

ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS SUELOS DE MARISMA SALADA

EN EL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA - ESPAÑA

por

Gilberto López Rodríguez. Ing. Agrónomo

Luis V. García Fernández. Lic. en Ciencias Biológicas

Con la colaboración de Augusto Viñas Nicolás. Ing. Agrónomo

Trabajo correspondiente al XXIII Curso  
Internacional de Edafología y Biología  
Vegetal. Realizado en el Centro de Eda  
fología y Biología Aplicada del Cuarto.

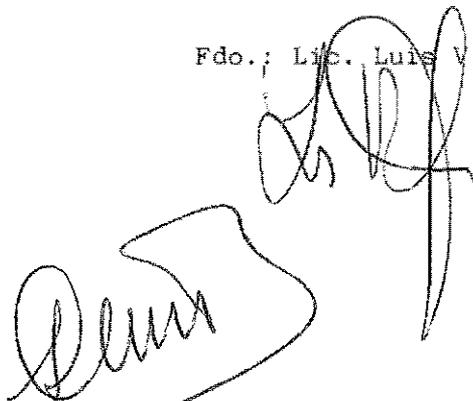
Sevilla, Julio 1986

El presente trabajo fue realizado por Gilberto López Rodríguez, Ingeniero Agrónomo, Especialista Principal en Génesis, Clasificación y Edafología de Suelos, de la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de Agricultura de Cuba y Luis Ventura García Fernández, Becario de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España. El primero participante del XXIII Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal, patrocinado por la U.N.E.S.C.O., Instituto de Cooperación Iberoamericano, Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Universidad de Sevilla; el segundo Investigador que realiza la Tesis para la obtención del grado de Doctor en Ciencias Biológicas.

El trabajo fue realizado entre los meses de Febrero y Julio de 1986, en la Unidad de Génesis y Micromorfología de Suelos del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, bajo la dirección del Dr. D. Luis Clemente Salas.

Fdo.: Ing. Gilberto López Rodríguez

Fdo.: Lic. Luis V. García Fernández

The image shows two handwritten signatures. The one at the top right is a cursive signature, likely belonging to Luis V. García Fernández. The one at the bottom left is a more stylized signature, likely belonging to Dr. Luis Clemente Salas.

Fdo.: Dr. Luis Clemente Salas

## DEDICATORIA

Dedicamos este modesto trabajo a la colaboración científico-técnica de nuestros dos países, Cuba y España, pueblos unidos históricamente por un mismo lenguaje y rasgos sociales.

## AGRADECIMIENTOS

A D. Augusto Viñas Nicolás, Ingeniero Agrónomo del I.N.D.R.H.I. (República Dominicana) por su inestimable ayuda en los trabajos de campo y de cartografía de suelos, que nos han permitido disponer del material de estudio que ha hecho posible este trabajo.

A los Doctores Mudarra Gómez y Moreno Lucas, del CEBAC, cuyo asesoramiento nos ha sido de gran utilidad.

Al Laboratorio Regional del I.A.R.A. y, especialmente a Maribel García Murillo, química, por la realización y supervisión de los análisis químicos.

A M<sup>ª</sup> Angeles Gil Chaparro, J.A. Moreno y J.M. Alegre, Ing. Técnicos Agrícolas por su colaboración en los trabajos de campo y preparación de muestras.

A todo el personal del C.E.B.A.C. y, en especial, a su Director Prof. Martín Aranda, la colaboración prestada para el desarrollo del trabajo.

# I N D I C E

	<u>Pág.</u>
<u>PARTE PRIMERA</u>	
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS DEL TRABAJO .....	3
III. DESARROLLO DEL TRABAJO .....	5
III.1 Programa .....	6
III.2 Materiales y equipos empleados .....	8
III.3 Análisis y métodos .....	9
<u>PARTE SEGUNDA</u>	
IV. SITUACION Y EXTENSION DE LAS MARISMAS .....	12
IV.1 Marismas del Guadalquivir .....	13
IV.2 Marismas de Doñana .....	14
IV.3 Marismas del transecto .....	14
V. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA .....	16
VI. CLIMATOLOGIA .....	19
VI.1 Precipitación .....	21
VI.2 Temperatura .....	22
VI.3 Evapotranspiración .....	23
VI.4 Vientos .....	23

	<u>Pág.</u>
VII. HIDROLOGIA .....	24
VII.1 Etapas de inundación en la Marisma .....	28
VII.2 Dinámica del nivel freático .....	30
VII.3 Características de las aguas .....	31
VIII. VEGETACION .....	38
VIII.1 Características generales .....	41
VIII.2 Aplicación al estudio de suelos .....	43
VIII.3 Principales comunidades vegetales de la marisma salina y su relación con los factores del medio .....	46
VIII.4 Limitaciones del estudio y previsiones futuras .....	58
 <u>PERTE TERCERA</u>  	
IX. UNIDADES CARTOGRAFICAS PARA EL MAPEO SEMIDETALLADO .....	61
X. DESCRIPCION, ANALISIS Y FOTOS DE LOS PERFILES .....	66
X.1 Perfil de Playa .....	68
X.2 Perfil de Pasil .....	75
X.3 Perfil de Quebrada Alta .....	83
X.4 Perfil de Veta .....	91
X.5 Perfil de Quebrada Baja .....	99
X.6 Perfil de Lucio .....	107
X.7 Perfil de Caño .....	115
X.8 Clasificación de los suelos .....	123
XI. COMENTARIO SOBRE LOS ANALISIS DE LABORATORIO .....	125
XI.1 Introducción .....	126
XI.2 Perfil T-1 .....	127
XI.3 Perfil T-2 .....	128

	<u>Pág.</u>
XI.4 Perfil T-4 .....	129
XI.5 Perfil T-5 .....	130
XI.6 Perfil T-6 .....	131
XI.7 Perfil T-7 .....	131
XI.8 Perfil T-11 .....	133

#### PARTE CUARTA

XII. VARIACIONES EN LOS RESULTADOS ANALITICOS CON DISTINTOS PROCEDIMIENTOS .....	135
XII.1 Introducción .....	136
XII.2 Variaciones en la CE y pH en pasta y extracto 1/2 en un momento dado .....	137
XII.3 Variaciones del pH y CE en extracto 1/2 conservados en frío .....	139
XII.4 Variaciones en la textura con y eliminando carbonatos ...	141
XII.5 Variaciones de la CE y el pH en distintas relaciones de suelo/agua .....	143
XII.6 Variaciones de la CE en un perfil con extracto 1/2 .....	152
XII.7 Variaciones de la densidad aparente con la profundidad y humedad .....	155
XII.8 Determinación de la C.I.C. y su cálculo por la suma de bases .....	157
XII.9 Humedad y C.I.C. específica .....	159
XIII. RELACIONES QUIMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS .....	161
XIII.1 Introducción .....	162
XIII.2 Aplicación al estudio de la salinidad en la marisma salada del Parque Nacional de Doñana .....	165
XIII.3 Predicción de la fuerza iónica del extracto en	

	<u>Pág.</u>
XIII.4 Predicción del contenido de sales en función de la conductividad eléctrica .....	180
XIII.5 Predicción de las concentraciones iónicas en función de la conductividad eléctrica .....	189
XIII.6 Relaciones inter-iónicas y su evolución con la dilución .....	199
XIII.7 Aplicaciones prácticas de las relaciones estudiadas .....	201
XIV. CONCLUSIONES .....	206
XV. BIBLIOGRAFIA .....	210

P A R T E      P R I M E R A

---

a

o

-

s

n

r

# I. INTRODUCCION

a

r

-

l.

El relleno del antiguo estuario del Guadalquivir dio origen a una amplia zona de Marismas en la parte baja del mismo. Numerosos han sido los cambios efectuados por el hombre, con el fin de darle un uso agrícola más o menos intensivo, según las características y condiciones de las áreas.

En todas las áreas colonizadas se han realizado estudios de suelos y evaluado en algunos de ellos su dinámica, luego de algunos años en explotación.

En la zona del Parque Nacional de Doñana se tiene un proyecto para la cartografía de los suelos. En un primer paso es necesario familiarizarse con las unidades cartográficas y dentro de ellas hacer una agrupación de las mismas según un factor general. En nuestro caso nos dedicaremos, fundamentalmente, a lo que se ha dado en llamar Marisma Salada.

II. OBJETIVOS DEL  
TRABAJO

El trabajo tiene como primer objetivo determinar, en base a las posibilidades, todos aquellos elementos de los suelos que, de una u otra forma, sirvan para caracterizar las unidades cartográficas a representar posteriormente en un mapa de suelos a escala 1:25.000.

Además de la caracterización se comienzan estudios de métodos analíticos, fundamentalmente en lo que se refiere a los extractos de suelos para la determinación de sales solubles totales y valoración del pH.

Otros trabajos complementarios son la aplicación de la informática para la obtención de las relaciones químicas de los suelos estudiados.

Teniendo en cuenta que hay un dinamismo intenso en la humedad y dinámica de las sales, son estudiados estos dos factores, con el fin de hacer una caracterización más precisa en función del tiempo. La proximidad de un manto freático salino también es objeto de estudio.

III. DESARROLLO DEL  
TRABAJO

### III.1 PROGRAMA

El trabajo en su comienzo puede considerarse un tanto irregular, debido a que la Marisma tiene un muy corto período sin estar inundada y no permite un plan consecuente con las necesidades.

En un primer momento se realizó una intensa descripción de puntos con barrena, los cuales, posteriormente a esta etapa, servirán para la delimitación de las unidades cartográficas de mapeo. Es al final de este período que se decide hacer un transecto de Este a Oeste (Mapa N° ) que recoja las unidades fundamentales observadas.

En el transecto hay 11 perfiles, donde se hicieron descripciones y muestreos de los mismos y se colocaron piezómetros de plástico. En to dos estos puntos se hicieron muestreos periódicos desde septiembre de 1985 y que aún se mantienen. En ellos se ha determinado la humedad, el contenido y tipo de sales en el suelo de 10 en 10 cm hasta 70 cm y posteriormente cada 20 cm hasta 170 cm.

En estos 11 puntos se ha tomado muestras de aguas freáticas de los piezómetros y superficiales en los fregos o lagunas donde las miz-

En el momento actual se poseen análisis de 7 perfiles y que son los que acompañan este estudio preliminar.

En algunos puntos se comenzó la toma de muestras con estructura para la determinación de las curvas de tensión-humedad y variaciones de la densidad aparente con la humedad.

Las fechas en que fueron controlados los puntos del transecto fueron: X/85, XII/85, I/86, III/86, V/86 y VI/86, con una periodicidad aproximada de 45 días. Este control se mantendrá hasta el próximo inicio de las lluvias.

En cada uno de los controles de los puntos se llevó una descripción detallada y muestreo de la vegetación, que como se verá posteriormente es el elemento visible de mayor uso práctico para la delimitación de las unidades de mapeo de suelos.

### III.2 MATERIALES Y EQUIPOS EMPLEADOS

En el estudio las bases cartográficas empleadas han sido:

1. Fotos de pares estereoscópicos a escala aproximada de 1:10.000 (Infrarrojo)
2. Plano fotogramétrico 1:5.000
3. Hojas cartográficas 1:25.000, 1:50.000 y 1:200.000
4. Reducción de plano fotogramétrico a escala 1:10.000.

Para la descripción y toma de muestras se utilizó:

1. Barrena de suelos tipo holandesa
2. Latas de humedad
3. Botes de plástico para las aguas
4. Bolsas de polietileno para las muestras de suelo
5. Tubos plásticos para piezómetros
6. Palas, picoletas y cuchillos
7. Cinta métrica y reglas graduadas
8. Bombas de vacío manual para toma de aguas freáticas
9. Tabla de colores de Munsell
10. Guía para la descripción de perfiles de la FAO
11. Equipo portátil Crison pH/mv - 506 para pH
12. Equipo portátil CDTM-523 Crison para medidas de conductividad eléctrica
13. Estereoscopio de espejos.

Para el procesamiento de datos se utilizó un computador VAX-11/785 del Centro de Cálculo de la Universidad de Sevilla, con programas del Departamento de Biomatemáticas de la Universidad de California, Los Angeles.

