 100% de PSP en doce de sus muestras y únicamente la del mes de Marzo dio un valor de 85.1% de PSP (Figura 39, Cuadro 52 del Apéndice 2).

Contenido de Boro (B).

El boro es un microelemento indispensable para el buen desarrollo de las plantas; sin embargo, a muy bajas concentraciones, apenas superiores a las indispensables, empieza a ser tóxico para la mayoría de los cultivos.

Debido a estudios realizados en las fuentes de abastecimiento de agua del Campo Experimental de la F.A.U.A.N.L., se tenía el antecedente de que no existían problemas con boro, por lo cual no se hicieron las determinaciones de dicho microelemento en los primeros muestreos de éste estudio; sin embargo, se decidió hacer la determinación del boro para las muestras tomadas en el mes de Junio con el objeto de verificar dichos antecedentes, encontrándose solamente afectados los puntos de muestreo correspondientes a la Presa Grande, Salida Presa Grande y Arrollo El Salitre, debido a esto se continuó* con las determinaciones para éstos puntos, de los cuales se hicieron las siguientes observaciones:

Arroyo el Salitre (5).-

En éste sitio de muestreo se encontraron los más altos

* Debido a limitaciones del Laboratorio solamente se realizó la determinación de boro para las muestras tomadas en los meses de Junio, Julio y Agosto para los sitios 2, 3 y 5.

niveles de concentración de boro, principalmente en el mes de Julio, en el cual se detectó un valor de 8.4 ppm, quedando dentro de la clasificación de agua no recomendable para riego. (Figura 40, Cuadro 53 del Apéndice 2.

Presa Grande (2) y Salida Presa Grande (3).-

En ambos sitios se obtuvieron niveles más bajos de concentración de boro, quedando consideradas como aguas condicionadas para el riego. (Figuras 37 y 38, Cuadros 50 y 51 del Apéndice 2.

Contenido de Cloruros (Cl^-).

El ión cloruro es especialmente tóxico en árboles frutales, tales como cítricos, aguacates, nogales, vides, duraznos y a otros árboles de fruto de endocarpio duro.

Los sitios que presentaron una concentración mayor de cloruros fueron: el Arroyo El Salitre, el Papalote y el Río Marín, los cuales quedaron clasificados como aguas no recomendables para el riego en un 95% de sus muestras (Figuras 40, 42 y 47, Cuadros 53, 55 y 60 del Apéndice). Los demás puntos de muestreo presentaron variaciones menos drásticas en sus resultados, quedando clasificadas como aguas condicionadas y/o no recomendables para el riego, quedando sus resultados muy cercanos al valor límite de la división de ambas

clasificaciones (5 Meq/lt.).

En lo que respecta a los suelos, en el plano de Salinidad y Sodicidad para la profundidad 0-20 cm (Figura 6, Cuadro 19) se encontró una superficie afectada de 173.7 Has (21.18% del área en estudio) distribuídas en 40.5 Has. de riego, 13.3 Has. de temporal y 119.9 Has. de agostadero; en las cuales se presentaron tres tipos de afección salino-sódico como se describe a continuación:

Suelos Ligeramente Salinos.- En estos suelos el rendimiento se ve restringido solamente en cultivos sensibles a la salinidad (Cuadro 61 del Apéndice 3). Dentro de esta clasificación se encuentra comprendida el área de influencia de los perfiles 3, 7, 18 y 24, afectando 32.7 Has. de riego, 13.3 Has. de temporal y 73.8 Has. de agostadero, encontrándose en el perfil 7 la conductividad eléctrica más alta con un valor de 3.4 milimhos/cm, en dicho perfil también se encontraron los valores más elevados de magnesio y sulfatos, los cuales fueron 24 y 19.2 Meq/lt. respectivamente (Figuras 11, 15, 26 y 32; Cuadros 24, 28, 39 y 45 del Apéndice 1.

Suelos Medianamente Salinos.- Ocupan una superficie de 19.3 Has (7.8 Has. de riego y 11.5 Has. de agostadero), representadas por los puntos de muestreo 2 y 11, presentando el --

punto dos una conductividad eléctrica de 4.5 milimhos/cm, y el punto once con 4 milimhos/cm, encontrándose los valores más elevados de calcio y sulfato en el punto dos, siendo estos de 30.0 y 27.5 Meq/lt. respectivamente (Figuras 10 y 19, Cuadros 23 y 32 del Apéndice). En los suelos con esta clasificación, el rendimiento se ve restringido en la mayor parte de los cultivos.

Suelos Fuertemente Salinos - Fuertemente Sódicos.- Cubren un área de 34.6 Has. de agostadero, representada por el perfil 16, en este tipo de suelos el rendimiento de los cultivos sufre bajas hasta de un 80% en su producción.

Los análisis de laboratorio reportan una alta concentración de sodio, la cual fue de 84.7 Meq/lt, encontrándose también valores elevados de sulfatos con 40.8 Meq/lt. y cloruros con 65.0 Meq/lt., bajo estas condiciones solo pueden desarrollarse los cultivos muy tolerantes a la salinidad y sodicidad (Figura 24, Cuadro 37 del Apéndice 1).

En el plano de Salinidad y Sodicidad para el espesor de 20 a 50 cm (Figura 7) se detectaron 283.8 Has. afectadas (63.2 Has. de riego, 14.4 Has. de temporal y 206.2 Has. de agostadero), las cuales cubren un 34.61% del área en estudio (Cuadro 20 del Apéndice 1. En dicho espesor se encontraron

cuatro tipos de afección salino-sódica en las siguientes características:

Suelos Ligeramente Salinos.- Los perfiles muestreados con esta clasificación son 2, 3, 8, 10, 21, 25, 25 y 27, abarcando una superficie de 215.7 Has. (46.8 Has. de riego, 14.4 Has. de temporal y 154.5 Has. de agostadero). En el perfil 10 se reportó el valor más elevado de conductividad eléctrica dentro de esta clasificación, el cual fue de 3.4 milimhos/cm (Figuras 10, 11, 16, 18, 29, 32, 33 y 35; Cuadros 23, 24, 29, 31, 42, 45, 46 y 48 del Apéndice 1.

Suelos Ligeramente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Los perfiles involucrados en esta clasificación son 1 y 18, cubriendo un área de 22.0 Has (14.4 Has de riego y 7.6 Has. de agostadero). Los valores reportados de PSI fueron de 7.6 para el perfil 1 y 7.3 para el perfil 18; encontrándose dichos valores muy cercanos al límite inferior para esta clasificación (PSI = 7); por lo tanto, no se consideran muy peligrosos en cuanto a este factor (Figuras 9 y 26, Cuadros 22 y 39 del Apéndice 1.

Suelos Medianamente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Solamente el perfil 11 se encuentra bajo esta clasificación, afectando un área de 2.0 Has de riego y 9.5 Has. de agostade

ro. En los suelos con esta clasificación el rendimiento se restringe en la mayor parte de los cultivos, alcanzando bajas desde 20 hasta 40% (Figura 19, Cuadro 32 del Apéndice 1.

Suelos Fuertemente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Com- - prenden un área de 34.6 Has. de agostadero representadas por el perfil 16, donde se encontraron valores elevados de cloruros con 111.0 Meq/lt. y sodio con 71.5 Meq/lt (Figura 24, Cuadro 37 del Apéndice). Bajo estas condiciones solo puede haber rendimientos satisfactorios en cultivos tolerantes.

En el plano de Salinidad y Sodicidad para el espesor comprendido entre los 50 y 100 cm. de profundidad (Figura 8) se encontraron 339.1 hectáreas que corresponden a un 41.4% del área en estudio, distribuídas en 68.6 hectáreas de riego, 26.0 Has. de temporal y 244.5 hectáreas de agostadero (Cuadro 21 del Apéndice 1) presentando los siguientes grados de afectación.

Suelos Ligeramente Salinos.- Dentro de esta clasificación se encuentran los perfiles 1, 2, 3, 8, 10, 15 y 18; cubriendo un área de 156.9 Has (35.7 de riego, 14.4 de temporal y 106.8 Has. de agostadero), notándose en estos una elevada concentración de calcio, sulfatos y cloruros, como se muestra en las Figuras 9, 10, 11, 16, 18, 23 y 26; Cuadros 22, 23, 24, 29, 31, 36 y 39 del Apéndice 1.

Suelos Ligeramente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Comprenden una superficie de 14.5 Has. de riego y 10.6 Has. de agostadero, caracterizada por el perfil de muestreo 21, predominando en dicho perfil los iones sodio con 21.2 Meq/lt, sulfatos con 20.0 Meq/lt y cloruros con 11.7 Meq/lt, como se indica en la Figura 29 y Cuadro 42 del Apéndice 1.

Suelos Ligeramente Salinos - Medianamente Sódicos.- En este tipo de suelos se pueden presentar bajas en el rendimiento de los cultivos hasta de un 60%. El perfil de muestreo con esta clasificación es el 22, afectando una superficie de 20.0 Has. distribuidas en 15.9 de riego, 4.1 de agostadero - respectivamente (Figura 30, Cuadro 43 del Apéndice 1.

Suelos Medianamente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Cubre un área de 42.5 Has. de agostadero, representadas por el perfil 17, notándose una elevada concentración de cloruros con 42.0 Meq/lt (Figura 25, Cuadro 38 del Apéndice 2). Bajo estas condiciones se restringe el rendimiento en la mayor parte de los cultivos.

Suelos Fuertemente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Cubren una superficie de 34.6 Has, caracterizadas por el perfil 16 (Figura 24, Cuadró 37 del Apéndice 2), encontrándose un elevado contenido de magnesio con 46.0 Meq/lt, sodio con

44.8 Meq/lt y cloruros con 115.5 Meq/lt.

Suelos Fuertemente Salinos - Fuertemente Sódicos.- Abarcan un área de 60.0 hectáreas, distribuidas en 2.5 de riego, 11.6 de temporal y 45.9 de agostadero; los perfiles bajo esta clasificación son 7 y 11, los cuales se distinguieron por sus elevadas concentraciones de sodio y sulfatos, como se muestra en las Figuras 15 y 19; Cuadros 28 y 32 del Apéndice 1. Bajo estas condiciones los cultivos pueden sufrir bajas desde un 60 hasta un 80%.

En las profundidades inferiores a los 100 cm. se encontraron cuatro tipos de afección salino-sódica, como se menciona a continuación.

Suelos Ligeramente Salinos - Fuertemente Sódicos.- Esta clasificación solamente se detectó en el perfil 2, a una profundidad de 200 a 224 cm. (Figura 10, Cuadro 23 del Apéndice 1).

Suelos Medianamente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Este tipo de afección se encontró en el perfil 11 en la profundidad de 150 a 185 cm., en el perfil 17 en la profundidad de 100 a 130 cm; en el perfil 21 en la profundidad de 150 a 300 cm y en el perfil 24 en la profundidad de 200 a 270 cm. (Figuras 19, 25, 29 y 32; Cuadros 32, 38, 42 y 45 del Apéndice 1).

Suelos Fuertemente Salinos - Ligeramente Sódicos.- Se encontraron en el perfil 7 en la profundidad de 100 a 240 cm, en el perfil 16 en la profundidad de 150 a 200 cm, y en el perfil 19 en la profundidad de 150 a 272 cm. (Figuras 19, 24 y 27, Cuadros 28, 37 y 42 del Apéndice 1).

Suelos Fuertemente Salinos - Medianamente Sódicos.- Se detectó en los perfiles 11 y 16 en la profundidad de 100 a 150 cm. (Figuras 19 y 24, Cuadros 32 y 37 del Apéndice 1).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio las clasificaciones que dominaron en cuanto a salinidad en el agua de riego fueron C_3 y C_4 , las cuales quedan consideradas como aguas no recomendables para este fin, a menos que se trate de cultivos tolerantes. En lo que se refiere al sodio, la calidad del agua permaneció constante con una clasificación S_1 , con ligeras excepciones como S_2 , lo cual nos indica que al utilizar estas aguas para riego, sería mínimo el riesgo de sodificación de suelos.