### III.3 ANÁLISIS Y METODOS

#### - En análisis de suelos:

1. Análisis granulométrico.- Método de la pipeta de Robinson, se realizó en la masa total de suelo y en algunas muestras eliminando carbonatos y, en otras, la materia orgánica.
2. Capacidad de campo, punto de marchitez y curvas de tensión humedad.- Método de Richards.
3. Humedad.- Por desecación a la estufa y balanza semi-analítica.
4. Densidad aparente.- Por método convencional.
5. Conductividad eléctrica.- En pasta de saturación y relaciones suelo/agua de 1/2, 1/5 y 1/10. Se realizó en extractos en el laboratorio y con equipo portátil en suspensión y extractos 1/2.
6. pH.- En los mismos extractos de la C.E. con electrodos de vidrio.
7. Carbonatos.- Por calcímetro de Bernard.
8. Aniones y cationes del extracto.- Como en el análisis de aguas.
9. Cationes de cambio.- Método de Bower (1952) modificado por I.A.R.A. para minimizar la solubilización de la calcita ( $\text{pH} = 8,5$ ) y computar la disolución del yeso precipitado. Los cationes extraídos se determinan por los mismos métodos que en el análisis de aguas.

#### - En análisis de aguas:

1. Conductividad eléctrica.- Con conductímetros de laboratorio y portátil.
2. Cloruros.- Por potenciometría.

3. Sulfatos.- Método colorimétrico.
4. Nitrato.- Método colorimétrico.
5. Bicarbonatos.- Titulación con ácido.
6. Sodio y potasio.- Por fotómetro de llama.
7. Calcio y magnesio.- Método potenciométrico.
8. Capacidad de intercambio catiónico.- Método de Polemio y Rhoades (1977).
9. Nitrógeno.- Por digestión con  $\text{SO}_4\text{H}_2$  y catalizador de selenio; des-tilación con NaOH, recogiendo el  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3\text{H}$  y por último valoración del ácido sobrante con NaOH.
10. Fósforo.- Extracción con  $\text{NO}_3\text{H}$  0.5N y valoración por fotómetro.
11. Potasio.- Extracción con  $\text{AcONH}_4$  y valoración por fotómetro de llama.

PARTE SEGUNDA

---

IV. SITUACION Y EXTENSION  
DE LAS MARISMAS

#### IV.1 MARISMAS DEL GUADALQUIVIR

Las marismas del Guadalquivir están situadas en la última parte del recorrido del río Guadalquivir. Es un conjunto de terrenos formados por la colmatación de una zona depresional a lo largo del tiempo.

Los límites exactos de las marismas son difíciles de predecir pues en la actualidad muchas zonas limítrofes al área, denominada propiamente como marismas, han sido incorporadas a cultivos, variándole fundamentalmente el régimen hídrico y contenido de sales.

La extensión de las marismas actuales es de unas 136.000 ha, distribuidas en la provincia de Sevilla (102.500 ha), Huelva (17.500 ha) y Cádiz (16.000 ha).

Geográficamente se sitúan al suroeste de la Península Ibérica y más específicamente al sur de la ciudad de Sevilla, teniendo forma rectangular y con su base en la duna costera a escasos kilómetros del mar (Grande, 1976).

#### IV.2 MARISMAS DE DOÑANA

Las Marismas de Doñana pueden considerarse como la zona natural sin transformar de las grandes extensiones de marismas, que se extendían de su área actual hacia el norte hasta Sevilla y hacia el este, por la margen izquierda del río (Tenajas, 1984).

El Parque Nacional de Doñana se sitúa aproximadamente entre los  $36^{\circ}48'$  y  $37^{\circ}08'$  de latitud Norte y  $6^{\circ}16'$  y  $6^{\circ}30'$  de longitud Oeste, con una extensión de 57.720 ha, de las cuales unas 27.000 ha (46,8 %) corresponden a marismas.

Las marismas del Parque se localizan en la margen derecha del río Guadalquivir, en su parte más baja y sus límites son:

- Al Norte: las zonas de transformación agrícola del IRYDA
- Al Oeste y Sureste: las formaciones arenosas de dunas estabilizadas y móviles
- Al Este: el río Guadalquivir y el Brazo de la Torre.

Están dentro de las provincias de Huelva y Sevilla en las hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, El Rocío 1018 y Palacio de Doñana 1033.

Otras 14.500 ha de marismas están situadas en la zona de Preparque y desde 1978 se consideran zona de protección, aún cuando de ellas puede hacerse un uso agrario.

#### IV.3 MARISMAS DEL TRANSECTO

Las marismas del transecto están situadas entre el Caño Travieso y el Brazo de la Torre, con un largo aproximado de 3 Km y orientación

este-oeste, correspondiente a la llamada Marisma salada.

Se considera como límite, al norte, la zona de transformación agrícola y, al sur, el Lucio de los Ansares.

V. G E O L O G I A    Y  
G E O M O R F O L O G I A

La depresión del Guadalquivir, donde se encuentran las Marismas del Parque, está formada por depósitos marinos del Neógeno, parcialmente arrasados y cubiertos por sedimentos de origen fluvio-marinos y continental del Plioceno Cuaternario (Mapa Geológico).

Las marismas poseen una extensión de afloramientos de 1509 Km<sup>2</sup> en todo el bajo Guadalquivir y 270 Km<sup>2</sup> dentro del Parque Nacional (FAO, 1970), más o menos transformadas. Constituyen un elemento fundamental de la geología de superficie de esta zona.

En los depósitos de tipo fluvio-marinos se distinguen varias capas de distinta granulometría (FAO, 1972). Hay dos capas de cantos rodados, entre 50-80 m con un espesor de 5-30 m y entre 90-150 con un espesor de 10-30 m (FAO, 1972), separadas por arcillas gris-azulosas con fauna marina de agua someras.

Las capas de gravas representan períodos de gran pluviometría dentro de un momento de relativa tranquilidad tectónica, en que el avance de una barra costera, formando una albufera, que existió hasta épocas históricas (Menanteau, 1980) y que se fue colmatando hasta la actualidad.

Calculándolo por técnicas isotópicas se ha dado una velocidad de sedimentación de 1,1 a 2,5 mm/año en el período comprendido entre los últimos 4000-7000 años (Baoza y col., 1982; IGME, 1983). Las capas superiores de limos y arcillas pertenecen al Cuaternario reciente, con una sedimentación que continúa aunque en forma lenta.

Las marismas presentan una topografía extremadamente plana (pendiente alrededor de 0,15 %), típica de este tipo de llanuras de inundación (IRYDA, 1976). Las cotas superiores están entre 2 y 5 metros sobre el nivel medio del mar actual y las distintas formas que presentan los sedimentos indican los distintos episodios de influencia fluvial o marina (Leyva y Pastor, 1976).

Aparte de la predominancia de los materiales limosos en la superficie de las marismas, hay actualmente elevaciones con texturas más arenosas en los bordes de las corrientes de aguas actuales (caños, brazos, etc.) y que se conocen con el nombre de "paciles", además son muy significativas las pequeñas elevaciones denominadas "vetas" que corresponden a "levees" abandonados y fragmentados.

Las diferencias texturales de las "micro-elevaciones" dentro de las marismas, tanto los paciles como las vetas, son el principal elemento diferencial de las unidades cartográficas a escalas detalladas, estando íntimamente asociadas a los períodos de inundación por su mayor o menor altitud. Entre estas máximas micro-elevaciones y las zonas de acumulaciones pluviales (zonas deprimidas) existe una pendiente más o menos marcada, aunque siempre muy pequeña que origina unidades cartográficas de mapeo diferenciables, con tendencias hacia aquellas que ocupan posiciones similares.

VI. CLIMATOLOGIA

Debido a la influencia determinante que posee el clima, en todos los procesos naturales, él mismo ha sido estudiado y tenido en cuenta en cada uno de los trabajos de investigación realizados en la zona.

Según las clasificaciones climáticas utilizadas toma distintos nombres, como son:

<u>Clasificación de</u>	<u>Clima</u>
Thornthwaite	Seco - subhúmedo
Lang	Zona árida
Martone	Zona árida casi húmeda
Mayer	Semiárida

Cota Galán y col. (1977) lo definen como un clima mediterráneo subhúmedo con influencias atlánticas, en el que la variabilidad es una de sus características fundamentales y condiciona la irregularidad de las aportaciones fluviales y el comportamiento de las marismas.

### VI.3 EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración potencial oscila entre 950 y 1100 mm (Ministerio de Agricultura, 1977), según el método de Thorntwaite.

Según programa "BASIC" realizado por Tenajas (1984), y con el objetivo directo de relacionar la hidrometeorología con la superficie encharcada de la marisma, a través de las imágenes Landsat, por el método de Thorntwaite, obtuvo resultados bastante uniformes entre 800-850 mm.

En balances de agua realizados por Grande (1976), concluyó que la evapotranspiración potencial asciende a 936 mm, llegando solamente la real a 427 mm y acusando una falta de agua de junio a octubre de 510 mm y un exceso de 144 mm de diciembre a marzo.

La evapotranspiración real (Tenajas, 1984) es de 400-500 mm/año, lo cual supone el 70-80 % de la precipitación. Otros cálculos realizados por el mismo autor le dió oscilaciones entre 250-630 mm; los mayores se obtuvo en la marisma y los menores en las cuencas aportadoras. Considerando una lámina media de agua en plena inundación de 13 cm se concluyó que la marisma puede desecarse totalmente en un mes.

### VI.4 VIENTOS

Los vientos predominantes son del SW y W (76 % del total según MOPU, 1979), provenientes del Atlántico.

El viento al remover la capa límite aire-agua, provoca un aumento significativo en la evaporación de las aguas superficiales. Similar incremento ocurre con la evapotranspiración.

A los vientos se les considera un efecto hidrológico importante en la marisma, al desplazar el agua de inundación hacia el N y E, aumentando su cota en 10 cm o más (FAO, 1973) y haciendo circular las aguas del caño Guadamar en contra de la pendiente (Tenajas, 1984).



VII. H I D R O L O G I A

## VII.1 ETAPAS DE INUNDACION EN LA MARISMA

Según el esquema conjunto de entradas-salidas de aguas en la Marisma, se considera a la misma como una "cubeta" (Tenajas, 1984).

Las etapas de la inundación son:

### 1ª Inundación

Comienza con las primeras lluvias de otoño y suele prolongarse hasta diciembre. Como la principal aportación de agua a las marismas está dada por la precipitación directa y por aportes fluviales de tipo tormentoso y existe una variabilidad marcada en las precipitaciones, hace que la inundación tenga un amplio rango de variación, en función del volumen de agua y la intensidad de las lluvias en el tiempo. Luego de llenada la marisma comienza la siguiente etapa.

### 2ª Estancamiento

En esta etapa se detiene la inundación, manteniéndose el nivel de las aguas y comenzando a desaguar al Guadalquivir, en dependencia de la pluviometría. Se consideran como meses representativos desde enero hasta marzo, pudiendo llegar a mayo. Cuando no existen desagües el nivel tiende a mantenerse por la compensación entre precipitación y evapotranspiración.

### 3ª Evaporación

Al final de las lluvias comienza la desecación de los volúmenes de encharcamiento por evaporación, en esta etapa se llega al total desecamiento por una reducción al principio y anulación al final de los aportes fluviales y pluviometría mínima a nula.

El año pluviométrico observado en el comienzo del otoño de 1985 hasta marzo de 1986, puede considerarse como un año anormal, donde las etapas de inundación por retrasos y baja pluviometría han dado por resultado que el máximo encharcamiento se logrará en febrero-marzo. En diciembre 1985 sólo había encharcamiento en los Lucios y Caño con láminas máximas de 29 cm. En observaciones del 13-16/III/1986 se obtuvo los valores de máximo encharcamiento y donde las quebradas altas alternaban con láminas de agua entre 0 y 2,5 cm (semi-encharcadas), no llegando a afectar los paciles y vetas.

El período de estancamiento puede considerarse como muy corto, pues ya en el próximo mes (abril) y más marcado en mayo, el desecamiento por evaporación fue intenso.

La inundación en las zonas influenciadas por las mareas vivas está definida por los movimientos mareales y es de corta duración.

En el período 72-82 se obtuvo por J. Tenajas, en el funcionamiento de las marismas, los siguientes resultados:

- Las aportaciones de aguas a las marismas por las cuencas aportadoras varió entre  $21 \text{ hm}^3$  (1980-81) y  $233 \text{ hm}^3$  (1977-78) en relación con la pluviometría.
- La marisma permanece inundada, generalmente desde octubre-noviembre hasta marzo-abril, momento a partir del cual las pérdidas por evaporación la van desecando.
- En el período 1980-81 la marisma no llegó a llenarse, alcanzando sólo  $2/3$  de su capacidad total.
- En el período 1977-78 estuvo llena de noviembre a mayo, y con mucha agua en junio.

- Los desagües al Guadalquivir oscilan entre nulos, en el año más seco (1980-81) hasta  $252 \text{ hm}^2$  en el año más húmedo (1977-78).
- Los balances son una primera aproximación a la dinámica de las marismas en años de características muy diferentes.
- Debido al bajo volumen de almacenamiento de agua, las marismas responden con mucha rapidez a las variaciones en las aportaciones hídricas.

No obstante que hay una dinámica variable en el encharcamiento y desecación de los suelos en períodos anuales, existe una diferenciación de suelos provocada por estas mismas variaciones, pero en ciclos de varios años y que para fines prácticos pueden generalizarse como constantes.

## VII.2 DINAMICA DEL NIVEL FREATICO

La alimentación del manto freático se produce por la infiltración de la lluvia caída sobre el acuífero libre. Los datos calculados por Tenajas (1984) concluyen que la percolación (recarga del acuífero) no es homogénea para toda la marisma del Parque y que el volumen es muy pequeño en relación con la pluviometría y las aportaciones fluviales, siendo tan sólo de 26 mm por año (superficie considerada  $560 \text{ Km}^2$ ) y no debe jugar un papel importante en el régimen general de funcionamiento de las marismas.

Las bajas percolaciones de aguas al manto salino y su proximidad a la superficie, hacen que los cambios en el contenido de sales en los suelos, se mantenga constante, con fluctuaciones sólo en los primeros centímetros, por movimientos de ascensos y descensos de sales con las

variaciones anuales del contenido de humedad. Las oscilaciones del manto en profundidad, unido a la calidad de estas aguas, provocan distintos contenidos en los suelos, estando definidos por las altitudes y diferenciaciones texturales.

### VII.3 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS

Las fuentes fundamentales de aporte de sales a las aguas están dadas por: las precipitaciones, los aportes fluviales y las mareas vivas.

Las aguas de las precipitaciones presentan un contenido de sales de 10 ppm o más (IRYDA), contra 0,3 y 3 ppm (Custodio y Llamas, 1983), en zonas continentales; esto es debido a la situación costera de la zona, donde los vientos dominantes del SW, traen sales procedentes del mar.

De los aportes fluviales se considera hay valores significativos de sales, siendo más marcado cuando los mismos provienen de las aguas de lavado de los suelos en las fincas transformadas.

Los volúmenes y áreas afectadas por las mareas vivas, aunque no cuantificado, es de consideración en zonas limítrofes a donde este hecho ocurre. Según datos de valores medios para la zona de Bonanza (FAO, 1972) se pueden obtener valores máximos de cloruros de 14000 mg/l y sodio de 7500 mg/l.

Otros aportes son la redisolución de las costras de sales superficiales que se forman al final del verano y las que se acumulan en la profundidad del perfil desecado.

Los resultados de sales en la capa freática y en la profundidad de los suelos estudiados se ofrecerá con un análisis integral de los

resultados de sales en los suelos y solución. Según Tenajas (1984), consideran que la percolación vertical, aún cuando no parece importante a la vista de los datos que aportan los distintos modelos matemáticos, puede ser importante en la calidad del agua superficial y en la comparación del suelo. Según IRYDA (1976), el ascenso capilar de aguas sub-superficiales con valores elevados de hasta 100-200 g/l, incrementaría el contenido de sales en el suelo superficial.

En la Fig. 7.1 se muestra la variación de la C.E. a 25<sup>o</sup> C y expresada en mmhos/cm, de las aguas sub-superficiales en los piezómetros instalados en el transecto Leo-Biaggi-El Brazo, desde IX-85 a III-86.

Hay una tendencia hacia el incremento de la C.E. desde IX/85 a XII/85, luego ocurre un descenso en el mes de enero, para ascender nuevamente en marzo. Se muestra una cierta relación con los volúmenes de inundación, lo que hace pensar en una influencia de las lluvias en el contenido de sales en las aguas freáticas superficiales (menor de 1,5 metros).

Los valores menores de C.E. en aguas sub-superficiales ocurren en el Borde del Brazo, oscilando entre 32,16 y 35,37 mmhos/cm; a continuación las aguas del Caño, entre 53,16 y 62,10 mmhos/cm. El resto de los puntos (quebradas, veta y pacil oscilan entre 74,56 y 91,80 mmhos/cm.

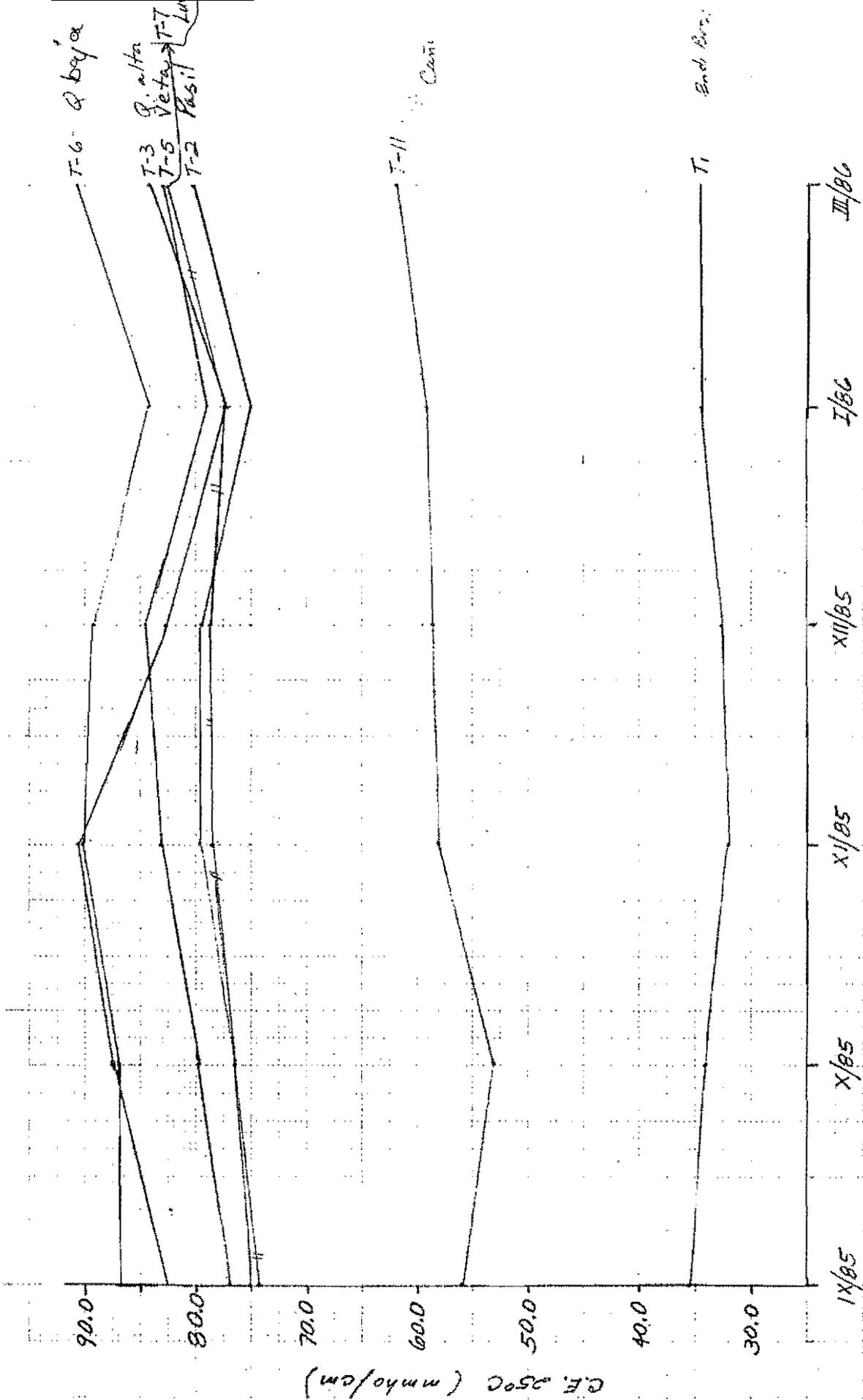
Las aguas superficiales tienen valores entre 6,5 y 19,20 mmhos/cm, aunque en las mismas es de esperar valores muy superiores, fundamentalmente en los lucios, cuando aumente la evaporación.

Similares comportamientos al de la C.E. ocurre con los valores de cloruros (Fig. 7.2). Esta tendencia debe en un futuro ser analizada, de forma tal que se correlacionen los contenidos en las aguas freáticas, con las sales solubles y cationes adsorbidos del suelo.

Las relaciones  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  oscilan entre 1,07 y 1,37, siendo más constantes que las relaciones  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{=}$  que oscilan entre 5,95 y 15,30.

Independientemente a la cantidad de sales, los contenidos de sodio adsorbido son bastante constantes, oscilando entre 68,10 y 75,91 % del total de cationes.

A modo de ejemplo se ofrece en la Fig. 7.3 los resultados de aguas sub-superficiales obtenidos en dos puntos del transecto y una representación gráfica en la Fig. 7.4 .



Fecha de muestreo

Fig No. - 7.1. - Variaciones de la CF. en el tiempo

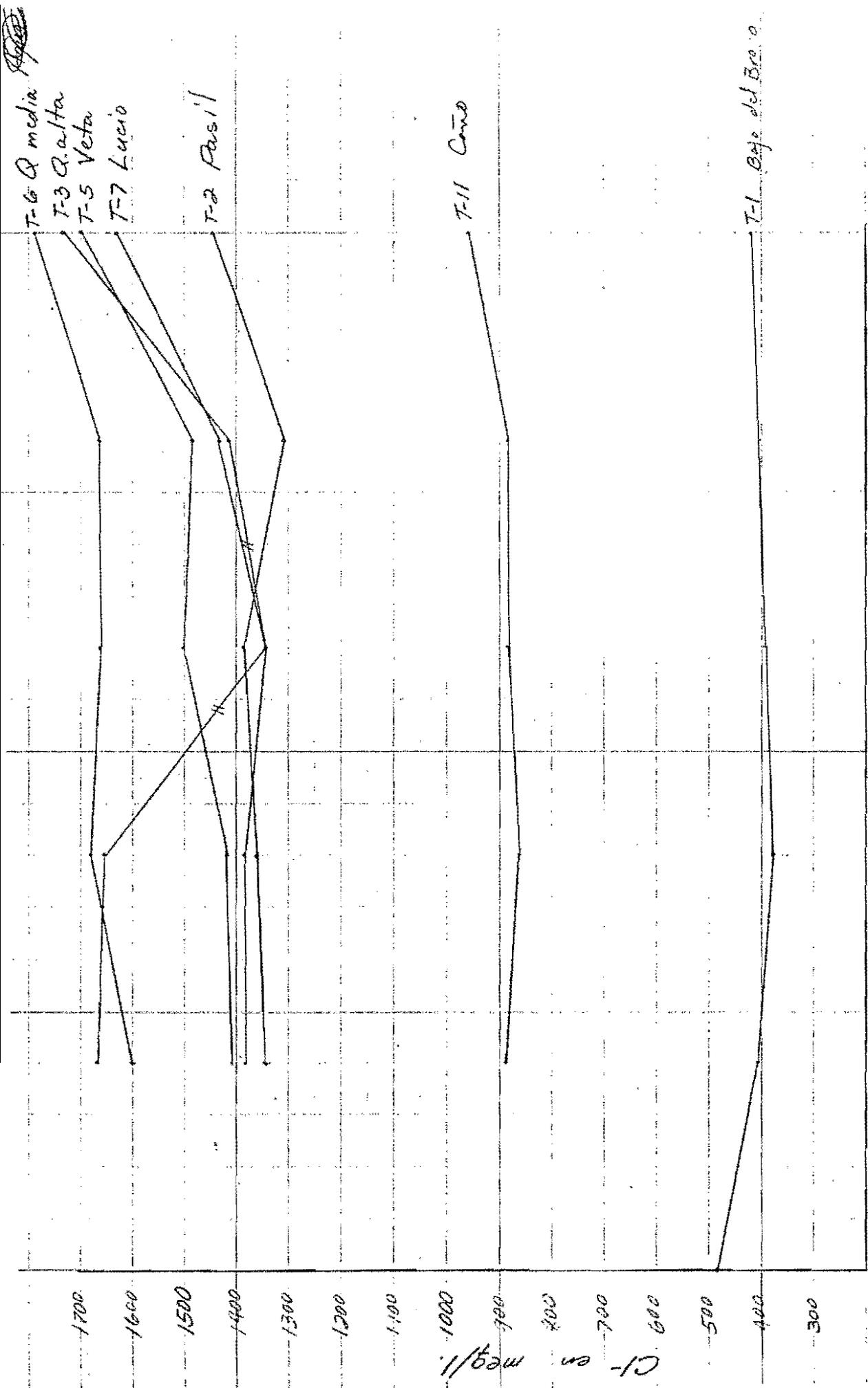


Fig No 7.2 Variaciones del cloro en el tiempo

(Veta)

los	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Total aniones	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Total cationes	C.F.	pH
	1497.50	144.48	5.44	-		1647.42	1275.00	16.25	45.00	342.50	1678.75	82.1	6.89
	1480.00	125.23	4.74	-	0.05	1610.02	1200.00	15.00	62.50	339.75	1617.25	79.0	7.23
	1552.50	146.25	0.10	-	0.11	1698.97	1303.50	14.38	50.00	359.75	1727.63	82.9	6.66
	(Caño)												
	885.00	97.81	8.33	-	-	991.14	713.33	9.38	20.00	215.00	957.71	58.8	7.28
	882.50	91.50	7.87	-	0.20	982.07	729.17	8.75	40.00	212.25	990.17	59.1	7.84
	960.00	121.56	0.10	-	0.31	1081.98	713.25	7.50	35.00	237.25	993.00	62.1	6.96