En general no hubo influencia de la precipitación ni de la temperatura en el comportamiento de la calidad de las aguas durante la realización del estudio, o sea que la variación en la calidad de las aguas no estuvo relacionada con la variación de dichos factores climáticos.

Para la utilización de estas aguas con fines de riego es necesario un uso y manejo adecuado de éstas, teniendo cuidado de aplicar solamente la cantidad necesaria para un desarrollo normal en cada cultivo, ya que al aplicar láminas excedentes traería como consecuencia una mayor acumulación de sales en el perfil del suelo.

Considerando el tipo de cultivos que se exportan en la zona bajo estudio, se determinó que la capa de suelo más impor-

tante es la que queda comprendida entre los 0 a 100 cm. de profundidad.

Debido a que la zona de riego es la más importante por su explotación intensiva, se debe tener un mayor cuidado en cuanto al manejo de ésta, ya que solamente la superficie representada por el perfil 23 no tubo ninguna afección Salino-Sódica. Este problema se incrementa con el uso de agua de riego con altas concentraciones de sales.

Tomando en cuenta que el agua de riego no puede ser utilizada para mejoras del suelo (lavado de sales) por su mala calidad, tanto la zona de riego como la de temporal, se encuentran sujetas a las mismas prácticas de conservación y/o rehabilitación, siendo de gran importancia tener preparado el terreno para maximizar la captación de la precipitación, y de esta manera realizar lavados de sales en forma natural, para lo cual son necesarias las siguientes prácticas:

a) Métodos físicos.-

- Utilización de implementos de labranza profundos (cinces) para romper las posibles costras duras de carbonato de calcio y así contar con una permeabilidad más uniforme.
- Mejoramiento de los espesores de arcilla internos con

arados profundos al fin de romper los estratos arcillosos o cal cáreos que evitan el movimiento de las aguas con sales hacia abajo y mejorar la permeabilidad del suelo con la incorporación y mezcla de las acumulaciones de arcilla y calcio.

- Rastreo, para uniformizar y romper los terrones, con el fin de disminuir las pérdidas de humedad por evaporación.

- Nivelación del terreno, para facilitar una distribución uniforme del agua, disminuyendo las pérdidas por escurrimiento.

b) Métodos biológicos.-

- Aplicación de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo, proporcionando una mejor permeabilidad y aereación al mismo.

- Utilizar cultivos extractores de sales, los cuales son de gran ayuda para disminuir la concentración de sales en el perfil del suelo.

Dado que en la zona de agostadero, la profundidad más afectada fue la de 50 a 100 cm, y tomando en cuenta su gran extensión, se requeriría una gran inversión para llevar a cabo prácticas de conservación y/o rehabilitación, por lo tan--

to, lo más adecuado es la explotación de pastos nativos o in
ducidos que presenten tolerancia a la salinidad.

R E S U M E N

El presente estudio se llevó a cabo en los terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, los cuales se localizan en el Municipio de Marín, N.L., iniciándose en Octubre de 1982 y finalizando en Octubre de 1983.

Los objetivos para este estudio fueron realizar la caracterización de la salinidad en cuanto a tipo, grado de concentración y distribución en los suelos y aguas, así como plantear alternativas para establecer una serie de medidas preventivas y/o correctivas, en función del primer objetivo.

En lo que respecta a suelos, se muestrearon 27 perfiles distribuídos bajo la siguiente densidad:

1 pozo por cada 10 hectáreas de riego.

1 pozo por cada 20 hectáreas de temporal.

1 pozo por cada 50 hectáreas de agostadero.

Las profundidades muestreadas fueron: 0-20, 20-50, 50-100, 100-150, 150-200 y 200-300 cms respectivamente a la profundidad efectiva del suelo.

Fueron elaborados 3 planos de salinidad y sodicidad para las primeras 3 profundidades de muestreo (0-20, 20-50 y 50-100

cms) .

La intensidad del muestreo de aguas fue mensual, para dicho muestreo se consideraron las fuentes de agua tanto superficiales como subterráneas con que cuentan los terrenos de la Facultad.

Los sitios muestreados fueron:

- 1.- Entrada Presa Grande
- 2.- Presa Grande
- 3.- Salida Presa Grande
- 4.- Pozo Profundo Sin Uso
- 5.- Arroyo "El Salitre"
- 6.- Presa Nueva
- 7.- Papalote
- 8.- Depósito Loma
- 9.- Bomba Campo de Fútbol
- 10.- Depósito Aulas
- 11.- Bomba Nogales
- 12.- Río Marín

Los análisis realizados para suelos y aguas fueron los siguientes:

- a) Textura (en el caso de suelos)

- b) Cantidad total de Sales Solubles (Conductividad Eléctrica)
- c) pH
- d) Boro (para aguas)
- e) Cloro
- f) Concentración de Sodio
- g) Calcio y Magnesio
- h) Carbonatos y Bicarbonatos
- i) Sulfatos
- j) Relación de Adsorción de Sodio

Los anteriores análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

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

- 1.- Aceves N., E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. (Identificación, control, combate y adaptación). Colegio de Postgraduados E.N.A. Chapingo, México.
- 2.- Aceves N., L.A. 1981. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- 3.- Allison, L.E., et al. 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. Trad. de USDA. Handbook 60. México, D.F.
- 4.- Araujo H., J.M. y J.L. Garza R. 1984. Estudio agrológico detallado del Campo Experimental de la F.A.U.N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Monterrey, N.L. México.
- 5.- Arita, A.C. 1976. Problema actual de ensalitramiento en los Distritos de Riego. S.R.H. Memorándum Técnico No. 351. México, D.F.
- 6.- Bernstein, L. 1961. Osmotic Adjustment of plants to saline media: I Steady-State. Amer. Bot. 50:360-370.
- 7.- Black C.A. 1975. Relaciones suelo-planta. Tomo I. Ed.

Hemisferio Sur, S.R.L. Buenos Aires, Argentina.

- 8.- Brax, H. 1962. Effects of the water pressure on the photosynthesis and respiration ratio in tomato plants, and shoots of the incienso Pine. *Plant Physiol.* 15:10-20.
- 9.- Byron, E.J. 1966. Adjustment mechanism of plant subjected to varied osmotic pressures of nutrient solution. *Soil Science.* 101:108-188.
- 10.- De la Peña, I. 1982. Salinidad de los suelos agrícolas. Su origen, Clasificación, Prevención y Rehabilitación. S.A.R.H. Boletín Técnico No. 10.
- 11.- De la Peña, I. y J.H. Esquer. 1982. Calidad de las aguas de riego. S.A.R.H. Boletín de Información Técnica No. 2 del Comité Directivo Agrícola. Distrito de Riego No. 041. Río Yaqui, Sonora.
- 12.- Elgabaly, M.M. 1971. Problems of sampling, analysing and mapping of salt affected soil. *Irrigation and Drainage Paper # 7 Salinity Seminar; Baghdad, F.A.O. Rome.* p. 30-38.
- 13.- Estrada Berg-Wolf, J.W. 1978. Cartografía y caracterización de suelos salinos mediante fotointerpretación. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, México.

- 14.- Fernández, G.R. 1972. El problema de salinidad de suelos en México y trabajos de recuperación de tierras ensalitradas. S.M.C.S. Boletín de Junio. México.
- 15.- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). U.N.A.M. México, D.F.
- 16.- Irsaelsen y Hansen. 1965. Principios y aplicaciones del riego. 2a. Edición. Ed. Reverte, S.A. Barcelona, España.
- 17.- Larqué S., A. and R.L. Wain. 1976. Studies on plant growth regulating substances. XLII. Abscisic acid as a genetic character related to drought tolerance. Ann. Appl. Biol. 83:291-297.
- 18.- Llerena V., F.A. 1977. Evaluación de la tolerancia a las sales de doce variedades de trigo. S.A.R.H. Memorandum Técnico No. 365. México, D.F.
- 19.- Llerena V., F.A. y E. Aceves N. 1974. Diferentes metodologías de muestreos de suelos afectados por sales. Seminario de Otoño (Inédito). Rama de Riego y Drenaje. C.P. E.N.A. Chapingo, México.
- 20.- Massoud, F.I. 1971. A note on the need for accepted definitions and methods of characterization of salt-affected

- soil. (IRYDA: Information International Society of Soils Science. Reunión de la subcomisión de suelos salinos. Sevilla, Mayo 1971).
- 21.- Morales V., D.F. 1978. Uso de aguas saladas para riego de cultivos por succión. Tesis (Maestro en Ciencias. Especialidad Riego y Drenaje). E.N.A. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 22.- Muller, M. and K.A. Santarivs. 1978. Changes in chloroplast membrane lipids during adaptation of berley to extreme salinity. *Plant Physiol.* 62:326-329.
- 23.- Palacios V., O. 1974. Sobre el desarrollo de una metodología de muestreo de suelos salinos. *Revista Agrociencia* No. 14. C.P., E.N.A. Chapingo, México.
- 24.- Palacios V., O. y E. Aceves N. 1970. Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. Serie de apuntes No.15. E.N.A. Chapingo, México.
- 25.- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española. S.A. Madrid, España.
- 26.- Richards, L.A. 1959. Availability of water to crops on saline soils. *Agriculture Information, Bulletin* No. 210.

Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture.

- 27.- Rodríguez, H.A. 1977. Causas de la reducción del crecimiento de trigo bajo condiciones de salinidad. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- 28.- Sheikholesiam, S.N. and H.B. Currier. 1977. Effect of water stress on turgor differences and ^{14}C -Assimilate movement in phloem of Ecballium elaterium. Plant Physiol. 59:381-383.
- 29.- Sukhatme, P.V. and B.V. Sukhatme. 1970. Sampling theory of surveys with applications. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A.
- 30.- Toro Yamane. 1967. Elementary sampling theory englewood cliffs. Prentice-Hall, N.S., U.S.A.
- 31.- Tsenov, I.E., B.P. Strognov, and V.V. Rabanov. 1973. Effect of NaCl on content and synthesis of nucleic acids in tomato tissues. Soviet Plant Phytol. 20:40-49.
- 32.- Villarreal, Z.J. 1970. Una forma sencilla de emplear el factor salinidad en la clasificación agrícola. S.R.H. Memorandum Técnico No. 283. México, D.F.

A P E N D I C E 1

CUADRO 22.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 1.

Profundidad en cm.	R		E		S		U		L		T		A		D		O		S		Clasificación Agronómica
	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CATIONES Mg/Lt.		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES Mg/Lt.		SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI g					
						Total	Total														
0 - 20	Migajón Arenoso	0.9	8.2	3.4	2.2	3.4	9.0	1.0	0.4	5.8	1.7	12.5	2.0	1.6	Normal						
20 - 50	Migajón Arenoso	3.4	8.3	10.8	5.1	18.1	34.0	0.6	1.5	24.9	6.9	33.9	6.5	7.6	Ligeramente Salino Ligeramente Sódico						
50 - 100	Migajón Arcilloso Arenoso	4.0	8.7	26.4	11.8	1.8	40.0	0.8	0.5	20.0	18.6	39.9	0.4	0.0	Ligeramente Salino						
100 - 150	Franco	0.8	9.2	2.1	1.3	4.6	8.0	1.2	1.3	3.3	2.1	7.9	3.3	3.9	Normal						
150 - 200	Migajón Arcilloso	0.7	9.0	4.0	1.0	2.0	7.0	0.6	0.6	3.7	2.0	6.9	0.5	2.0	Normal						
200 - 280	Migajón Arcilloso	0.9	8.9	3.4	2.2	3.4	9.0	0.4	0.4	5.8	1.7	8.9	2.0	1.8	Normal						

CUADRO 23.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 2.