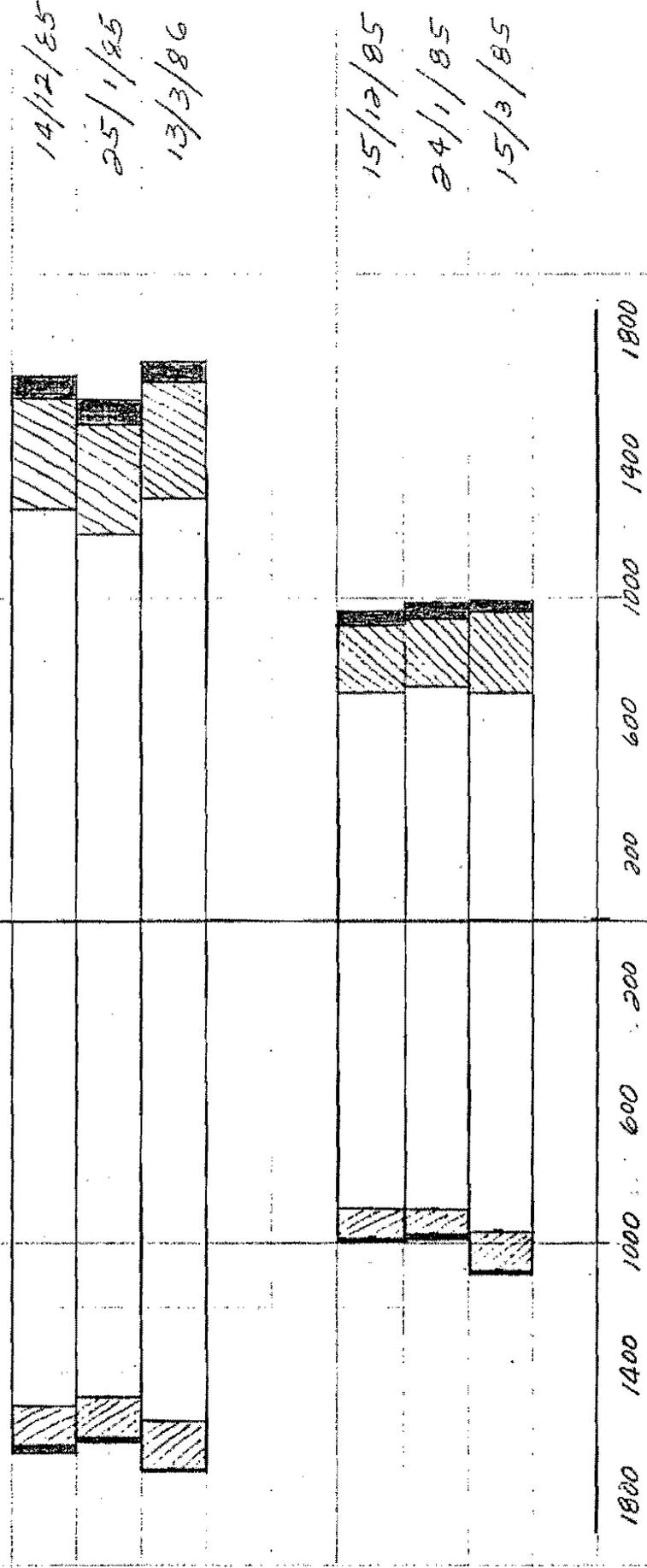
Fig No. 2.4 Contenido de aniones y cationes

r-11

Aniones

Cationes

Fecha



T-5

T-11

mg/l.

mg/l.

CO<sub>3</sub>H<sup>+</sup>  
+NO<sub>3</sub>  
+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

SO<sub>4</sub><sup>=</sup>

Cl<sup>-</sup>

Na<sup>+</sup>

Mg<sup>++</sup>

Ca<sup>++</sup>  
+K<sup>+</sup>

VIII. VEGETACION

El estudio de la vegetación natural de la Marisma Salada del Parque Nacional de Doñana y sus relaciones con los complejos ambientales resulta de gran interés, desde dos perspectivas diferentes.

Por un lado, en tanto que se trata de un área de Marisma, se incluye dentro de uno de los ecosistemas de mayor interés general, por varias razones.

1ª Las especies vegetales que la integran son capaces de resistir fluctuaciones extremas de los parámetros ambientales. En este sentido, son de excepcional interés los mecanismos fisiológicos que les permiten tolerar la anoxia y la alta salinidad del medio.

No hay que olvidar que la salinización es un problema creciente en gran parte de las regiones áridas y semiáridas del planeta (Bressler y col., 1982) y que las nuevas tecnologías de transferencia genética pueden permitirnos a medio plazo, sacar provecho de estos recursos genéticos; de ahí el interés de estudiarlos y conservarlos. De forma más inmediata se intenta aprovechar las capacidades de estos vegetales para repoblar áreas hipersalinas desprovistas de vegetación con vistas a obtener de ellos un aprovechamiento piscícola.

- 2ª Desde hace tiempo han llamado la atención de los ecólogos, los altísimos valores de productividad primaria que se alcanzan en los ecosistemas de Marismas (Rubio, 1985), lo cual suele traducirse en una gran riqueza faunística, que explota estos recursos. Otro aspecto al interés sería, pues, el estudio de los factores que determinan estos altos rendimientos y de como el hombre puede aprovecharlos racionalmente.
- 3ª Otra cuestión a tener en cuenta es el franco retroceso que estos ecosistemas están experimentando en todo el mundo, al ser consideradas, hasta no hace mucho, como áreas insalubres y carentes de interés. Muchas veces han sido arrasadas de forma injustificada y sin contrapartidas que compensen las pérdidas de los recursos naturales que albergaban.

Refiriéndonos más concretamente al área que nos ocupa y que representa una ínfima parte (25.000 ha) de lo que hace menos de 100 años constituía una vasta unidad natural de más de 150.000 ha, su estudio intensivo, además de lo indicado anteriormente, responde a los siguientes imperativos concretos:

1. Protección eficaz de un área con características únicas que acoge y alimenta a cientos de miles de aves migratorias de Europa y Africa, las cuales encuentran escasos espacios naturales similares en nuestro continente.
2. Muchos estudios parciales del medio físico y biológico del Parque (Tenajas, 1984; Rodríguez Arévalo, 1984; ICONA, 1984; etc.) han llamado la atención sobre el inminente peligro de degradación irreversible del área, en pocos años, si no se emprenden acciones inmediatas. La restauración y gestión eficaz de un sistema tan complejo, requiere un conocimiento profundo de sus elementos y de los fac

3. Desde la óptica específica del estudio de suelos en áreas naturales, la utilidad y necesidad de estudiar paralelamente la vegetación ha sido ya puesta de manifiesto (Soil Survey Staff, 1981).

#### VIII.1 CARACTERISTICAS GENERALES

Nos referiremos exclusivamente a la vegetación del área salina de marisma. Los datos cuantitativos que se aportan, salvo indicación contraria, hacen referencia al área piloto, establecida en octubre de 1985 en la zona NE de la Marisma del Parque Nacional de Doñana.

De modo general, la Marisma salina de Doñana está poblada por comunidades vegetales adaptadas a soportar valores extremos y fluctuantes de los factores ambientales: suelos y climatología.

La vegetación perenne se compone fundamentalmente de Quenopodiáceas leñosas de pequeño porte (camefitos y nanofanerofitos que no suelen superar el metro de altura) y de monocotiledóneas helófitas de las familias Ciperáceas y Juncáceas. Las primeras están adaptadas para resistir altos contenidos de sales y las segundas, si bien presentan cierto grado de halofilia, dominan especialmente en las áreas anegadas durante gran parte del año, merced a sus eficaces mecanismos de transporte de  $O_2$  hacia las porciones inferiores sumergidas (Steimann y col., 1981) y, además, en época seca pierden sus porciones epigeas, pasando a una fase de resistencia (rizomas), hasta que en la próxima estación húmeda las sales alcanzan una dilución suficiente para permitir su desarrollo.

Como cabe esperar en este tipo de comunidades, la diversidad es reducida, con dominancia de unas pocas especies (Margalef, 1974).

La vegetación anual es más diversa, dominando las gramíneas y que nopodiáceas halófilas. En zonas deprimidas (caños y lucios) se desarrollan en la época húmeda densas comunidades de fanerógamas acuáticas y algas.

De acuerdo con los estudios previos (Allier y Bresset, 1976; González Bernáldez y col., 1976; Rivas y col., 1980) existen dos factores determinantes en la distribución de la vegetación: salinidad y encharcamiento, ambos ligados de una u otra forma a la microtopografía, que determina, en última instancia, el espesor y duración de la lámina de agua, así como la dirección de los procesos de transporte de sales y la intensidad de los ascensos capilares desde el nivel freático muy salino.

Los aportes por los detritus animales también están en estrecha relación con la topografía, dada la tendencia de aquellos a concentrarse en las reducidas áreas que permanecen libres de encharcamiento.

En relación con la salinidad y encharcamiento Allier y Bresset (1976) distinguen dos tipos de variabilidad en la vegetación:

- Temporal: ligada al gran dinamismo de los factores ambientales, que hacen que en un mismo punto puedan desarrollarse sucesivas comunidades a lo largo del ciclo anual.
- Espacial: ligada a los pequeños desniveles que condicionan diferencias en la duración del encharcamiento y profundidad de la capa freática.

Así, es frecuente encontrar especies anuales que se desarrollan sucesivamente a lo largo de una toposecuencia, en la medida que los parámetros ambientales van tomando los valores adecuados.

## VIII.2 APLICACION AL ESTUDIO DE SUELOS

De los estudios ecológicos y botánicos previos realizados en la zona se deduce, como hemos indicado, que existe una estrecha relación entre la vegetación y las variables del medio. Este carácter indicador de las comunidades vegetales es evidentemente interesante para la diferenciación de suelo, tanto más cuanto mayor sea la correspondencia entre los factores determinantes de las características edáficas y las responsables de la distribución de la vegetación.

Rissoeuw (1972) en el marco de un estudio edafológico realizado por la FAO en el área de recuperación de suelos salinos de la Marisma Gallega, resaltó la importancia de la vegetación perenne en la diferenciación de características del suelo. Según este autor, la vegetación perenne es capaz de informarnos de las características medias del ambiente en un punto dado, mientras que la anual sería de utilidad más limitada en estudios generales, al depender su distribución, en gran medida, de las características climáticas del año. No obstante, en estudios de detalle, la vegetación anual puede informarnos sobre la oscilación de dichos parámetros a lo largo del ciclo anual, o en años de distinta climatología.

Varios factores inducen a pensar que en área de estudio la vegetación perenne suministra información extraordinariamente precisa sobre las características distintivas de series e incluso fases de suelos.

1º Las características que nos permiten diferenciar unidades de suelos dependen de los mismos factores que indican en la vegetación.

- Período de encharcamiento: determina los caracteres hidromórficos de superficie, tipo y cantidad de materia orgánica y microorganismos, propiedades físicas como agrietamiento, susceptibilidad a la alteración por el pisoteo del ganado, etc.

- Salinidad: la dinámica de las sales en el perfil, niveles y naturaleza son importantes para la definición de unidades edáficas.
- Nivel freático: estrechamente unido a los fenómenos de hidromorfía y salinización por ascenso capilar de aguas muy salinas.

Al igual que en el caso de la vegetación, todos estos factores dependen, en última instancia, de la microtopografía. Existen diferencias en lavado y acumulación de sales en sentido vertical y longitudinal, siendo la salinización por ascenso capilar tanto mayor cuando menos profundo se encuentre el nivel freático.

La duración del encharcamiento depende fundamentalmente del espesor de la lámina de agua que llegue a acumularse en el punto. En las zonas elevadas la mejor aireación determina un proceso de "maduración" del suelo con la consiguiente mejora de las propiedades físicas y químicas del mismo, siendo en ellas donde se han recibido los aportes de material más gruesos, producto de las épocas de grandes avenidas.