Profundidad en cm.	R E S U L T A D O S										Clasificación Agronómica									
	R		E			S			U			L		T		A		D	O	S
	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻		Total	RAS	PSI %						
0 - 20	4.5	8.3	30.0	4.8	10.2	45.0	0.4	3.2	27.5	13.9	45.0	2.4	2.1	Mediamente Salino						
20 - 50	2.6	8.6	15.5	3.5	7.0	26.0	0.8	3.4	12.6	9.2	26.0	2.2	2.0	Ligeramente Salino						
50 - 100	3.0	8.9	25.5	2.7	1.8	30.0	0.4	1.2	12.8	15.5	29.9	0.5	0.0	Ligeramente Salino						
100 - 150	2.6	8.9	17.5	3.9	4.6	26.0	0.4	1.8	7.8	16.0	26.0	1.4	0.8	Ligeramente Salino						
150 - 200	1.1	8.9	5.1	2.3	3.6	11.0	0.8	1.4	3.9	4.9	11.0	3.0	3.1	Normal						
200 - 224	3.8	8.9	5.0	1.2	31.8	38.0	18.8	0.0	8.0	11.2	38.0	18.7	21.0	Ligeramente Salino Fuertemente Sódico						

CUADRO 24.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 3.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L			T		A		D		O		S	
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		Mg ⁺⁺	Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES		SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	FSI %	Clasificación Agronómica			
					Mex/Lit.	Mex/Lit.						SO ₄ ⁼	Cl ⁻									
0 - 20	Arcilloso	2.8	8.2	11.8	7.2	9.0	28.0	1.0	0.8	13.7	12.4	27.9	3.0	2.9	Ligeramente Salino							
20 - 50	Arcilloso	2.6	8.5	11.4	11.0	3.6	26.0	1.6	0.0	15.1	9.2	25.9	1.2	0.5	Ligeramente Salino							
50 - 100	Arcilloso	2.9	8.5	15.2	12.4	1.4	29.0	0.4	0.7	17.9	10.0	29.0	0.4	0.0	Ligeramente Salino							

CUADRO 25.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 4.

Profundidad en cm.	Textura	R		E		S		U		L		T		A		D	O	S	Clasificación Agronómica
		CE x 10 ³ a 25°C.	pH	CATIONES		Mg/Lt.		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES		Cl ⁻	Total	RAS	PSI %				
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺			CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼								
0 - 20	Migajón Arcillo-Arenoso	0.7	8.2	4.0	0.8	2.2	7.0	1.6	1.2	2.5	1.8	7.1	1.4	0.9	Normal				
20 - 50	Migajón Arcillo-Arenoso	1.4	8.7	10.0	2.0	2.0	14.0	0.8	0.9	10.3	2.0	14.0	0.8	0.1	Normal				
50 - 100	Franco	0.8	8.7	3.8	0.8	3.4	8.0	0.8	2.6	3.7	0.9	8.0	2.3	2.0	Normal				
100 - 150	Migajón Arcilloso	3.8	8.1	9.9	4.7	23.4	38.0	0.6	1.9	4.5	31.0	38.0	8.7	10.2	Ligeramente Salino Ligeramente Sódico				
150 - 200	Migajón Arcilloso	5.2	8.1	14.9	6.7	30.4	52.0	0.8	1.1	1.1	49.0	52.0	9.2	11.0	Medianamente Salino Ligeramente Sódico				
200 - 280	Migajón Arcilloso	4.5	8.1	17.6	9.6	17.8	45.0	1.2	0.0	21.4	21.4	44.0	4.8	4.2	Medianamente Salino				

CUADRO 26.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 5.

Profundidad en cm.	R		E			S			U			L			T			A		D	O	S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CATIONES		Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES		Cl ⁻	Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronómica				
						Mg ⁺⁺	Na ⁺					SO ₄ ⁼	SO ₄ ⁼									
0 - 20	Arcilloso	1.0	8.8	6.6	3.0	0.4	0.4	10.0	0.4	2.4	5.2	2.0	10.0	0.2	0.0	Normal						
20 - 50	Arcilloso	0.9	9.0	5.6	1.2	2.2	9.0	1.0	2.0	5.0	1.0	9.0	1.2	0.7	Normal							
50 - 100	Arcilloso	0.6	8.9	4.0	0.7	1.3	6.0	0.2	0.4	4.2	1.2	6.0	0.8	0.1	Normal							
100 - 150	Arcilloso	0.9	8.8	5.7	0.5	2.8	9.0	0.4	1.7	5.7	1.2	9.0	1.6	0.9	Normal							
150 - 200	Arcilloso	0.6	8.8	4.0	0.4	1.6	6.0	1.4	1.8	1.0	1.8	6.0	1.0	0.4	Normal							
200 - 270	Arcilloso	0.6	8.8	3.3	1.6	1.1	6.0	2.2	1.4	1.2	1.2	6.0	0.6	0.0	Normal							

CUADRO 27.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 6.

Profundidad en cm.	R		E		S		U		L		T			A		D		O		S	Clasificación Agronómica
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES		Cl ⁻	Total	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI %				
					Mg ⁺⁺	Na ⁺			SO ₄ ⁼	Cl ⁻											
0 - 20	Arcilloso	0.1	8.4	3.2	2.6	1.2	7.0	0.8	0.5	4.4	1.3	7.0	0.7	0.0	Normal						
20 - 50	Arcilloso	0.85	8.4	3.6	3.2	1.7	8.5	0.8	0.5	4.3	2.9	8.5	1.2	0.7	Normal						
50 - 100	Arcilloso	1.3	8.4	5.4	5.8	1.8	13.0	0.4	0.0	9.6	3.0	13.0	0.8	0.1	Normal						
100 - 150	Arcilloso	0.7	8.2	6.0	1.0	0.0	7.0	0.8	0.8	3.8	1.6	7.0	0.0	0.0	Normal						
150 - 170	Arcilloso	0.8	8.2	5.4	2.2	0.4	8.0	1.0	0.6	4.0	2.4	8.0	0.2	0.0	Normal						

CUADRO 28.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 7.

Profundidad en cm.	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	CATIONES Mes/Lit.				ANIONES Mes/Lit.				RAS	FSI %	Clasificación Agronómica	
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻				Total
0 - 20	Arcilloso	3.4	8.2	8.0	24.0	2.0	34.0	0.0	1.6	19.2	13.2	34.0	0.5	0.0	Ligeramente Salino
20 - 50	Arcilloso	0.7	7.8	4.1	0.7	2.2	7.0	0.5	0.5	3.0	2.0	6.0	1.1	0.6	Normal
50 - 100	Arcilloso	8.5	7.5	8.0	4.0	73.0	85.0	4.2	0.0	59.8	21.0	85.0	29.8	29.9	Fuertemente Sa- lino Fuertemente Sód- ico
100 - 150	Arcilloso	8.5	7.7	16.0	31.0	38.0	85.0	0.5	0.0	35.0	48.5	84.0	7.9	9.4	Fuertemente Sa- lino Ligeramente Sódico
150 - 200	Arcilloso	10.0	7.5	30.0	26.0	44.0	100.0	0.6	0.5	17.4	81.5	100.0	8.3	9.9	Fuertemente Sa- lino Ligeramente Sódico
200 - 240	Arcilloso	10.0	7.5	30.8	18.4	50.8	100.0	0.4	0.0	13.7	85.5	99.9	9.4	10.9	Fuertemente Sa- lino Ligeramente Sódico

CUADRO 29.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 8.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L		T			A		D		O		S	Clasificación Agronómica
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CATIONES Mes/Lt.		Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI %						
						ANIONES Mes/Lt.	Total															
0 - 20	Arcilloso	0.9	8.7	5.7	3.9	4.6	14.2	0.4	1.8	5.3	0.9	8.4	2.1	1.8	Normal							
20 - 50	Arcilloso	2.8	8.5	18.4	3.0	6.6	28.0	1.0	3.3	8.3	15.4	28.0	1.7	1.0	Ligeramente Salino							
50 - 100	Arcilloso	3.2	8.3	22.2	5.2	4.6	32.0	0.6	1.3	13.9	16.2	32.0	1.2	0.5	Ligeramente Salino							
100 - 150	Arcilloso	2.2	8.3	10.7	2.9	8.4	22.0	0.4	2.0	9.2	10.4	22.0	3.2	3.4	Ligeramente Salino							
150 - 200	Arcilloso	1.3	8.3	2.8	0.6	9.6	13.0	0.4	1.8	9.1	1.7	13.0	7.0	8.3	Ligeramente Sódico							
200 - 290	Arcilloso	2.8	8.3	6.8	5.0	16.2	28.0	0.8	1.2	9.4	16.6	28.8	6.8	7.9	Ligeramente Salino Ligeramente Sódico							

CUADRO 30.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 9.

Profundidad en cm.	R		E		S		U		L		T		A		D		O		S
	Textura	CE x 10 ³ a 25° C.	pH	CATIONES		ANIONES		CATIONES		ANIONES		RAS	PSI %	Clasificación Agronómica					
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	Total								
0 - 20	Arcilloso	0.8	8.0	3.8	3.4	0.8	0.8	8.0	0.4	0.7	3.7	3.2	8.0	0.4	0.0	Normal			
20 - 50	Arcilloso	1.0	8.2	5.0	3.8	3.2	12.0	0.5	1.0	6.2	2.3	10.0	1.4	0.9	Normal				
50 - 100	Arcilloso	0.9	8.2	5.0	0.8	3.8	9.6	0.5	1.0	5.5	2.0	9.0	2.2	1.9	Normal				
100 - 150	Arcilloso	0.8	8.1	3.6	3.6	0.8	8.0	1.2	0.8	3.8	2.1	7.9	0.4	0.0	Normal				

CUADRO 31.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 10.

Profundidad en cm.	R		E			S			U		L			T		A		D	O	S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	CATIONES Meq/Lit.			Total	ANIONES Meq/Lit.			Total	RAS	PSI	Clasificación Agronómica						
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼					Cl ⁻					
0 - 20	Arcillo- Limoso	1.6	8.4	3.6	11.2	0.2	15.0	1.8	0.0	10.4	2.8	15.0	0.1	0.0	Normal					
20 - 50	Arcilloso	3.4	8.6	32.8	0.8	0.4	34.0	0.4	0.7	27.1	5.8	34.0	0.1	0.0	Ligeramente Salino					
50 - 100	Arcilloso	2.2	8.2	4.8	16.8	0.4	22.0	0.5	0.1	17.6	3.8	22.0	0.1	0.0	Ligeramente Salino					
100 - 150	Arcilloso	1.1	8.4	4.8	4.4	1.8	11.0	0.5	0.0	7.9	2.6	11.0	0.8	0.1	Normal					
150 - 190	Arcilloso	1.1	8.4	4.4	4.6	2.0	11.0	0.5	0.5	7.7	2.3	11.0	1.8	1.4	Normal					

CUADRO 32.- Resultados de los análisis químicos del suelo del perfil 11.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L		T		A		D		O		S	Clasificación Agronómica
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES Meq/Lt.		CO ₃ ⁼⁼	ANIONES Meq/Lt.		RAS	PSI %										
					Mg ⁺⁺	Na ⁺		HCO ₃ ⁼⁼	SO ₄ ⁼⁼			Cl ⁻	Total	Total							
0 - 20	Arcilloso	4.0	8.0	25.0	6.6	8.4	40.0	0.2	0.1	11.8	1.8	13.9	2.5	2.4	Ligeramente Salino						
20 - 30	Arcilloso	6.5	7.4	23.1	13.7	28.2	65.0	4.4	0.6	55.9	4.1	65.0	6.6	7.7	Medianamente Salino Ligeramente Sódico						
50 - 100	Arcilloso	12.0	7.4	17.3	13.4	89.3	120.0	0.5	1.0	115.3	3.2	120.0	22.3	24.0	Fuertemente Sa- lino Fuertemente Sódico						
100 - 150	Arcilloso	10.5	8.3	15.5	20.5	69.0	105.0	0.8	0.7	80.6	22.8	104.9	16.4	18.9	Fuertemente Sa- lino Medianamente Sódico						
150 - 195	Arcilloso	5.9	8.3	15.4	13.4	30.2	59.0	4.0	7.0	18.0	30.0	59.0	7.9	9.2	Medianamente Salino Ligeramente Sódico						

CUADRO 33.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 12.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L			T			A		D		O		S
	Textura	CE. x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES Mg/Lt.		CO ₃ ⁼	Na ⁺	Total	ANIONES Mg/Lt.			SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronómica				
					Mg ⁺⁺	Mj ⁺⁺				HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻							Total			
0 - 20	Migajón Arcilloso	0.6	9.6	4.5	0.5	1.0	6.0	1.8	2.7	0.5	1.0	6.0	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	Normal	
20 - 50	Arcilloso	0.9	9.7	3.9	0.3	4.8	9.0	2.2	4.4	0.8	1.6	9.0	3.2	3.5	3.2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	Normal	
50 - 100	Arcilloso	0.7	9.4	1.8	1.2	4.0	7.0	0.0	1.8	2.0	3.2	7.0	3.0	3.3	3.0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	Normal	
100 - 144	Arcilloso	0.6	8.6	4.2	1.8	0.0	6.0	1.0	0.5	0.0	4.5	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Normal	

CUADRO 34.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 13.

Profundidad en cm.	R		E		S			U			L			T			A		D	O	S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	ANIONES	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronómica			
					Mg ⁺⁺	Na ⁺															
0 - 20	Arcilloso	0.7	9.6	4.5	0.5	2.0	7.0	0.8	1.0	0.7	4.5	7.0	1.2	0.6	Normal						
20 - 50	Arcilloso	0.7	9.2	3.4	0.8	2.8	7.0	1.0	1.5	2.8	1.7	7.0	1.9	1.4	Normal						
50 - 70	Arcilloso	0.7	8.8	3.2	1.8	2.0	7.0	2.2	0.6	2.0	4.0	8.8	1.2	0.7	Normal						

CUADRO 35.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 14.

Profundidad en cm.	R	E	S	U	L	T	A	D	O	S	Clasificación Agronómica										
												CE x 10 ³ a 25°C.	pH	CATIONES Meq/lit.			ANIONES Meq/lit.			RAS	PSI %
														Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼		
0 - 20	Migajón Arcillo- Arenoso	1.8	8.3	7.0	1.0	2.0	10.0	10.0	0.4	3.2	4.3	2.0	10.0	1.0	0.4	Normal					
20 - 50	Migajón Arcillo- Arenoso	0.7	8.3	5.0	0.1	1.9	7.0	7.0	3.8	0.5	0.8	1.9	7.0	1.1	0.6	Normal					
50 - 100	Migajón Arcilloso	1.0	8.1	7.3	0.9	1.8	10.0	10.0	0.2	2.6	5.0	2.2	10.0	0.4	0.0	Normal					
100 - 150	Arcilloso	0.5	8.0	3.3	0.4	1.3	5.0	5.0	1.2	1.6	1.4	0.8	5.0	1.0	0.4	Normal					
150 - 180	Arcilloso	1.0	8.0	5.6	3.0	1.4	10.0	10.0	0.9	1.2	6.9	1.0	10.0	0.7	0.0	Normal					

CUADRO 36.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 15.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L			T		A		D		O		S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES Mesq/Lit.		Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES Mesq/Lit.		Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronómica						
					Mg ⁺⁺	Na ⁺				SO ₄ ⁼	Cl ⁻										
0 - 20 Migajón Arcilloso	0.8	7.7	6.0	0.0	2.0	8.0	1.0	2.8	2.2	2.0	8.0	1.1	0.4	Normal							
20 - 50 Arcilloso	0.8	8.0	7.2	0.8	0.0	8.0	0.8	2.6	0.0	4.8	8.2	0.0	0.0	Normal							
50 - 100 Arcilloso	3.8	8.0	30.6	5.4	2.0	38.0	1.2	2.3	32.1	2.4	38.0	0.5	0.0	Ligeramente Salino							
100 - 150 Arcilloso	3.2	7.9	23.0	5.8	3.2	32.0	0.4	1.6	23.5	6.5	32.0	0.8	1.3	Ligeramente Salino							
150 - 172 Migajón Arcilloso	0.9	7.9	4.4	0.8	3.8	9.0	0.7	1.8	4.5	1.8	9.0	2.3	2.0	Normal							

CUADRO 37.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 16.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L		T			A			D		O		S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	CATIONES Mes/Lit.			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES Mes/Lit.		total	RAS	PSI %	Clasificación Agronómica								
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺			SO ₄ ⁼	Cl ⁻					total							
0 - 20	Arcilloso	11.0	7.2	17.0	8.3	84.7	110.0	4.0	0.2	40.8	65.0	110.0	24.2	15.9	Fuertemente Salino Medianamente Salino							
20 - 50	Arcilloso	15.0	7.4	33.0	45.5	71.5	150.0	0.6	0.8	37.6	111.0	150.0	11.5	13.5	Fuertemente Salino Ligeramente Sódico							
50 - 100	Arcilloso	12.0	7.4	29.2	46.0	44.8	120.0	1.5	2.0	1.0	115.5	120.0	7.3	8.7	Fuertemente Salino Ligeramente Sódico							
100 - 150	Migajón Arcilloso	15.0	7.4	39.7	21.8	88.5	150.0	1.2	1.8	1.0	146.0	150.0	14.8	17.0	Fuertemente Salino Medianamente Sódico							
150 - 200	Migajón Arcilloso	8.0	7.4	23.0	10.0	47.0	80.0	0.6	0.8	42.4	36.2	80.0	1.5	0.9	Fuertemente Salino							

CUADRO 38.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 17.

Profundidad en cm.	R		E		S		U		L		T		A		D		O		S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	ANIONES		RAS	PSI %	Clasificación Agronómica					
					Mg ⁺⁺	Mg ⁺⁺				HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼				Cl ⁻	Total			
0 - 20	Arcilloso	0.6	8.0	4.4	0.0	1.6	6.0	0.4	1.2	2.4	2.0	6.0	1.1	0.4	Normal				
20 - 50	Arcilloso	0.9	8.1	1.9	0.3	6.8	9.0	2.0	1.6	2.0	3.4	9.0	6.6	7.8	Ligeramente Sódico				
50 - 100	Arcilloso	5.2	7.8	17.3	8.7	26.0	52.0	4.0	5.0	1.0	42.0	52.0	7.2	8.5	Medianamente Salino Ligeramente Sódico				
100 - 130	Arcilloso	5.1	7.6	24.4	6.2	19.4	50.0	0.6	2.4	13.0	35.0	51.0	5.0	5.8	Medianamente Salino				

CUADRO 39.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 18.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L		T		A		D	O	S	Clasificación Agronómica
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES		Total	RAS	PSI %					
					Mg ⁺⁺	Na ⁺				SO ₄ ⁼	Cl ⁻				Mes/Lit.				
0 - 20	Arcilloso	2.6	7.7	11.2	2.2	12.6	26.0	1.8	8.6	7.9	7.7	26.0	5.1	5.9	Ligeramente Salino				
20 - 50	Arcilloso	2.9	7.7	9.6	3.6	15.4	28.6	2.0	0.8	15.0	11.2	29.0	6.2	7.3	Ligeramente Salino Ligeramente Sódico				
50 - 100	Arcilloso	3.8	7.6	19.8	7.8	10.4	38.0	1.0	0.9	27.2	8.9	38.0	2.8	3.9	Ligeramente Salino				
100 - 150	Arcilloso	2.6	7.7	11.2	6.0	8.8	26.0	0.8	2.0	15.9	7.3	26.0	3.0	3.0	Ligeramente Salino				
150 - 200	Arcilloso	2.2	7.5	10.4	5.6	6.0	22.0	4.0	0.0	11.5	6.5	22.0	2.1	1.8	Ligeramente Salino				
200 - 255	Arcilloso	3.6	7.5	26.7	6.7	2.6	36.0	0.8	1.6	25.9	7.7	36.0	0.7	1.0	Ligeramente Salino				

CUADRO 40.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 19.

Profundidad en cm.	R		E		S		U			L			T			A		D	O	S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES Meq/lit.		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES Meq/lit.		Total	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	RAS	PSI %	Clasificación Agronomica			
					Mj ⁺⁺	Na ⁺			SO ₄ ⁼	Cl ⁻										
0 - 20	Arcilloso	1.8	7.9	12.0	6.0	6.0	4.5	3.0	4.5	18.0	6.0	4.5	3.0	4.5	0.0	0.0	0.0	Normal		
20 - 50	Arcillo- Limoso	1.6	8.2	8.4	2.8	4.8	16.0	2.4	2.0	7.6	4.0	2.0	7.6	4.0	2.0	1.6	1.6	Normal		
50 - 100	Migajón Arcillo- Arenoso	1.4	7.7	5.6	2.7	5.7	14.0	1.2	0.8	4.9	6.8	13.7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	Normal		
100 - 150	Arcilloso	2.6	7.4	3.8	1.8	20.4	26.0	1.0	0.0	20.0	5.0	26.0	12.6	14.9	14.9	14.9	14.9	Ligeramente Salino Ligeramente Sódico		
150 - 200	Arcilloso	8.0	7.4	28.8	13.4	37.7	79.0	2.8	1.0	56.6	19.6	80.0	8.2	9.8	9.8	9.8	9.8	Fuertemente Salino Ligeramente Sódico		
200 - 272	Arcilloso	8.5	7.4	42.2	6.9	35.9	85.0	3.0	0.9	58.4	22.7	85.0	7.2	8.5	8.5	8.5	8.5	Fuertemente Salino Ligeramente Sódico		

CUADRO 41.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 20.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L		T			A		D	O	S
	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CATIONES Mg/Lt.		Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronomica			
0 - 20	0.6	8.5	5.0	0.3	0.7	6.0	1.0	0.5	2.3	2.2	6.0	0.4	0.0	Normal					

CUADRO 42.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 21.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L		T			A		D	O	S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		CO ₃ ⁼	Na ⁺	Total	HCO ₃ ⁼	ANIONES		RAS	PSI %	Clasificación Agronómica				
					Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺					SO ₄ ⁼	Cl ⁻				Total			
0 - 20	Arcilloso	1.2	7.9	6.2	2.3	3.5	12.0	1.2	0.6	7.7	2.5	12.0	1.7	1.1	Normal				
20 - 50	Arcillo- Limoso	2.4	8.4	10.0	2.3	11.7	24.0	2.4	2.1	13.8	5.7	24.0	4.8	5.3	Ligeramente Salino				
50 - 100	Arcilloso	3.4	8.3	7.5	5.3	21.2	34.0	1.4	0.9	20.0	11.7	34.0	8.2	9.7	Ligeramente Salino Ligeramente Sódico				
100 - 150	Arcilloso	3.4	8.3	16.0	8.0	21.2	45.2	1.4	1.2	15.5	13.3	31.4	4.0	4.4	Ligeramente Salino				
150 - 200	Arcilloso	6.0	7.8	32.5	2.5	25.0	60.0	1.6	0.2	52.3	5.9	60.0	6.0	7.1	Medianamente Salino Ligeramente Sódico				
200 - 300	Arcilloso	6.0	7.8	20.7	8.9	30.4	60.0	3.0	2.2	49.0	5.8	60.0	8.0	9.4	Medianamente Salino Ligeramente Sódico				

CUADRO 43.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 22.