Otros factores adicionales que afectan simultáneamente a las propiedades del suelo y a la vegetación y que no dependen estrictamente de la elevación relativa del punto, son los aportes hídricos de distinta naturaleza, siendo ejemplo las zonas influenciadas por las mareas en los cauces del Guadalquivir y sus tributarios y los regímenes especiales de circulación de agua, como son los caños y otras corrientes fluviales, que determinan un mayor lavado de sales.

2º La capacidad de la vegetación para discriminar ambientes es tal, que puede indicar variaciones medias de los factores del medio asociados a diferencias de nivel inferiores a 10 cm. Prueba de ello es que el último levantamiento topográfico realizado en el área (Cartogesa, 1986), que recoge variaciones de nivel de hasta 10 cm, no llega a

dar cuenta de las variaciones de vegetación apreciables sobre el te rreno y la fotografía aérea reciente (Cartogesa, 1985).

Desde la perspectiva del levantamiento cartográfico, la ausencia de macrorrelieve, de estereoscopia en las fotos aéreas y de diferencias litológicas observables, hacen que sea la vegetación el único elemento visible que permite diferenciar unidades cartográficas de suelo. De he cho, los patrones observados en las fotos dependen casi exclusivamente de la naturaleza y cobertura del tapiz vegetal.

Debido a la estrecha relación entre suelo y vegetación, es impres cindible emplear este último elemento como factor de extrapolación de las observaciones puntuales con vistas a una cartografía del área. Para ello es necesario establecer relaciones cualitativas y, en la medida de lo posible, cuantitativas, entre las características del sustrato y las de su cubierta vegetal.

Hasta el momento se ha intentado acompañar los registros edafoló gicos de inventarios de vegetación, incluyendo una lista de las especies perennes junto a una estima semicuantitativa de abundancia de las mismas (Escala fitisociológica de Braun-Blanquet).

En la medida de lo posible se han incluido también referencias a las especies anuales reconocibles en la época seca, que es cuando única mente pueden hacerse estudios extensivos en el área y el pasto está ya completamente agostado. Junto a este estudio general, se sigue la evolución de la vegetación a lo largo del ciclo anual, en relación con la dinámica del suelo, en un área piloto representativa, pues parece claro que la relación entre la vegetación y los parámetros relevantes del medio no pueden entenderse en base a observaciones en un único momento del ciclo anual.

En el próximo ciclo esperamos establecer a nivel de la parcela pi loto relaciones cuantitativas entre los factores más significativos del

### VIII.3 PRINCIPALES COMUNIDADES VEGETALES DE LA MARISMA SALINA Y SU RELACION CON LOS FACTORES DEL MEDIO

Los estudios previos generales realizados en el área (Rivas y col., 1980) y nuestras propias observaciones en el área piloto, durante la temporada 1985-86 nos permite realizar una primera aproximación semicuantitativa a las relaciones suelo-vegetación en el área prospectada y representativa de una gran parte de la marisma salina.

En función de las diferencias de elevación podríamos describir las comunidades ordenadas en una toposecuencia ideal, que no necesariamente aparece siempre en la naturaleza, pues en muchos casos las diferencias de nivel(no) son lo suficientemente acentuadas como para producir omisiones de algunos términos de la serie. Los datos cuantitativos que se aportan, deben entenderse como preliminares y referidos al año y área arriba indicados. No obstante, hemos comprobado en los casos en que existen referencias bibliográficas que concuerdan bastante bien con datos de otros autores.

En base a lo indicado, podemos definir en una secuencia con elevación creciente las siguientes unidades morfo-fitoedáficas:

#### FONDOS DE LUCIOS (Fotos 17 y 19)

Áreas más deprimidas de las lagunas pluviales o lucios. Llegan a tener una lámina de agua de 50 cm (Tenajas, 1984), aunque en los puntos de observación no registramos más de 40 cm. La lámina de agua se mantiene entre 8 y 9 meses, salvo años extremos y se debe exclusivamente a la lluvia, salvo en avenida fluviales.

En la época seca presentan en superficie eflorescencias salinas, ricas en cloruro de sodio, especialmente en las zonas más deprimidas (Fo

La acumulación de sales se debe tanto a un efecto de lavado de las sales de zonas más elevadas, como a un efecto de ascensión capilar y evaporación a partir del nivel freático superficial, dando lugar a conductividades eléctricas en superficie del orden de 100 mmhos/cm que junto al encharcamiento tan prolongado hace inviable el establecimiento de vegetación perenne.

En todo caso, en lucios senescentes en los que el encharcamiento es menor estas altas salinidades no limitan la colonización por el A. macroctachyn, lo cual parece demostrar que su establecimiento en lucios más profundos esté limitado más por el encharcamiento que por los altos contenidos salinos. Estos últimos, sin embargo, limitan el establecimiento de los helófitos.

En la época de encharcamiento se desarrollan localmente comunidades de fanerógamas acuáticas dominadas por Ruppia maritima L. subsp drepanensis (Tin.) Marine & Weiller (Ruppiaetum drepanensis - Brullo y Furnari, 1976). Su presencia parece depender de que el sustrato sea propicio para el enraizamiento y que la movilidad y turbidez de las aguas no sea excesiva. Así, en el lucio estudiado únicamente donde nuestras pisadas y sondajes habían creado depresiones y removido el sustrato surgían estas poblaciones, faltando completamente en el resto de la zona, donde únicamente encontramos fragmentos flotantes.

#### BORDES DE LUCIOS

Denominamos así, provisionalmente, al cinturón de vegetación helófito que se establece en torno a los fondos de lucios, dominada por el Scirpetum compacto-littoralis (Br-Bl., 1931) que en determinadas condiciones puede ocupar grandes extensiones si se dan los requerimientos adecuados de encharcamiento y salinidad del sustrato no excesivamente eleva

En nuestra zona el primer cinturón va dominado por Scirpus littoralis Schrader var thermalis Trabut que creció en zonas de hasta 28 cm de encharcamiento máximo con una duración del mismo inferior a un mes a la del fondo del lucio (6-7 meses).

Más al interior se desarrolla un cinturón de Scirpus maritimus L. var. compactus (Hoffm) Meyer - "castañuela"- elevado unos 10 cm con respecto al anterior (encharcamiento máximo registrado 19 cm) y una duración del encharcamiento de 4-5 meses en el año de estudio.

Durante la época de encharcamiento se desarrolla entre la densa vegetación helófito (cobertura 60-70 % o superior, en otras zonas) un tapiz hidrofítico denso (Ruppium drepanensis) salpicado de acumulaciones de algas verdes (Cladophora sp.) y de poblaciones de manzanilla de agua (Ranunculus baudotii Godron). La menor lámina de agua, menos móvil y más clara, y las mayores irregularidades en el sustrato parecen favorecer este desarrollo con respecto a los fondos de lucios.

En la época seca toda esta vegetación hidrofítica se descompone dejando acúmulos blanquecinos continuos que cubren la superficie. Bajo esta capa se observan acumulaciones de materia orgánica oscura formando un sapropel rico en bacterias anaeróbicas sulfatorreductoras. Por debajo de ésta aparece un denso entramado de rizomas que perdurarán en la época seca.

En la transición del Scirpetum compacto-littoralis con la comunidad que domina la unidad siguiente (Arthrocnemum glauci-Juncetum subulati Brullo & Furnari, 1976) se produce un intergrado más o menos extenso, recogido por Rivas Martínez y col. (1980) como subasociación Scirpetosum compacti del Arthrocnemum glauci-Juncetum subulati, que en nuestra zona alcanzó una alta cobertura (desde el 60 % o más del 90 %) y una altura media de 120 cm. En este punto el encharcamiento máximo registrado fue de 15 cm y aquí se desarrolló todavía el Ruppium drepanensis junto a

la manzanilla de agua. En época de retirada de las aguas proliferan en los claros de estas áreas de transición comunidades de halófitas anuales como el Suaeda splendidis - Salicornietum ramosissimae (Rivas Martínez, 1980) y el Damasonio alismae - Crypsietum aculeatae (Rivas Martínez, 1980).

#### BAJIOS O QUEBRADAS BAJAS (Fotos 14 y 15)

Hemos denominado provisionalmente "bajío" a esta unidad en virtud de la similitud encontrada con la descrita por Clemente (1980) en los Llanos del río Apure en Venezuela. Localmente, hemos constatado que a estas zonas se les denomina "quebradas", aunque en trabajos previos (Valverde, 1960; Menanteau, 1980; Siljeström, 1985) se ha definido este término de modo bien distinto. Por otro lado, la definición estricta recogida en el diccionario no da una idea clara de la fisonomía de la unidad.

En el área piloto, esta unidad aparece bien desarrollada a unos 25 cm por encima del nivel del fondo del lucio, hallándose dominada por el Arthrocnemum glauci - Juncetum subulati, subasociación típica, donde predomina el Juncus subulatus Forska ("candilejo"), que llega a alcanzar una altura superior a los 100 cm. Típicamente forma densas macollas que incluyen al almajo salado - Arthrocnemum macrostachyum (Moris) Moris de menor porte (50-60 cm). La cobertura media estimada estuvo en torno al 70 % con una distribución contagiosa de ambas especies, que forman rodales algo más elevados, separados por espacios más bajos. La lámina media máxima de agua medida fue de 5-7 cm y la duración estimada del encharcamiento 3-3,5 meses, en el año de estudio. Estos valores medios son menos representativos que los anteriores, por tratarse de un área de transición más amplia y heterogénea. El microrrelieve es más complejo que en las unidades precedentes, al quedar las zonas que circundan los rodales de vegetación 4-5 cm por debajo de estos que se ven, por tanto,

menos afectados por el encharcamiento. Las causas de este microrrelieve pudieran ser varias:

- Relleno de las grietas durante la época seca y elevación del terreno al expendirse los materiales en la época húmeda ("microgilgai", Bar daji, 1971).
- Protección de las zonas cubiertas de vegetación frente al arrastre de sedimentos por las aguas de encharcamiento.
- Deposición diferencial de los materiales arrastrados por las aguas en los puntos donde existe vegetación (Rubio, 1985).

Superpuesto a uno o más de estos fenómenos, está el de pisoteo por el ganado, que frecuenta estas áreas durante los meses en los que los horizontes superficiales están saturados de humedad, afectando más a las zonas desprovistas de vegetación perenne. Por otro lado, la ausencia de una lámina de agua profunda durante la época de lluvias, impide la homogeneización y compactación de la superficie del terreno que ocurre, por ejemplo, en los lucios.

En esta unidad los valores máximos de lámina de agua medidos fueron 2-5 cm para las microelevaciones y 9-11 cm para los bajos. La C.E. en la época seca alcanzó los 50-60 mS/cm en los primeros 50 cm, que incluyen la mayor parte de las raíces del almajo salado. Las de las restantes especies no suelen pasar de 20 cm.

En lo que respecta a la vegetación anual, encontramos a principios de la primavera un estrato herbáceo dominado por la manzanilla de agua (Ranunculus baudotii) que va acompañada en las microdepresiones más profundas por poblaciones efímeras del Ruppium drepanensis. Más adelante, avanzada la primavera, domina un denso pastizal de Polygomon monspeliensis L. y Polygomon maritimum Willd., con inclusiones de Rumex conglomeratus Murray. A inicios del verano este pastizal se halla casi

## BAJIOS O QUEBRADAS MEDIAS Y ALTAS (Fotos 8 y 9)

Representan áreas de transición entre el Inulo-Arthrocnemetum glauci y el Arthrocnemo glauci-Juncetum subulati. En las quebradas o bajíos medios se dan las condiciones medias límites para la supervivencia del candilejo (Juncus subulatus) cuyo comportamiento depende mucho de la climatología del año. En años muy secos no se desarrollan vástagos, mientras que en años lluviosos éstos se desarrollan normalmente y ocurre incluso una expansión de las poblaciones. En la temporada de observaciones hemos detectado una reducción en el desarrollo de los vástagos de un 20-30 % con respecto a la anterior, que fue bastante más lluviosa. Los bajíos o quebradas altas son zonas de transición hacia los bancos y en ellas falta el candilejo, siendo el almajo salado la única especie perenne conspicua. Típicamente aparece formando rodales aislados que cubren un 30-40 % del sustrato. Entre ellas aparecen áreas descubiertas y agrietadas en la época seca. Se observa aquí, al igual que en los bajíos bajos, el patrón de microelevaciones y microdepresiones, con alta perturbación de los horizontes superficiales por la acción del ganado.

En la época húmeda se produce la típica sucesión de vegetación herbácea que ya hemos citado en otras unidades.