Profundidad en cm.	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	R			E			S			U			L			T			A			D	O	S
				Ca ⁺⁺	Mg	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg	Na ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANTIONES Mg/Lit.	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronómica							
0 - 20	Arcilloso	1.1	8.1	3.0	3.8	4.2	11.0	0.2	0.8	8.1	1.9	11.0	2.2	2.0	Normal												
20 - 50	Arcilloso	1.6	7.9	1.8	8.4	5.8	16.0	0.2	0.8	10.2	4.8	16.0	2.6	2.4	Normal												
50 - 100	Arcilloso	2.8	7.9	2.4	2.0	23.6	28.0	0.5	0.3	14.2	13.0	28.0	15.7	17.9	Ligeramente Salino Medianamente Sólido												
100 - 150	Arcilloso	2.6	7.8	9.0	12.0	19.1	40.1	0.4	5.0	25.3	9.4	40.1	5.9	6.2	Ligeramente Salino												
150 - 200	Arcilloso	1.5	8.4	3.7	1.5	9.8	15.0	2.0	0.0	8.3	4.7	15.0	6.0	7.1	Ligeramente Sólido												
200 - 280	Arcilloso	1.7	8.4	2.6	-0	5.4	17.0	0.3	0.3	8.0	8.4	17.0	2.2	1.9	Normal												

CUADRO 44.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 23.

Profundidad en cm.	R		E		S			U		L			T		A		D	O	S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CATIONES Mesg/Lit.		Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES Mesg/Lit.		Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronomica			
						Na ⁺	Total				SO ₄ ⁼	Cl ⁻							
0 - 20	Arcilloso	1.0	8.3	4.5	1.4	4.0	10.0	1.2	2.2	4.8	1.8	10.0	2.3	2.0	Normal				
20 - 50	Arcilloso	1.5	8.4	8.3	2.0	4.7	15.0	1.4	2.6	4.4	6.6	15.0	2.0	1.6	Normal				
50 - 100	Arcilloso	1.5	8.3	7.8	1.0	6.2	15.0	1.4	2.2	7.4	4.0	15.0	2.9	3.0	Normal				
100 - 150	Arcilloso	2.2	8.3	14.0	6.0	2.0	22.0	1.0	2.5	13.0	5.5	22.0	0.7	0.0	Ligeramente Salino				
150 - 200	Arcilloso	2.4	8.5	7.6	3.6	12.8	24.0	0.8	0.7	19.8	2.7	24.0	5.4	6.2	Ligeramente Salino				
200 - 270	Arcilloso	3.7	8.5	7.8	4.4	8.8	21.0	0.8	0.5	29.3	6.4	37.0	3.6	4.0	Ligeramente Salino				

CUADRO 45.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 24.

Profundidad en cm.	R		E		S		U			L		T				A		D		O		S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES Meq/lit.			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES Meq/lit.			RMS	PSI %	Clasificación Agronómica							
					Mg ⁺⁺	Na ⁺	Total			SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total										
0 - 20	Arcilloso	2.9	8.1	19.6	2.0	7.4	29.0	0.2	0.8	17.1	10.8	28.9	2.2	1.9	Ligeramente Salino							
20 - 50	Arcilloso	2.8	8.2	13.0	5.0	10.0	28.0	2.0	0.8	14.6	10.6	28.0	3.3	3.5	Ligeramente Salino							
50 - 100	Arcilloso	1.6	8.2	5.2	2.0	8.8	16.0	2.0	1.8	1.4	10.8	16.0	4.7	5.2	Normal							
100 - 150	Arcilloso	1.6	8.2	4.0	3.5	8.5	16.0	2.0	0.0	0.5	13.5	16.0	4.4	4.9	Normal							
150 - 200	Arcilloso	1.7	8.2	4.3	1.7	11.0	17.0	4.0	4.0	5.0	4.0	17.0	6.2	7.5	Ligeramente Sódico							
200 - 270	Arcilloso	5.2	8.2	20.4	9.4	22.4	52.2	3.0	9.0	32.3	7.7	52.0	5.9	6.9	Medianamente Salino							

CUADRO 46.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 25.

Profundidad en cm.	R		E		S		U		L		T			A		D		O	S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		Mg ⁺⁺		Na ⁺		CO ₃ ⁼	ANIONES			RAS	PSI %	Clasificación Agronómica		
					Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼		SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total					
0 - 20	Arcilloso	0.7	8.6	5.0	0.3	1.7	7.0	0.6	1.9	2.9	1.6	7.0	1.0	0.3	Normal				
20 - 50	Arcilloso	2.4	8.7	3.9	15.3	4.8	24.0	2.2	2.4	17.6	1.8	24.0	1.5	0.9	Ligeramente Salino				
50 - 100	Arcilloso	1.9	8.7	12.1	1.7	5.2	19.0	0.8	1.3	9.5	7.4	19.0	2.0	1.6	Normal				
100 - 130	Arcilloso	3.4	8.6	28.0	2.0	4.0	34.0	0.8	1.4	15.4	16.4	34.0	1.1	0.5	Ligeramente Salino				

CUADRO 47.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 26.

Profundidad en cm.	R		E		S		U		L		T		A		D		O		S	Clasificación Agronómica
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	CATIONES		ANIONES		CATIONES		ANIONES		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI %		
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Mesq/Lit.	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻									
0 - 20	Arcilloso	0.6	8.5	3.0	0.8	2.2	6.0	0.8	3.2	6.5	2.5	13.0	1.7	1.1	Normal					
20 - 50	Arcilloso	0.8	8.2	5.0	3.2	0.0	8.2	1.2	1.7	4.2	0.9	8.0	0.0	0.0	Normal					
50 - 100	Arcilloso	0.8	8.4	4.1	0.3	3.6	8.0	2.2	0.0	4.2	1.6	8.0	2.4	2.1	Normal					
100 - 127	Arcilloso	2.0	8.8	6.0	0.5	13.5	20.0	2.0	1.0	8.3	8.7	20.0	7.7	8.9	Ligeramente Salino Ligeramente Sódico					

CUADRO 48.- Resultados de los análisis químicos del suelo del Perfil 27.

Profundidad en cm.	R		E		S		U			L			T			A		D		O		S
	Textura	CE x 10 ³ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES Meq/Lt.		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES Meq/Lt.		SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	RAS	PSI %	Clasificación Agronómica						
					Mg ⁺⁺	Na ⁺			SO ₄ ⁼	Total												
0 - 20	Migajón Arcilloso	0.9	8.0	5.4	0.8	2.8	8.0	1.4	1.8	3.5	2.3	9.0	1.5	1.0	Normal							
20 - 50	Migajón Arcilloso	0.2	8.0	1.7	0.3	0.0	2.0	0.6	0.7	0.0	0.7	2.0	0.0	0.0	Normal							
50 - 100	Migajón Arcilloso	1.4	8.0	7.9	3.1	3.0	14.0	1.2	1.6	6.3	4.9	14.0	0.9	1.4	Normal							

A P E N D I C E 2

CUADRO 49.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo
1. (Entrada Presa Grande).

FECHA	LOCALIDAD: MARIN, N.L.		SITIO: ENTRADA PRESA GRANDE (1)										1982-83									
	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	R		E		S		U		L		T		A		D		O		S	
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Total	CO ₃ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻	Total	ANIONES Mex/Lt.	SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	PSP %	B ppm	Clasifi- cación:			
OCT.22	1370	7.7	6.2	1.8	5.7	13.7	0.0	4.9	4.9	4.0	13.8	7.5	6.4	2.8	0.0	76.0	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
NOV.19	1280	7.9	6.8	1.3	4.7	12.8	0.0	4.3	6.5	4.2	15.0	6.0	7.4	2.3	0.0	78.3	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
DIC.13	1600	7.7	3.2	6.4	6.4	16.0	0.1	2.9	8.6	4.3	15.9	12.8	8.6	2.9	0.0	43.2	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
ENE. 6	1800	7.7	7.2	3.5	7.3	18.0	0.0	4.6	8.8	4.5	17.9	10.8	8.9	3.1	0.0	67.6	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
FEB. 8	1200	7.9	5.6	4.2	2.2	12.0	0.0	5.9	1.0	5.5	12.4	6.1	6.1	1.0	0.0	36.1	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
MAR.10	1400	7.5	8.0	3.2	3.8	15.0	0.0	5.0	4.0	4.3	13.3	7.0	6.3	1.6	0.0	54.3	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
ABR.25	1400	7.9	6.9	2.7	4.4	14.0	0.0	5.1	4.3	4.6	14.0	7.1	6.7	2.0	0.0	61.9	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
MAY.14	1300	8.1	4.6	4.2	4.2	13.0	0.2	2.8	5.8	4.1	12.9	8.4	7.0	2.0	0.0	50.0	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
JUN.13	1700	7.7	5.5	3.2	8.3	17.0	0.8	3.6	8.7	3.9	17.0	12.6	8.2	4.0	0.0	65.8	0.2	-	-	-	-	C ₃ S ₁
JUL. 8	1200	8.5	7.6	1.0	3.4	12.0	1.0	3.4	4.1	3.4	11.9	4.4	5.4	1.6	0.0	77.3	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
AGO.12	1100	7.5	4.9	3.0	3.1	11.0	0.0	1.2	1.0	8.8	11.0	8.8	9.3	1.6	0.0	35.2	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
SEP. 9	1200	8.0	6.4	0.4	5.2	12.0	0.0	4.9	4.6	2.5	12.0	5.6	4.8	2.8	0.0	92.9	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁
OCT. 9	1200	8.1	7.0	3.0	2.0	12.0	0.6	4.3	1.9	5.2	12.0	5.2	6.2	0.9	0.0	38.4	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁

CUADRO 50.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 2 (Presa Grande).

1982-83

SITIO: PRESA GRANDE (2)

LOCALIDAD: MARIN, N.L.

FECHA	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	R			E			S	U			L			T	A	D	O	S
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼		ANIONES	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.					
OCT. 22																				
NOV. 19	1280	7.7	4.0	2.9	5.9	12.8	0.0	1.7	6.9	5.8	14.4	8.8	9.2	3.1	0.0	67.0	-	-	C ₃ S ₁	
DIC. 13	1300	7.6	5.0	3.2	4.8	13.0	0.0	1.9	5.6	5.4	12.9	8.0	8.2	2.4	0.0	60.0	-	-	C ₃ S ₁	
ENE. 6	1300	7.5	6.0	2.2	4.8	13.0	0.4	1.7	5.6	5.2	12.9	7.0	8.0	2.4	0.0	68.6	-	-	C ₃ S ₁	
FEB. 8	1100	8.0	4.7	2.8	3.5	11.0	0.0	2.0	3.0	6.0	11.0	6.3	7.5	1.8	0.0	55.6	-	-	C ₃ S ₁	
MAR. 10	1000	7.7	6.1	2.6	1.3	10.0	0.0	3.3	0.4	6.3	10.0	6.3	6.5	0.6	0.0	20.6	-	-	C ₃ S ₁	
ABR. 25	1300	7.9	4.8	3.2	5.0	13.0	0.0	0.0	7.1	6.0	13.1	8.3	9.5	2.5	0.0	60.2	-	-	C ₃ S ₁	
MAY. 14	1400	8.2	3.1	4.9	7.0	14.0	1.0	0.7	6.2	6.1	14.0	10.9	9.2	3.5	0.0	64.2	-	-	C ₃ S ₁	
JUN. 13	2400	8.0	4.7	2.6	16.7	24.0	0.6	1.5	17.1	4.7	23.9	19.3	13.2	8.7	0.0	86.5	0.6	0.6	C ₄ S ₁	
JUL. 8	1300	8.4	4.0	2.9	6.1	13.0	0.6	0.7	6.7	4.9	12.9	9.0	8.2	3.3	0.0	67.8	0.9	0.9	C ₃ S ₁	
AGO. 12	1400	8.1	4.8	2.8	6.4	14.0	0.0	1.2	6.8	6.0	14.0	9.2	9.4	3.2	0.0	69.5	0.9	0.9	C ₃ S ₁	
SEP. 9	1400	7.8	2.1	5.1	6.8	14.0	1.0	0.5	7.0	5.5	14.0	11.9	9.0	3.5	0.0	57.1	-	-	C ₃ S ₁	
OCT. 9	1300	8.2	5.1	4.9	3.0	13.0	0.7	1.5	5.1	5.7	13.0	7.9	8.3	1.3	0.0	37.9	-	-	C ₃ S ₁	

CUADRO 51.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo
3. (Salida Presa Grande).