A principio de la primavera abundan las poblaciones de Ranunculus baudotii y de Cotula coronopifolia en las microdepresiones. En las microelevaciones se desarrolla en esta época el Chamaemelum fuscatum.

Más avanzada la primavera se desarrollan típicamente elementos del Parapholi-Franquenietum pulverulentae con frecuentes inclusiones del Hainardio cylindricae-Lophochloetum hispidae que ocupan las microelevaciones. Esta última asociación es tanto más frecuente cuando más nos acerquemos a los bancos. La especie más característica de esta asociación presente en los bajíos altos y medios es Leontodon maroccanum.

En lo que se refiere a las características del medio, en el área de estudio, los bajíos medios y altos se elevan entre diez y quince centímetros sobre los bajíos bajos y 40-50 cm sobre los fondos de lucios. Durante el año de estudio, con pluviometría por debajo de la media, no llega a formarse una lámina de agua continua en estas zonas. Únicamente en la época más húmeda (enero-febrero) apareció agua libre en las microdepresiones debidas al pisoteo del ganado y que no llegaron a tener más de 3 cm de agua. Los montículos sobre los que se asienta el almajo salado quedaron libres de encharcamiento. En las microdepresiones el agua libre no permaneció más de 45 días.

En estas áreas hemos medido salinidades en torno a 50 mmhos/cm, en la época seca, para la capa afectada por las raíces (50 cm superficiales).

Al igual que ocurría en las quebradas o bajíos bajos es característico el agrietamiento del suelo en la época seca con grietas que llegan a afectar a los primeros 40 cm con una anchura de hasta 3-4 cm en la superficie.

#### BANCOS O ALTURAS (Fotos 5 y 6, 11 y 12)

Bajo esta denominación provisional agrupamos las áreas más elevadas que se corresponden con los "levees" de cursos de aguas actuales o pretéritas.

En estas elevaciones la vegetación presenta una organización catenal característica y según la cota que llegue a alcanzarse, la secuencia puede aparecer total o parcialmente desarrollada.

Un factor esencial a la hora de explicar la distribución y naturaleza de la vegetación presente en esta unidad morfológica es la influencia

cia de los herbívoros (gamos, conejos y sobre todo ganado vacuno y ovino) que tienden a ocupar estas zonas, especialmente en la época en la que el resto de la marisma permanece anegada (Allier y Bresset, 1976; Rivas y col., 1981), aspecto este que se tratará más adelante.

El suelo de estas áreas está sensiblemente mejor estructurado y drenado que el de los bajíos, debido a su granulometría ligeramente más gruesa y una menor salinidad. El nivel freático hipersalino (80-120 mmhos/cm) no alcanza la superficie del terreno y permanece en la época seca en torno a los 2 metros de profundidad, lo cual limita los ascensos capilares. Normalmente estas áreas están completamente libres de encharcamiento y sólo en época de avenidas resultan cubiertas por las aguas (la última vez en 1970).

Todas estas circunstancias conforman un ambiente claramente menos extremo (C.E. de la capa afectada por raíces inferior a 20 mmhos/cm) y fluctuante que los anteriores. Esto se traduce en una mayor diversidad en la cubierta vegetal con entrada de especies menos resistentes a la salinidad. Entre ellas se encuentran muchos terofitos nitrófilos (Rivas y col., 1981) favorecidos por los abundantes aportes nitrogenados que estas áreas elevadas reciben de los herbívoros. A diferencia de lo que ocurría en los bajíos o quebradas, no se aprecian alteraciones importantes de los horizontes superficiales por el pisoteo del ganado al no alcanzarse valores próximos a la saturación más que en contados días del año. Igualmente falta por completo el patrón de agrietamiento superficial característico de los bajíos. Aquí el agrietamiento es más profundo (hasta 70 cm) pero mucho menos aparente (la anchura de las grietas en la superficie no sobrepasa los 7-8 mm).

En general, los bancos presentan rodales más o menos esparcidos de especies leñosas, cuya cobertura no suele exceder del 40-50 %, entre los cuales crece en la época húmeda un pastizal rico en gramíneas y leguminosas muy apreciado por el ganado y de notables cualidades nutriti-

En función de la elevación y grado de nitrificación podemos encontrar en un banco todos o algunos de los elementos siguientes:

Alto de banco :

Corresponde a las zonas más elevadas de las vetas y paciles más altos, en los cuales la influencia antropozógena es más notable. Suele estar desprovista de vegetación leñosa y poblada por comunidades nitrofilas pertenecientes a las asociaciones Anacyclo-Hordeetum leporini y Scolymo maculati-Silybetum mariani, acompañadas frecuentemente por Frankenia laevis subsp. intermedia.

Almajar dulce :

Se desarrolla formando una orla en torno a los altos de banco, ocupando las porciones más elevadas de vetas y paciles algo más bajos. Está dominado por el almajo dulce (Suaeda vera var. vera) que forma parte del Cistancho luteae-Suadetum verae, reconocido por Rivas y col. (1981), aunque de forma fragmentaria, en nuestra zona. El almajo dulce va acompañado típicamente por la asociación nitrófila autóctona de la marisma del Guadalquivir Hainardio-Lophochloetum hispidae (Rivas y col., 1981) especialmente de la subasociación Trifolietosum ornithopodioidis. Cuando la influencia antropozógena es más acusada aparecen inclusiones de las dos asociaciones nitrófilas citadas para los altos de banco.

Almajar salado :

En situación algo menos elevada el almajar dulce es sustituido por el almajar salado, dominado por Arthrocnemum macrostachyum que en topografía de banco exhibe mayor vitalidad y verdor que en situaciones más bajas. La comunidad que preside, Inulo-Arthrocnemum glauci, va

acompañada en estas situaciones por un pastizal denso correspondiente al Hainardio cylindrica - Lophochloetum hispida, fundamentalmente la sub-asociación típica en la que faltan el Plantago lagopus y varias leguminosas que se asocian más frecuentemente al Cistancho - Suaedetum verae.

Es típico que en las áreas de transición entre el almajo dulce y salado, en fisiografía de banco, aparezca una banda de Sarcocornia perennis subsp. alpini (Castroviejo y col., 1980). Las características del ambiente que suele ocupar hace que no podamos considerar su inclusión en el Puccinellio - Arthrocnemetum perennis citado por Rivas y col. (1981) en el área, que habita en zonas expuestas al efecto de las mareas. Más próximas nos parecen las asociaciones que citan Castroviejo y Cirujano (1980) en zonas del interior incluidas en la alianza Suaedion brevifoliae, aunque los taxones característicos no son los mismos (excepto la Sarcocornia perennis alpini).

A medida que descendemos por la ladera suave de la veta (opuesta a la contraveta) se produce un paso gradual a la unidad bajío, con el consiguiente descenso del Hainardio - Lophochloetum hispida y la aparición progresiva del Parapholi - Frankenietum pulverulentae.

En el área piloto los bancos suelen hallarse elevados entre 0,5 y 0,8 m sobre las quebradas circundantes, con cotas absolutas entre 1,2 y 1,6 metros sobre el nivel del mar.

#### OTROS ELEMENTOS

Además de las unidades descritas, hemos observado en los recorridos de campo otras unidades de carácter más restringido. Otras las conocemos de la bibliografía (Menanteau, 1980; Tenajas, 1984; Allier y Bresset, 1976; Rivas y col., 1981) y esperamos estudiarlas con detalle en las siguientes campañas.

- Bancos o vetas arenosas
  - Gavetas
  - Lucios de influencia mareal o albinas (Menanteau, 1980)
  - Caños
  - Playas
- Las vetas arenosas son áreas elevadas originadas por acumulaciones de arenas conchíferas de origen fluvio-marino sobre el sustrato arcilloso que cubre la inmensa mayoría de la marisma. Las primeras observaciones indican que tanto el suelo como la vegetación difieren considerablemente de las vetas arcillosas.
- Las gavetas son redes de drenaje dentríticas por las que asciende el agua con las mareas altas y se evacua parte del agua de inundación en la época húmeda. Al parecer se han originado por la acción erosiva del reflejo mareal. Muchas de ellas han dejado de ser funcionales por pérdida de caudal en el cauce que las alimentaba o por regulación artificial de las antradas.
- Según el grado de influencia de la marea, a través del río, y de las características químicas del agua y sustrato aparece una vegetación similar a la que describiremos para las playas o asociaciones características de áreas influenciadas por las mareas marinas tales como el Puccinellio-Arthrocnemum perennis.
- Las albinas son lucios que además del aporte pluvial reciben aportes fluviales por influencia de las mareas. Algunos de los actuales lucios son antiguas albinas independizadas de la marea (Menanteau, 1980). En nuestra área hemos encontrado ejemplos puntuales que esperamos estudiar más detalladamente, cuando el estudio se extienda a la zona sur donde son más abundantes. Las observaciones parciales efectuadas indican que se trata de lucios con un encharcamiento más prolongado (has

ta 11 meses en un caso concreto) que desarrollan vegetación característica de zonas influenciadas por la marea (Puccinellio - Arthrocnemetum perennis, Spartinetum densiflorae) junto a la característica de los lucios.

- Los caños son cauces sinuosos que recorren la marisma en dirección Norte-Sur y que hasta no hace mucho, representaban una entrada fundamental de agua a las marismas. En la zona piloto hemos estudiado uno de ellos (Caño Travieso) que hace años dejó de ser funcional, por efecto de la influencia humana. En la práctica se comporta como un lucio pluvial y su vegetación ha evolucionado en este sentido. En la próxima temporada esperamos caracterizar otros que se han mantenido más cercanos a sus condiciones originales.
- Las playas son áreas influenciadas por las mareas altas y en la zona estudiada flanquean al Brazo de la Torre. En función de la pendiente hacia el cauce ocupan una banda de anchura variable de hasta varios cientos de metros.

Típicamente presente la zonación siguiente (desde el cauce hasta las zonas más elevadas).

- . Carrizal: banda de no más de 10 m junto al cauce dominado por Phragmites australis acompañado de Scirpus maritimus.
- . Playa de gramón: es la que, con propiedad, se denomina localmente "playa". Consiste en una banda de unas decenas de metros, ocupada por un censo pastizal de Paspalum vaginatum.
- . Playa de ajmajos: forma una banda interior, de hasta varios centenares de metros, poblada fundamentalmente por el Cistancho luteae - Arthrocnemetum fruticosi con coberturas que sobrepasan el 80 %.

Estas comunidades se definen claramente en función de sus adaptaciones a la influencia de la marea. El carrizal permanece afectado por las mareas altas ordinarias, el gramón requiere humedad constante, pero no queda totalmente anegado por las mareas ordinarias. La playa de almajos presenta, asimismo, un sustrato continuamente húmedo desde superficie, pero sólo queda inundado por las mareas vivas.

#### VIII.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y PREVISIONES FUTURAS

En el estudio de la vegetación de la marisma salina del Parque hemos encontrado, además de los problemas técnicos y logísticos derivados de la dificultad del desplazamiento por la zona en la época en la que las plantas tienen un desarrollo óptimo, las siguientes limitaciones:

##### 1. Problemas en la determinación de taxones

En su mayoría pertenecen a grupos de difícil diagnóstico. Este problema se acentúa al haber puesto de manifiesto estudios previos especializados (Rivas y col., 1981; Castroviejo y col., 1980) que diferencias varietales o subespecíficas tiene gran importancia para el diagnóstico de ambientes físico-químicos.

- La gran complejidad taxonómica que entrañan algunas de estas comunidades se pone de manifiesto en el hecho de que en algunas de ellas las dificultades se plantean a nivel de correcta determinación de especies, para los propios especialistas (Rivas y col., 1981).
- Con posterioridad a la realización de los estudios botánicos en el área (Rivas y col., 1981) se han producido cambios nomenclaturales en

las especies características de varias de estas comunidades, lo cual debe llevar aparejado un cambio de nombre de los sintaxones correspondientes.

## 2. Insuficiente número de observaciones sistemáticas y cuantitativas

Esto hace que hasta el momento sólo se puedan dar apreciaciones cualitativas, siempre subjetivas, y algunas indicaciones cuantitativas referidas a un área muy limitada y en base a datos todavía escasos.

En un futuro próximo esperamos la confirmación o modificación de las determinaciones del material vegetal recolectado hasta el momento, por especialistas de la Universidad de Sevilla y del Real Jardín Botánico de Madrid. Así mismo, y en base a los datos preliminares se establecerán parcelas permanentes de observación del suelo y vegetación, en número proporcional a la variabilidad y extensión de las unidades, que generen datos suficientemente numerosos y representativos, susceptibles de recibir tratamiento estadístico. De este modo podrán definirse y separarse de forma más objetiva las unidades que provisionalmente hemos diferenciado. Igualmente pueden ponerse de manifiesto por este procedimiento las relaciones cuantitativas entre la vegetación, suelo y morfología del terreno.