LOCALIDAD: MARIN, N.L. SITIO: SALIDA PRESA GRANDE (3) 1982-83

FECHA	CE x 10 ⁶ a 25°C.	PH	P			E			S			U			L			T			A			D			O			Clasifi- cación
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CATIONES Meg/Lt.			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES Meg/Lt.			SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	PSP %	B ppm											
						Total	SO ₄ ⁼	Cl ⁻			Total	SO ₄ ⁼	Cl ⁻							Total	CSR Meg/Lt.	PSP %	B ppm							
OCT.22	1410	7.8	5.2	1.8	7.1	14.1	0.3	1.4	6.5	5.8	14.0	8.9	9.0	3.8	0.0	79.7	-	C ₃ S ₁												
NOV.19	1320	7.6	3.8	3.1	6.3	13.2	0.0	1.8	7.8	5.9	15.5	9.4	9.8	3.4	0.0	67.0	-	C ₃ S ₁												
DIC.13	1400	7.9	4.5	3.9	5.6	14.0	0.0	1.9	7.0	5.2	14.1	9.5	8.7	2.7	0.0	58.9	-	C ₃ S ₁												
ENE. 6	1300	8.0	6.1	2.1	4.8	13.0	0.1	2.8	4.7	5.4	13.0	6.9	7.7	2.4	0.0	69.6	-	C ₃ S ₁												
FEB. 8	1200	8.0	4.5	2.1	5.4	12.0	0.0	2.2	3.1	6.0	11.3	7.5	7.5	3.0	0.0	72.0	-	C ₃ S ₁												
MAR.10	2000	8.3	4.2	4.3	11.5	20.0	0.0	3.6	12.4	4.5	20.5	16.3	10.7	5.6	0.0	70.6	-	C ₃ S ₁												
ABR.25	1300	7.8	4.8	3.3	4.9	13.0	0.0	1.3	6.1	5.6	13.0	8.2	8.6	2.4	0.0	59.7	-	C ₃ S ₁												
MAY.14	1300	8.1	3.1	3.7	6.2	13.0	3.2	0.2	3.9	5.6	12.9	9.6	7.6	3.4	0.0	64.6	-	C ₃ S ₁												
JUN.13	2000	8.0	4.7	2.8	12.5	20.0	1.0	0.8	9.6	4.7	16.1	15.4	9.5	6.4	0.0	81.1	0.7	C ₃ S ₁												
JUL. 8	1300	8.4	4.6	2.4	6.0	13.0	0.8	0.9	6.5	4.9	13.1	8.5	8.1	3.2	0.0	70.6	0.8	C ₃ S ₁												
AGO.12	1300	8.2	5.4	1.6	6.0	13.0	0.0	1.4	5.6	6.0	13.0	7.6	8.8	3.2	0.0	78.9	0.9	C ₃ S ₁												
SEP. 9	1300	7.7	2.2	5.3	5.5	13.0	1.2	1.3	5.0	5.5	13.0	10.5	8.0	2.8	0.0	52.4	-	C ₃ S ₁												
OCT. 9	1400	8.1	4.3	4.8	4.9	14.0	0.5	1.5	5.4	6.6	14.0	9.7	9.3	2.3	0.0	51.0	-	C ₃ S ₁												

CUADRO 52.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo
4. (Pozo Profundo Sin Uso).

1982-83

SITIO: POZO PROFUNDO SIN USO (4)

LOCALIDAD: MARIN, N.L.

FECHA	R			E			S			U			L			T			A			D			O			S		
	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CANTONES Meg/Lt.			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES Meg/Lt.			SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	PSP %	B ppp	Clasifi cación											
					Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼			SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total																		
OCT.22	1550	7.6	1.8	0.5	13.2	15.5	0.3	7.1	3.3	5.5	16.2	13.2	7.1	12.3	5.1	100.0	-	C ₃ S ₂												
NOV.19	1480	7.4	1.3	1.5	12.0	14.8	0.0	6.9	4.4	6.1	17.4	12.0	8.3	10.1	4.1	100.0	-	C ₃ S ₂												
DIC.13	1700	7.8	2.9	1.3	12.8	17.0	0.2	6.7	4.3	5.8	17.0	12.8	7.9	8.8	2.7	100.0	-	C ₃ S ₁												
ENE. 6	1600	7.9	2.3	1.2	12.5	16.0	0.0	7.5	2.4	6.1	16.0	12.5	7.3	9.4	4.0	100.0	-	C ₃ S ₁												
FEB. 8	1500	7.7	2.0	1.5	11.5	15.0	0.0	7.1	1.3	6.6	15.0	11.5	7.3	8.7	3.6	100.0	-	C ₃ S ₁												
MAR.10	1500	7.4	3.5	2.1	9.4	15.0	0.0	7.6	2.5	6.6	16.7	11.1	7.9	5.6	2.0	85.1	-	C ₃ S ₁												
ABR.25	1500	7.8	3.6	0.4	11.0	15.0	0.0	4.4	5.1	5.5	15.0	11.0	8.1	7.8	0.4	100.0	-	C ₃ S ₁												
MAY.14	1400	7.8	1.5	1.1	11.4	14.0	6.0	3.3	0.3	4.2	13.8	11.4	4.4	10.0	6.7	100.0	-	C ₃ S ₂												
JUN.13	1600	7.8	2.1	1.3	12.6	16.0	0.4	6.4	4.2	5.0	16.0	12.6	7.1	9.7	3.4	100.0	0.5	C ₃ S ₁												
JUL. 8	1450	8.1	2.0	0.8	11.7	14.5	1.4	5.9	2.8	4.4	14.5	11.7	5.8	9.8	4.5	100.0	-	C ₃ S ₁												
AGO.12	1500	8.1	1.6	1.4	12.0	15.0	0.0	7.0	1.0	7.0	15.0	12.0	7.5	9.8	4.0	100.0	-	C ₃ S ₁												
SEP. 9	1400	7.8	1.5	1.2	11.3	14.0	1.2	3.8	4.8	4.2	14.0	11.3	6.6	9.8	2.3	100.0	-	C ₃ S ₁												
OCT. 9	1600	7.8	2.3	2.0	11.7	16.0	0.1	7.5	2.0	6.4	16.0	11.8	7.4	8.1	3.4	100.0	-	C ₃ S ₁												

CUADRO 53.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo
5. (Arroyo El Salitre).

LOCALIDAD: MARIN, N.L. SITIO: ARROYO EL SALITRE (5) 1982-83

FECHA	R										U				L				T				A				D				O				S
	CE x 10 ⁶ a 25°C.		pH	CATIONES Mex/Lt.				CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES Mex/Lt.				SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	PSP %	B ppm	Clasifi- cación															
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		Na ⁺	Total	Ca ⁺⁺	SO ₄ ⁼			Cl ⁻	Total	CSR	PSP								B	Clasifi- cación													
OCT.22	1650	7.6	5.3	1.9	9.3	16.5	0.0	1.4	8.9	6.1	16.4	11.2	10.5	4.9	0.0	83.0	-	C ₃ S ₁																	
NOV.19	7200	7.0	17.2	12.3	42.5	72.0	0.0	3.6	31.4	31.0	66.0	54.8	46.7	11.0	0.0	77.5	-	C ₄ S ₂																	
DIC.13	3200	7.4	9.6	16.4	6.0	32.0	0.3	3.5	1.8	26.3	31.9	26.4	27.2	1.7	0.0	22.7	-	C ₄ S ₁																	
ENE. 6	5300	7.6	16.1	11.7	25.2	53.0	0.0	4.5	22.2	26.2	52.9	36.9	37.3	6.8	0.0	68.3	-	C ₄ S ₁																	
FEB. 8	5500	7.3	15.5	13.7	25.8	55.0	0.0	5.0	23.3	28.8	57.0	39.5	40.4	6.8	0.0	65.3	-	C ₄ S ₁																	
MAR.10	6500	7.9	5.9	21.3	37.8	65.0	0.0	3.5	37.5	23.5	64.5	59.1	42.3	10.2	0.0	64.0	-	C ₄ S ₂																	
ABR.25	5600	7.4	19.0	16.8	20.2	56.0	0.0	1.6	24.7	29.7	56.0	37.0	42.0	4.8	0.0	54.6	-	C ₄ S ₁																	
MAY.14	8000	7.4	21.0	16.6	42.4	80.0	1.6	2.2	46.0	39.2	80.0	59.0	62.2	9.8	0.0	71.9	-	C ₄ S ₁																	
JUN.13	7400	7.4	18.3	13.3	42.4	74.0	1.4	2.8	38.5	31.4	74.1	55.8	50.6	10.7	0.0	76.0	4.3	C ₄ S ₂																	
JUL. 8	9200	7.6	22.5	14.9	54.6	92.0	0.6	3.4	54.2	33.9	92.1	69.6	61.0	12.6	0.0	78.4	8.4	C ₄ S ₂																	
AGO.12	3000	7.9	6.4	6.2	17.4	30.0	0.0	3.0	7.6	19.4	30.0	23.6	23.2	6.9	0.0	73.7	2.6	C ₄ S ₁																	
SEP. 9	6500	7.4	14.0	9.2	40.8	65.0	0.1	3.0	38.4	23.5	65.0	51.0	42.7	12.0	0.0	80.0	-	C ₄ S ₂																	
OCT. 9	7500	7.8	11.1	38.9	25.0	75.0	0.0	3.4	35.5	36.1	75.0	63.9	53.9	5.0	0.0	39.1	-	C ₄ S ₁																	

CUADRO 54.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo
6. (Presa Nueva).

FECHA	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	R			E			S			U			L			T			A			D			O			S
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CATIONES		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	ANIONES		SE	SP	RAS	CSR	FSP	B	Clasifi- cación											
						Meg/Lt.	Total				Meg/Lt.	Total								Meg/Lt.	Total	Meg/Lt.	Total	Meg/Lt.	Total	Meg/Lt.	Total	Meg/Lt.	Total	
OCT. 22	1470	7.5	5.1	1.1	8.5	14.7	0.0	1.9	7.7	5.2	14.8	9.6	9.0	4.8	0.0	88.5	-	C ₃ S ₁												
NOV. 19	2320	7.4	5.0	5.3	12.9	23.2	0.6	0.0	13.3	10.5	24.4	18.2	17.1	5.7	0.0	70.9	-	C ₄ S ₁												
DIC. 13	790	7.6	2.2	3.5	1.3	7.0	0.0	1.4	2.5	3.1	7.0	4.8	4.3	0.7	0.0	27.1	-	C ₂ S ₁												
ENE. 6	1200	7.8	4.6	2.2	5.2	12.0	0.5	1.5	5.6	4.3	11.9	7.4	7.1	2.8	0.0	70.3	-	C ₃ S ₁												
FEB. 8	1800	7.7	5.2	3.5	9.3	18.0	0.0	2.2	8.2	7.8	18.2	12.8	11.9	4.5	0.0	72.7	-	C ₃ S ₁												
MAR. 10	1100	7.5	4.5	3.5	3.0	11.0	0.0	3.7	2.6	5.0	11.3	6.8	6.3	1.5	0.0	44.2	-	C ₃ S ₁												
ABR. 25	1500	8.0	4.1	4.7	6.2	15.0	0.0	1.4	7.6	6.0	15.0	10.9	9.8	2.9	0.0	56.8	-	C ₃ S ₁												
MAY. 14	1900	7.9	4.8	3.7	10.5	19.0	0.6	2.4	8.4	7.5	18.9	14.2	11.7	5.1	0.0	73.9	-	C ₃ S ₁												
JUN. 13	1200	8.0	3.2	0.7	8.1	12.0	0.6	1.5	7.9	2.0	12.0	8.8	5.9	5.8	0.0	92.0	0.1	C ₃ S ₁												
JUL. 8	1000	8.3	3.2	1.9	4.9	10.0	0.8	3.1	3.9	2.2	10.0	6.1	4.2	3.1	0.0	80.3	-	C ₃ S ₁												
AGO. 12	1000	8.4	3.1	1.9	5.0	10.0	0.0	2.3	0.7	7.0	10.0	6.9	7.4	3.2	0.0	72.4	-	C ₃ S ₁												
SEP. 9	900	8.3	3.4	0.6	5.0	9.0	0.0	1.3	4.2	3.5	9.0	5.6	5.6	3.5	0.0	89.3	-	C ₃ S ₁												
OCT. 9	1100	8.3	3.2	3.1	4.7	11.0	0.0	1.6	5.1	4.3	11.0	7.8	6.9	2.6	0.0	60.2	-	C ₃ S ₁												

LOCALIDAD: MAPIN, N.L.

SITIO: PRESA NUEVA (6)

1982-83

CUADRO 55.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 7. (Papalote).

LOCALIDAD: MARIN, N.L. SITIO: PAPALOTE (7) 1982-83

FECHA	CE x 10 ⁶ p 25°C.	pH	R			E			S			U			L			T			A			D			O			S
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CATIONES Meq/lit.			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES Meq/lit.	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	SE Meq/Lt.	SP Meq/Lt.	RAS	CSR Meq/Lt.	FSP %	B ppp	Clasifi- cación									
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺														Total	Total							
OCT. 22	2430	7.4	11.3	4.4	8.6	24.3	0.0	5.5	12.1	8.5	26.1	13.0	14.5	3.0	0.0	66.1	-	-	C ₄ S ₁											
NOV. 19	2250	7.4	9.7	2.2	10.6	22.5	0.0	4.8	14.1	9.3	28.2	12.8	16.3	4.3	0.0	82.8	-	-	C ₃ S ₁											
DIC. 13	1300	7.8	5.8	4.4	2.8	13.0	0.4	4.2	0.0	8.4	13.0	7.4	8.4	1.2	0.0	37.8	-	-	C ₃ S ₁											
ENE. 6	2200	7.9	10.4	6.2	5.4	22.0	0.0	4.5	8.5	9.0	22.0	11.6	13.2	1.9	0.0	46.6	-	-	C ₃ S ₁											
FEB. 8	2400	7.7	9.2	10.1	4.7	24.0	0.0	2.9	9.5	9.6	22.0	14.8	14.4	1.5	0.0	31.8	-	-	C ₄ S ₁											
MAR. 10	2000	8.1	6.2	12.9	0.9	20.0	0.0	4.4	5.9	11.0	21.3	15.1	14.0	0.3	0.0	6.0	-	-	C ₃ S ₁											
ABR. 25	2450	8.3	9.8	9.0	5.7	24.5	0.0	3.9	12.4	8.2	24.5	14.7	14.4	1.9	0.0	38.8	-	-	C ₄ S ₁											
MAY. 14	2200	8.0	8.1	9.1	4.8	22.0	0.0	5.9	7.1	8.8	21.8	13.9	12.4	1.6	0.0	34.5	-	-	C ₃ S ₁											
JUN. 13	2400	8.0	11.7	5.8	6.5	24.0	0.6	5.1	15.7	2.6	24.0	12.3	10.4	2.2	0.0	52.8	0.1	-	C ₄ S ₁											
JUL. 8	2600	8.2	8.2	8.9	8.9	26.0	1.2	4.4	12.1	8.3	26.0	17.8	14.3	3.0	0.0	50.0	-	-	C ₄ S ₁											
AGO. 12	1800	8.2	8.5	7.3	2.2	18.0	0.0	5.3	1.7	11.0	18.0	11.0	11.9	0.8	0.0	20.0	-	-	C ₃ S ₁											
SEP. 9	2600	7.8	7.2	6.4	12.4	26.0	0.0	4.5	13.0	8.5	26.0	18.8	15.0	4.8	0.0	66.0	-	-	C ₄ S ₁											
OCT. 9	2400	8.1	5.3	17.4	0.3	24.0	1.0	4.5	8.0	10.5	24.0	18.7	14.5	0.1	0.0	1.62	-	-	C ₄ S ₁											

CUADRO 56.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 8. (Depósito Loma).

LOCALIDAD: MARIN, N.L. SITIO: DEPOSITO LOMA (8) 1982-83

FECHA	R		E			S			U			L			T			A			D			O			Clasificación
	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	CATIONES		Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	ANIONES		Cl ⁻	Total	SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	PSP & TPT	B TPT	B TPT	B TPT	B TPT	B TPT	B TPT			
				Mg ⁺⁺	Na ⁺					CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼														SO ₄ ⁼		
OCT. 22	1630	7.2	9.0	2.2	5.1	16.3	0.0	5.3	5.0	4.4	14.7	7.3	6.9	2.1	0.0	69.8	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
NOV. 19	1720	7.6	5.9	2.4	8.9	17.2	0.0	5.3	5.4	4.8	15.5	11.3	7.5	4.4	0.0	78.76	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
DIC. 13	1100	8.2	4.0	5.8	1.2	11.0	0.1	4.8	1.9	4.3	10.9	6.1	5.2	0.5	0.0	19.67	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
ENE. 6	1800	8.1	11.8	1.5	4.7	18.0	0.0	5.7	7.7	4.6	18.0	6.2	8.4	1.8	0.0	75.8	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
FEB. 8	1800	7.9	11.6	1.2	5.2	18.0	0.0	5.3	7.80	4.85	17.95	6.4	8.75	2.055	0.0	81.25	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
MAR. 10	1650	7.7	13.0	3.3	0.2	16.5	0.0	5.9	5.9	5.0	16.8	5.0	7.95	0.07	0.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
ABR. 25	1800	8.0	10.3	4.5	3.2	18.0	0.0	4.0	9.6	4.4	18.0	7.7	9.2	1.2	0.0	41.5	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
MAY. 14	1700	8.3	7.8	5.5	3.7	17.0	0.0	6.1	6.6	4.4	17.1	9.3	7.7	1.4	0.0	39.7	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
JUN. 13	3000	7.7	13.0	5.9	11.1	30.0	1.0	2.1	14.8	12.1	30.0	17.0	19.5	3.6	0.0	65.3	0.5	-	-	-	-	-	-	-	C ₄ S ₁		
JUL. 8	4800	7.8	17.3	11.3	19.4	48.0	2.0	1.6	24.5	19.9	48.0	30.7	32.1	5.1	0.0	63.2	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₄ S ₁		
AGO. 12	1600	8.4	5.0	3.5	7.5	16.0	0.0	5.5	0.5	10.0	16.0	10.0	10.25	3.6	0.0	75.0	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		
SEP. 9	1300	8.1	2.5	5.4	5.1	13.0	0.0	4.3	4.5	4.2	13.0	8.7	6.45	2.6	0.0	58.6	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₄ S ₁		
OCT. 9	1400	8.4	5.8	5.9	2.3	14.0	0.7	1.5	6.65	5.15	14.00	8.2	8.47	0.95	0.0	28.0	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₃ S ₁		

CUADRO 57.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo
9. (Bomba Campo Futbol).

LOCALIDAD: MARIN, N.L. SITIO: BOMBA CAMPO FUTBOL (9) 1982-83

FECHA	R										E				S			U			L				T		A			D		O		S
	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na ⁺		Total		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	ANIONES			SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	PSP %	B ppm	Clasifi- cación									
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻			SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total																			
OCT. 22	1310	7.2	7.4	1.3	4.4	13.1	0.0	6.1	3.8	3.6	13.5	5.7	5.5	2.1	0.0	0.0	77.1	-	C ₃ S ₁															
NOV. 19	1320	7.4	3.8	1.7	7.7	13.2	0.0	5.3	5.8	3.8	14.6	7.9	6.7	4.6	0.0	100.0	-	C ₃ S ₁																
DIC. 13	1300	8.1	5.2	4.7	3.1	13.0	0.2	4.9	4.9	2.9	12.9	7.8	5.3	1.4	0.0	39.7	-	C ₃ S ₁																
ENE. 6	1200	8.2	7.5	1.1	3.4	12.0	0.0	5.4	3.8	2.7	11.9	4.5	4.6	1.6	0.0	75.6	-	C ₃ S ₁																
FEB. 8	1200	7.7	8.4	1.3	2.3	12.0	0.0	6.2	2.7	3.2	12.0	3.6	4.5	0.5	0.0	63.9	-	C ₃ S ₁																
MAR. 10	1300	8.0	3.9	4.5	4.6	13.0	0.0	5.4	3.6	4.2	13.2	7.8	6.0	2.2	0.0	59.0	-	C ₃ S ₁																
ABR. 25	1900	8.0	6.6	3.1	9.3	19.0	0.0	4.5	10.7	3.8	19.0	12.4	9.1	4.2	0.0	75.0	-	C ₃ S ₁																
MAY. 14	1300	7.9	3.6	5.2	4.2	13.0	0.4	5.8	2.8	3.9	12.9	6.8	5.3	2.0	0.0	61.7	-	C ₃ S ₁																
JUN. 13	1400	8.1	8.2	1.8	4.0	14.0	0.8	5.6	4.5	3.1	14.0	5.8	5.3	1.8	0.0	68.9	0.2	C ₃ S ₁																
JUL. 8	1500	8.4	6.4	3.6	5.0	15.0	1.4	4.8	4.9	3.9	15.0	8.6	6.4	2.2	0.0	58.1	-	C ₃ S ₁																
AGO. 12	1800	8.3	6.4	4.9	6.7	18.0	0.0	5.0	1.0	12.2	18.0	12.0	12.7	2.8	0.0	55.8	-	C ₃ S ₁																
SEP. 9	2000	7.7	8.2	1.3	11.5	20.0	0.0	6.0	6.0	8.0	20.0	11.8	11.0	5.3	0.0	97.4	-	C ₃ S ₁																
OCT. 9	2000	8.4	7.2	9.8	3.0	20.0	0.0	6.7	6.2	7.2	20.0	12.8	10.2	1.0	0.0	23.4	-	C ₃ S ₁																

CUADRO 58.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 10. (Depósito Aulas).