Concretamente, pueden enumerarse los siguientes centros de interés:

- Distribución en el área piloto de alrededor de 30-35 parcelas según un diseño estratificado y semialeatorio en las que se controlen periódicamente los parámetros significativos del medio y vegetación.
- Estudio de microsecuencias concretas en las áreas de máxima variabilidad, tales como:

- . Vetas
  - . Límites entre unidades
  - . Patrones heterogéneos del suelo y vegetación, tales como las micro-elevaciones y microdepressiones de las quebradas.
- En colaboración con la Unidad de Fertilidad de este Centro evaluación de la calidad nutritiva de la vegetación y sus parámetros notables, desde la óptica de un aprovechamiento por los consumidores primarios. Dada la regresión que parecen experimentar algunas comunidades muy productivas en favor de otras de escaso valor nutritivo, es importante evaluar de forma inmediata estas futuras pérdidas de calidad y cantidad de producción primaria con vistas a solicitar la adopción de las correspondientes medidas correctoras a la autoridad competente.

IX. UNIDADES CARTOGRAFICAS  
PARA EL EMPLEO  
SEMIDETALLADO

Las unidades diferenciables en un trabajo de cartografía de suelos, en el área de marisma estudiada, hay que buscarlas en los elementos causantes de estas diferenciaciones y que debido a su cambio muy gradual crea también unas zonas transicionales poco diferenciadas. Desde el punto de vista práctico, a la hora de tomar decisiones hay que tener en cuenta la altitud y el tiempo de inundación, elementos ambos que están muy estrechamente ligados a la vegetación que prolifera en este medio.

Distintos nombres locales de suelos han sido definidos en trabajos anteriores y consideramos que muchos de ellos pueden seguirse en las unidades de suelos, aún cuando las diferencias dentro de las características de las unidades sean muy estrechas; pero por diferencias de tiempo de inundación hacen que tengan una vegetación en función de ello, no obstante que la misma pueda también variar por los volúmenes y tiempo de encharcamiento de la variabilidad anual de las precipitaciones.

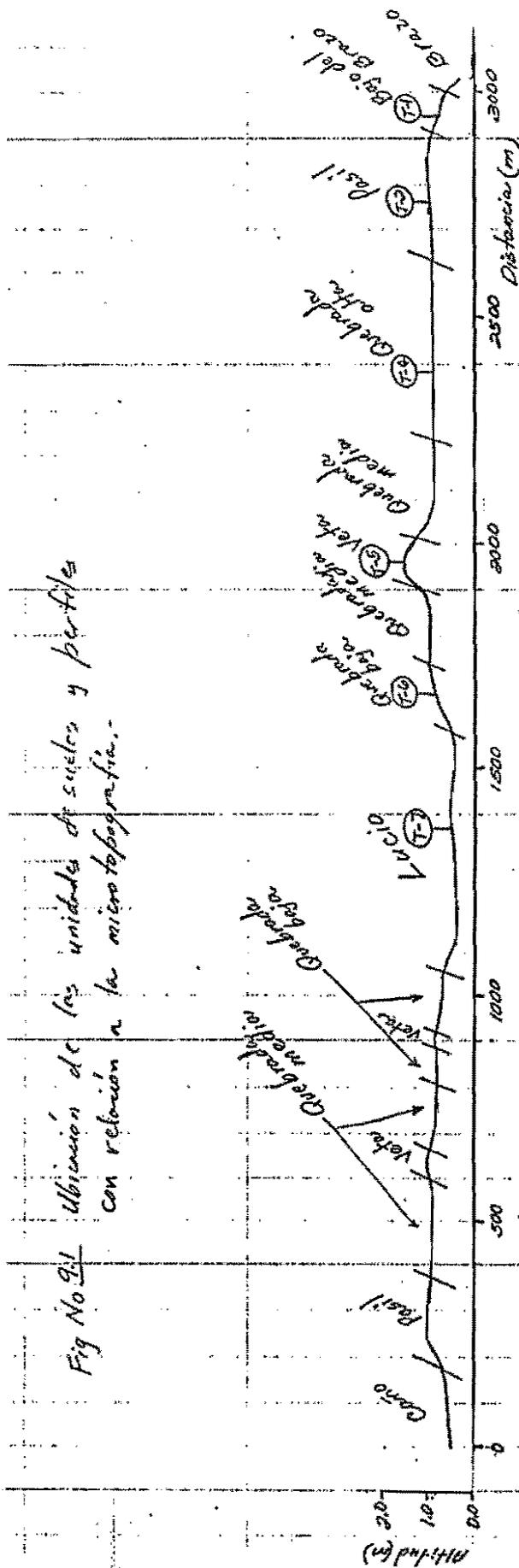
En la Fig. Nº 9.1 y utilizando un microtopográfico a escala 1:50.000 se presenta la ocurrencia de unidades de mapeo que pueden ser utilizado en la zona de estudio y están definidas en función de la altitud. Pueden considerarse diferenciaciones dentro de unidades relativamente bien definidas y que preliminarmente llamaeremos transicionales. Las diferenciaciones numéricas de resultados analíticos del laboratorio, llegarían en última ins-

tancia, a fundamentar una mayor diferenciación, aunque de principio se puede concluir que no todas las unidades definidas en forma preliminar, tienen una homogeneidad mayor entre ellas que la unidad próxima.

Las unidades propuestas y sus características fundamentales se resumen en la Fig. Nº 9.2.

En la interpretación de los perfiles descritos y parcialmente analizados se amplia con algunos resultados obtenidos.

Fig No 9.1 Ubicación de las unidades de suelos y perfiles con relación a la microtopografía.



— Línea de suelos

(T-6) Número del perfil.

Figura No. 9.1

Fig. Nº 9.2: Unidades propuestas

Zona	Unidades	Sub-unidades
Banco. Area con nulo a baja probabilidad de inundación	<u>Veta.</u> Pequeñas áreas más elevadas resultado de la fragmentación de antiguos leveés.	<u>Veta.</u> Area estabilizada con vegetación abundante y característica.
	<u>Pasil.</u> Franjas elevadas y paralelas a las corrientes fluviales actuales (Leveés)	<u>Contraveta.</u> Borde con mayor pendiente en la veta y con vegetación escasa o nula.  Puede hacerse en algunos casos una diferenciación en el borde del pasil con la corriente fluvial.
Transición	<u>Quebrada.</u> Zona transicional entre las Vetas o Pasiles y Depresiones que en dependencia de diferentes altitudes definen un mayor o menor tiempo de inundación. La vegetación es el elemento auxiliar para la diferenciación en subunidades.	<u>Q. alta.</u> Zona que generalmente aparece al borde de vetas o pasil cuando la pendiente es muy suave.
		<u>Q. media.</u> Cambio gradual de la quebrada alta cuando la pendiente es suave, aunque puede ser muy pequeña la longitud si es más pronunciada.
		<u>Q. baja.</u> Dentro de la zona intermedia es la más baja y con mayor tiempo de inundación.
Depresión	<u>Caño.</u> Corriente fluvial con vegetación variable según profundidad. Es posible hacer diferenciaciones dentro de él.	<u>Caño.</u> Zona propiamente definida y sin influencia de otras unidades.
	<u>Lucio.</u> Area que acumula las aguas pluviales. Puede haber diferenciaciones por profundidad y/o presencia de "gavetas" (Lucios fluvio pluviales)	<u>Borde de Caño.</u> Transición a Pasil y otra unidad más elevada y que en ocasiones puede diferenciarse.
	<u>Playa.</u> Zonas sometidas a la acción de la marea en el borde del B. de la Torre y río Guadalquivir.	<u>Fondo de Lucio.</u> Zona descubierta totalmente de vegetación donde se acumulan aguas pluviales.
		<u>Borde de Lucio.</u> Zona transicional de lucio que alterna con y sin vegetación. Puede o no aparecer en cada lucio
		En función del tiempo de inundación se pueden distinguir varias subunidades, en base a la vegetación.

X. DESCRIPCION ANALISIS Y  
FOTOS DE LOS PERFILES

En los perfiles que a continuación se describen, utilizando la "Guía para la descripción de perfiles de suelos" de la FAO (1977), se muestran las diferenciaciones principales desde el punto de vista morfológico y se ofrecen los resultados de datos analíticos concluidos en los mismos. Se acompañan fotos del perfil, y del paisaje, en épocas húmeda y seca.

## X.1 PERFIL DE PLAYA

### I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA

- a. Número del perfil: T-1
- b. Nombre del suelo : Serie Playa
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: Thapto-Histic  
Tropic Fluvaquent en fase salina<sup>salina</sup>-alcalina (USDA); Gleyic  
Solonchak en fase alcalina (FAO)
- d. Fecha de la observación: 16/IX/85
- e. Autores de la descripción: L. Ventura y A. Viñas
- f. Ubicación: Camino del Cherry a unos 7 m del poste Nº 3 (a 450 m  
de la valla). Coordenadas U.T.M. 41.30 - 4095.82
- g. Altitud (en metros): 0,7
- h. Forma del terreno:
  - i. Posición fisiográfica del sitio: Depresión
  - ii. Forma del terreno circundante: Plano
  - iii. Microtopografía: Irregularidades por pisadas de animales
- i. Pendiente donde el perfil está situado: Llano ( 0,1 %)
- j. Vegetación: Asociación dominante Cistanchio luteae - Arthrocnemum fruticosum
- k. Clima: Seco Subhúmedo.

### II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a. Material de partida: Depósitos aluviales calcáreos recientes  
del Brazo la Torre
- b. Drenaje: Clase 0. Muy escasamente arenado

- c. Condiciones de humedad del suelo: Mojado en todo el perfil
- d. Profundidad de la capa freática (en metros): 0,9
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:  
Clase 0, no existen
- f. Evidencia de erosión: Por cárcavas moderada
- g. Presencia de sales o álcalis: Clase 3. Suelos fuertemente afectados
- h. Influencia humana: Directamente es nula. El proceso natural puede haberse afectado por regulación de las aguas en zonas recuperadas al cultivo fuera del Parque.

### III. BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

### IV. DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

- |      |          |  |
|------|----------|--|
| Az   | 0-10 cm  | Marrón grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo y gris parduzco (10 YR 6/2) en seco; franco-arcillo-limoso; sin estructura debido al exceso de humedad; ligeramente adherente, ligeramente plástico; pocos poros y muy finos; fuertemente calcáreo; abundantes raíces medias, finas y muy finas; límite neto y plano.   |
| ACgz | 10-45 cm | Pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo y gris claro (10 YR 7/2) en seco, con un 25 a 40 % de manchas pardo rojizo (7,5 YR 5/4), algunos moteados marrón amarillento (10 YR 5/8) y pocas motas negruzcas, sufriendo este manchado y moteado cambios con las variaciones de humedad; arcillo-limoso; sin estructura debido al exceso de humedad; ligeramente adherente, ligeramente plástico; pocos poros y muy finos; fuertemente calcáreo; frecuentes raíces medias y finas, abundantes las muy finas; límite difuso. |

...//...

- Cz            45-65 cm    Gris claro (2,5 YR 6/0), con un 35 % de pardo (10 YR 5/3) y un 25 % de manchas marrón amarillento (10 YR 5/8) en húmedo y gris claro (10 YR 7/2) en seco, haciéndose la coloración más uniforme al secarse; arcillo-limoso; sin estructura debido al exceso de humedad; adherente y plástico; pocos poros y muy finos; fuertemente calcáreo; no se observaron raíces; límite neto y plano.
- 2Cbgz        65- + cm      Pardo grisáceo oscuro (2,5 Y 4/0), con un 20 % de color más claro (10 YR 5/2) en húmedo y con manchas en aproximadamente 20 % de marrón amarillento (10 YR 5/8) y en seco gris parduzco claro (10 YR 6/2); arcillo-limoso; sin estructura debido al exceso de humedad; adherente y plástico; pocos poros y muy finos; fuertemente calcáreo; sin raíces.

#### V. INTERPRETACION DE LA DESCRIPCION

Se observan cárcavas producidas por los movimientos de entrada y salida de las aguas del Brazo, llegando a la formación conocida como "gavetas". El último horizonte representa una discontinuidad marcada en los materiales, apareciendo una capa con abundante materia orgánica (restos de plantas) semidescompuesta. El área donde está el perfil es afectada por las mareas vivas, el manto freático puede llegar a 40 cm.