FECHA	LOCALIDAD: MARIN, N.L.		SITIO: DEPOSITO AULAS (10)										1982-83							
	R		E		S		U		L		T		A		D		O		S	
	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Total	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total	SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	PSP %	B ppm	Clasifi- cación		
OCT. 22	1090	7.2	4.4	0.1	6.4	10.9	0.0	5.7	2.9	2.6	11.2	6.4	4.0	4.2	1.2	100.0	-	C ₃ S ₁		
NOV. 19	1180	7.2	4.3	0.3	7.2	11.8	0.0	5.7	4.6	2.9	13.2	7.2	5.2	4.7	1.1	100.0	-	C ₃ S ₁		
DIC. 13	900	8.0	4.3	4.7	0.0	9.0	0.2	4.9	0.0	3.9	9.0	3.9	3.9	0.0	0.0	0.0	-	C ₃ S ₁		
ENE. 6	1300	7.7	4.3	0.7	7.5	13.0	0.0	5.5	4.6	2.9	13.0	8.2	5.2	4.5	0.0	91.2	-	C ₃ S ₁		
FEB. 8	1200	7.7	7.4	2.2	2.4	12.0	0.0	6.1	3.0	3.3	12.4	4.6	4.8	0.5	0.0	52.2	-	C ₃ S ₁		
MAR. 10	1200	7.7	2.8	4.5	4.7	12.0	0.0	4.8	0.8	7.4	13.0	8.2	7.8	2.5	0.0	57.3	-	C ₃ S ₁		
ABR. 25	1400	7.9	6.3	0.8	6.9	14.0	0.0	4.7	5.8	3.5	14.0	7.7	6.4	3.7	0.0	89.6	-	C ₃ S ₁		
MAY. 14	1100	7.9	3.2	3.0	4.8	11.0	0.6	5.4	2.5	2.5	11.0	5.0	3.8	2.7	0.0	96.0	-	C ₃ S ₁		
JUN. 13	1300	8.1	8.1	1.1	3.8	13.0	1.4	4.7	3.9	3.0	13.0	4.9	5.0	1.8	0.0	77.6	0.3	C ₃ S ₁		
JUL. 8	1150	8.4	4.4	3.4	3.7	11.5	2.0	3.9	3.4	2.2	11.5	5.6	3.9	1.9	0.0	66.1	-	C ₃ S ₁		
AGO. 12	1100	8.2	4.9	2.0	4.1	11.0	0.0	5.0	0.6	5.4	11.0	6.0	5.7	2.2	0.0	68.3	-	C ₃ S ₁		
SEP. 9	900	7.5	1.2	2.5	5.3	9.0	0.0	6.0	1.0	2.0	9.0	5.3	2.5	3.9	2.3	100.0	-	C ₃ S ₁		
OCT. 9	1300	8.5	3.4	6.6	3.0	13.0	0.0	7.0	2.0	4.0	13.0	6.0	5.0	1.3	0.0	50.0	-	C ₃ S ₁		

CUADRO 59.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 11. (Bomba Nogales).

FECHA	LOCALIDAD: MARIN, N.L.		SITIO: BOMBA NOGALES (11)													1982-83											
	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	R			E			S			U			T			A			D			O			S
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CATIONES Meg/Lt.			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES Meg/Lt.		SE Meg/Lt.	SP Meg/Lt.	RAS	CSR Meg/Lt.	FSP %	B ppm	Clasifi cación								
OCT. 22	1880	7.0	7.4	3.1	8.3	18.8	0.0	6.0			7.0	6.1								19.1	11.4	9.6	3.6	0.0	72.8	-	C ₃ S ₁
NOV. 19	1800	7.0	6.8	0.0	11.2	18.0	0.0	6.0	8.4	6.0	20.4	11.2	10.2	6.0	0.0	100.0	-	C ₃ S ₁									
DIC. 13	1400	7.8	5.2	5.6	3.2	14.0	0.3	5.4	2.0	6.2	13.9	8.3	7.1	1.37	0.0	100.0	-	C ₃ S ₁									
ENE. 6	2000	7.8	8.2	3.5	8.3	20.0	0.0	5.9	7.5	6.5	19.9	11.8	10.2	3.43	0.0	70.3	-	C ₃ S ₁									
FEB. 8	1800	7.5	9.2	4.0	4.8	18.0	0.0	6.0	4.4	7.25	17.65	8.8	9.45	0.7	0.0	45.5	-	C ₃ S ₁									
MAR. 10	1300	7.6	5.6	1.7	5.7	13.0	0.0	3.2	7.0	2.7	12.9	7.4	6.2	2.98	0.0	77.03	-	C ₃ S ₁									
ABR. 25	1800	7.8	7.0	5.3	5.7	18.0	0.0	5.2	6.2	6.6	18.0	11.0	9.7	2.3	0.0	51.8	-	C ₃ S ₁									
MAY. 14	1700	7.7	3.8	7.6	5.6	17.0	0.8	5.4	7.0	3.7	16.9	10.8	7.2	2.3	0.0	51.8	-	C ₃ S ₁									
JUN. 13	2200	7.7	8.8	4.0	9.2	22.0	1.2	5.3	10.3	5.5	22.0	13.2	10.6	3.6	0.0	69.7	0.5	C ₃ S ₁									
JUL. 8	2100	8.0	6.2	7.5	7.2	21.0	1.4	4.1	9.5	6.0	21.0	14.8	10.7	2.7	0.0	48.6	-	C ₃ S ₁									
AGO. 12	2000	7.9	6.5	6.2	7.3	20.0	0.0	6.1	1.7	12.2	20.0	13.5	13.05	2.9	0.0	54.1	-	C ₃ S ₁									
SEP. 9	2300	7.1	4.0	0.2	18.8	23.0	0.0	6.0	9.7	7.3	23.0	18.8	12.05	12.99	1.8	100.0	-	C ₄ S ₂									
OCT. 9	2200	8.2	10.0	9.4	3.6	22.0	0.0	7.2	6.3	8.5	22.0	12.0	11.65	1.2	0.0	30.0	-	C ₃ S ₁									

CUADRO 60.- Resultados de los análisis químicos de las aguas del sitio de muestreo 12. (Río Marín).

1982-83

SITIO: RIO MARIN (12)

LOCALIDAD: MARIN, N.L.

FECHA	R		E		S		U			L			T		A		D		O		S	
	CE x 10 ⁶ a 25°C.	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CATIONES Mg/Lt.		CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	ANIONES Mg/Lt.			SE Mg/Lt.	SP Mg/Lt.	RAS	CSR Mg/Lt.	PSP %	B ppm	Clasifi- cación				
					Na ⁺	Total			SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Total											
OCT. 22	1450	7.3	7.1	2.5	4.9	14.5	0.0	2.3	8.0	4.5	14.8	7.4	8.5	2.2	0.0	66.2	-	C ₃ S ₁				
NOV. 19	5200	6.9	19.4	14.5	18.1	52.0	0.0	3.6	31.2	23.8	58.6	32.6	39.4	4.4	0.0	55.5	-	C ₄ S ₁				
DIC. 13	1500	7.7	2.2	9.1	3.7	15.0	0.3	3.2	4.1	7.4	15.0	11.5	9.4	1.5	0.0	100.0	-	C ₃ S ₁				
ENE. 6	3500	7.6	8.5	1.2	25.3	35.0	0.0	3.8	15.4	15.4	34.6	26.5	23.1	11.5	0.0	95.47	-	C ₄ S ₂				
FEB. 8	3600	7.3	11.0	10.8	14.2	36.0	4.8	15.75	16.0	15.75	36.55	25.0	23.75	0.8658	0.0	59.79	-	C ₄ S ₁				
MAR. 10	3600	7.9	4.9	22.2	8.9	36.0	0.0	15.9	6.4	13.0	35.3	20.1	16.2	2.42	0.0	44.27	-	C ₄ S ₁				
ABR. 25	5100	7.5	16.1	20.2	14.7	51.0	0.0	1.9	26.1	23.0	51.0	34.9	36.0	3.5	0.0	42.1	-	C ₄ S ₁				
MAY. 14	6000	7.3	13.5	21.1	25.4	60.0	0.4	2.8	28.4	28.4	60.0	56.8	42.6	6.1	0.0	44.7	-	C ₄ S ₁				
JUN. 13	2000	7.9	11.5	4.6	3.9	20.0	1.2	1.6	13.0	4.3	20.1	8.6	10.8	1.4	0.0	45.3	0.5	C ₃ S ₁				
JUL. 8	5000	7.7	12.8	16.7	20.5	50.0	1.6	2.0	26.5	19.9	50.0	37.2	33.1	5.3	0.0	55.1	-	C ₄ S ₁				
AGO. 12	1200	8.0	4.0	3.5	4.5	12.0	0.0	2.8	0.2	9.0	12.0	9.0	9.1	2.3	0.0	50.0	-	C ₃ S ₁				
SEPT. 9	3600	7.0	8.9	11.1	16.0	36.0	0.0	3.5	16.8	15.7	36.0	27.1	24.1	5.1	0.0	59.0	-	C ₄ S ₁				
OCT. 9	5000	8.1	7.8	41.2	1.0	50.0	0.0	4.7	22.55	22.75	50.0	42.2	34.02	0.20	0.0	2.3	-	C ₄ S ₁				

A P E N D I C E 3

CUADRO 61.- Tolerancia relativa de los cultivos a las sales¹.

FRUTALES		
Muy Tolerantes	Medianamente Tolerantes	Poco Tolerantes
CE x 10 ³ = 8	CE x 10 ³ = 6	CE x 10 ³ = 3
Palma datilera	Granada Higuera Olivo Vid Melón	Peral Manzano Naranja Toronja Ciruelos Almendro Albaricoque Melocotón Fresa Limonero Aguacate
CE x 10 ³ = 6	CE x 10 ³ = 3	CE x 10 ³ = 1.5
HORTALIZAS		
CE _e x 10 ³ = 12	CE _e x 10 ³ = 10	CE _e x 10 ³ = 4
Remolacha Bretón o col rosada Espárragos Espinacas	Jitomate Brécol Col Pimiento Coliflor Lechuga Maíz dulce Papas Zanahoria Cebolla Chícharos Calabaza Pepinos	Rábano Apio Ejotes
CE _e x 10 ³ = 10	CE _e x 10 ³ = 4	CE _e x 10 ³ = 3

CUADRO 61.- Continuación.

PLANTAS FORRAJERAS		
Muy Tolerantes	Medianamente Tolerantes	Poco Tolerantes
-----	-----	-----
$CE_e \times 10^3 = 18$	$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 4$
Zacatón alcalino	Trébol blanco	Trébol blanco
Zacate salado	Trébol amarillo	holandés
Zacate alcalino de coquito	Zacate inglés perenne	Alopécuro
Gramma o Bermuda	Bromo de montaña	Trébol Alsike
Hierva Rhodes	Trébol fresa	Trébol rojo
Cebadilla Criolla	Zacate Dallis	Trébol ladino
Centeno silvestre del Canadá	Zacate Sudán	Pimpinela
Gramma de trigo occidental	Trébol Hubam	
Cebada (para heno)	Alfalfa (Califonia común)	
Cuernecillo	Festuca alta	
	Centeno (para heno)	
	Trigo (para heno)	
	Avena (para heno)	
	Dactilo apletonado	
	Gramma azul	
	Festuca	
	Hierba Cinta	
	Trébol grande	
	Bromo suave	
	Veza lechosa Cicer	
	Trébol agrío	
	Veza lechosa (hoz)	
$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 4$	$CE_e \times 10^3 = 2$
CULTIVOS COMUNES		
$CE_e \times 10^3 = 16$	$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 4$
Cebada (grano)	Centeno (grano)	Alubias
Remolacha azucarera	Trigo (grano)	
	Avena (grano)	

CUADRO 61.- Continuación.

CULTIVOS COMUNES		
Muy Tolerantes	Medianamente Tolerantes	Poco Tolerantes
Colza	Arroz	
Algodón	Sorgo (grano)	
	Maíz	
	Linaza	
	Girasol	
	Higuerilla	
$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 6$	

1 = El número que sigue a la $CE_e \times 10^3$ es el valor de la conductividad eléctrica del extracto de saturación en milimhos por centímetro a 25°C asociado a una disminución en los rendimientos de 50 por ciento.

CUADRO 62.- Tolerancia de algunos cultivos a la concentración de cloruros en el extracto de saturación del suelo.

C U L T I V O	Concentración permisible de cloruros en el extracto de saturación del suelo en meq/Lt.
Limonero	25
Mandarina	25
Naranja Agrio	15
Naranja Dulce	10
Frutales de Hueso	7 - 25
Aguacate	5 - 8
Vid sin Semilla	25
Vid Rosa Negra	10
Zarzamora	10
Frambuesa	5
Fresa Larssen	8
Fresa Shasta	5