PERFIL Nº T-1

Profundidad (cm)	pH	%				Cationes adsorbidos (meq/100 g) 1:2				
		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.I.C.
0-10	8,2	23,45	0,05	0,05	0,08	21,3	1,8	7,5	30,6	
10-45	7,9	29,31	0,07	0,03	0,07	15,8	1,5	6,2	23,5	
45-65	7,9	29,83	0,07	0,03	0,07	13,8	1,4	4,5	19,7	
65- +	8,1	27,41	0,07	0,04	0,07	15,3	1,5	9,0	25,8	

Profundidad (cm)	C.E.	Cationes solubles (meq/100 g) 1:2					Aniones solubles (meq/100 g) 1:2				
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	cationes	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	aniones
0-10	10,0	1,60	3,70	0,26	16,44	22,00	14,64	4,16	1,02	0,08	19,90
10-45	12,8	2,66	3,10	0,22	21,88	27,86	20,56	5,42	0,24	0,04	26,26
45-65	13,4	2,96	3,20	0,22	23,24	29,62	22,36	4,90	0,18	0,02	27,46
65- +	14,6	4,36	4,14	0,32	21,82	30,64	24,20	4,60	0,20	0,02	29,02

## PERFIL Nº T-1

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación
	Arena	Limo	Arcilla	
0-10	4,55	57,31	38,14	Franco-arcillo-limoso
10-45	1,25	50,61	48,14	Arcillo-limoso
45-65	0,30	46,56	53,14	Arcillo-limoso
65- +	0,20	56,66	43,14	Arcillo-limoso

Profundidad (cm)	% b.s.s.		
	Humedad	C. campo	P. marchitez
0-10	8,22	55,01	27,47
10-45	7,24	40,45	22,95
45-65	5,01	41,22	23,31
65- +	4,95	42,67	19,48

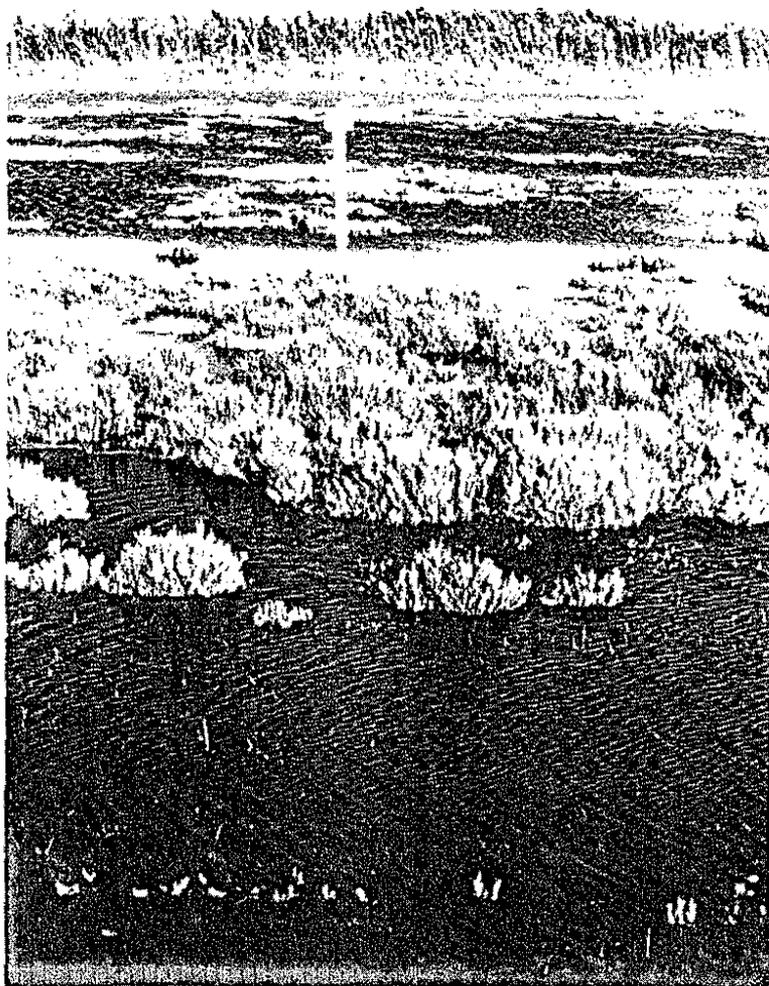


Foto 3. Paisaje estival, playa.



Foto 1. Perfil P-1, playa.

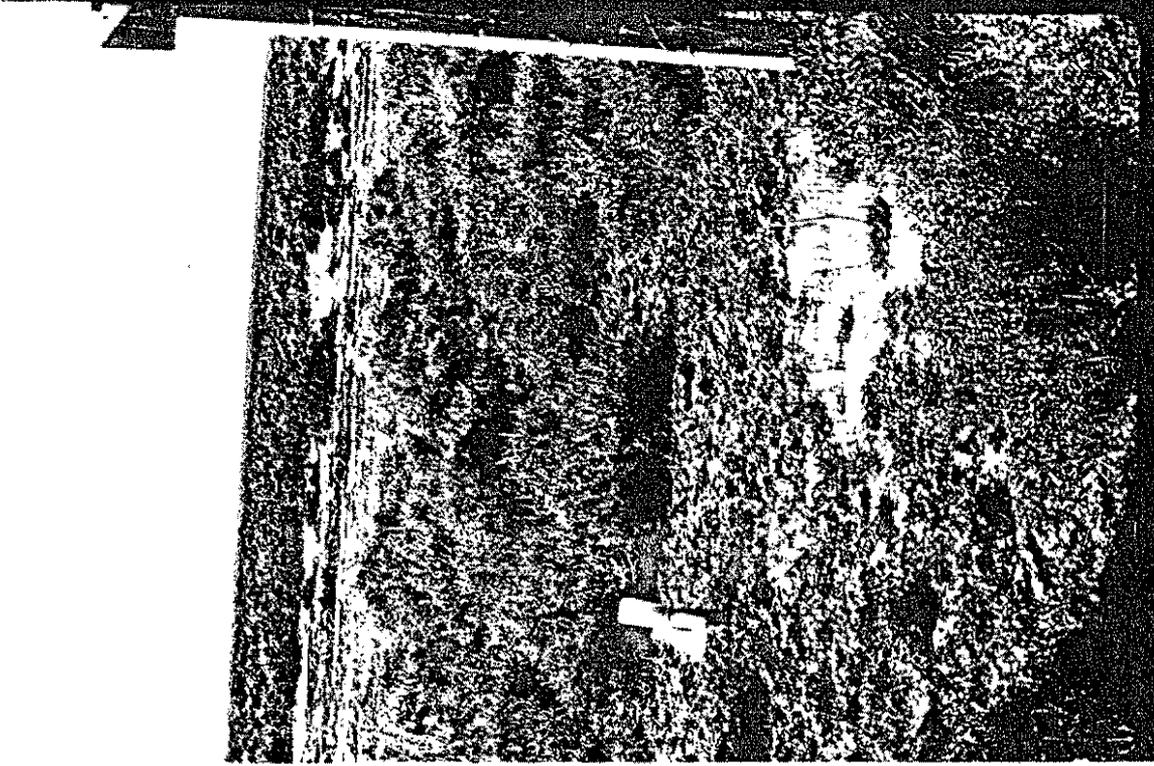


Foto 2. Paisaje invernal, playa.

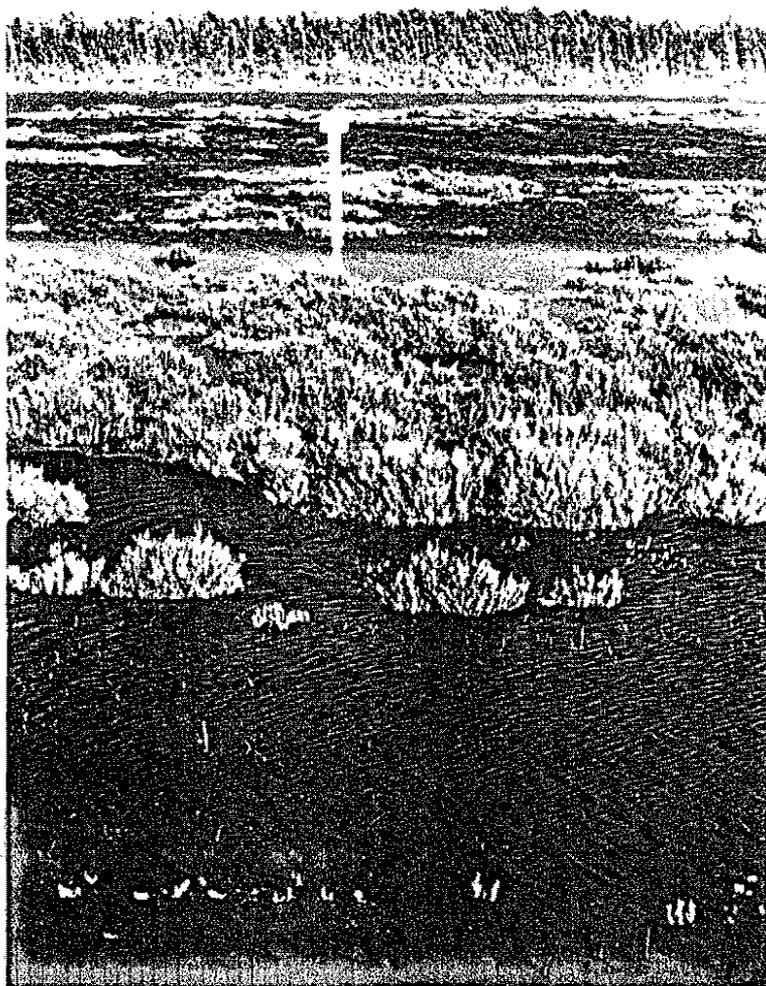


Foto 3. Paisaje estival, playa.

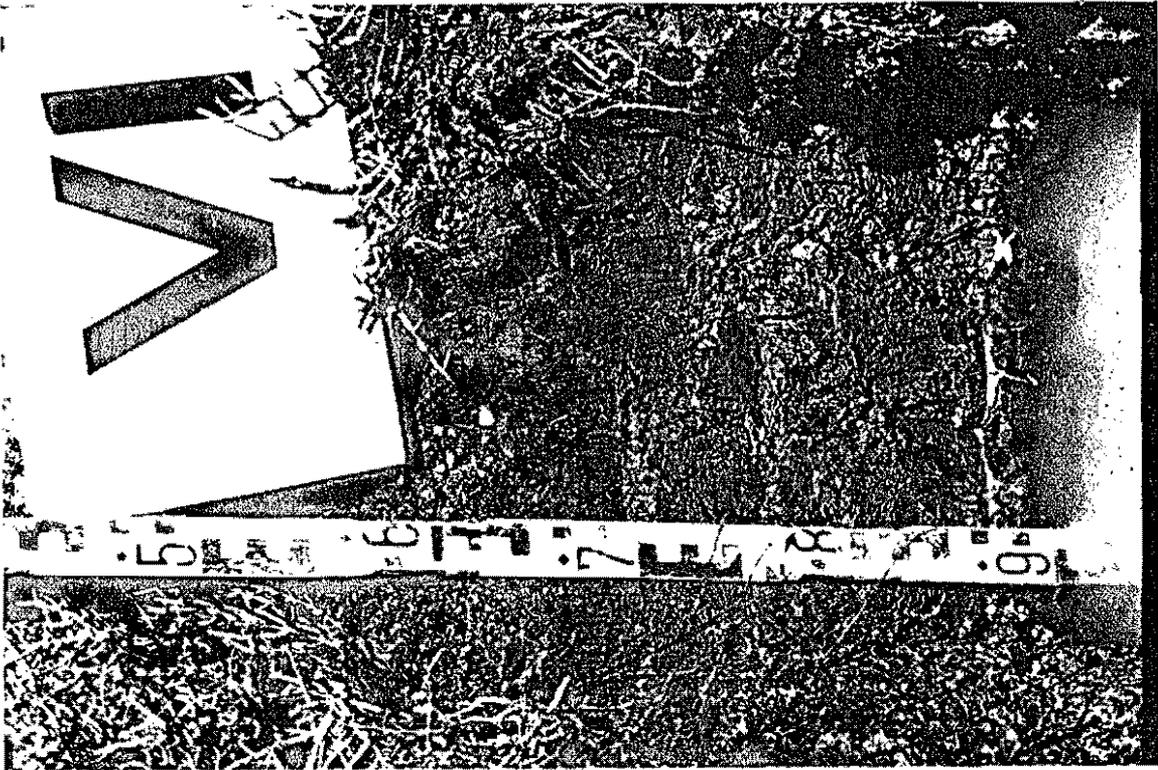


Foto 1. Perfil P-1, playa.

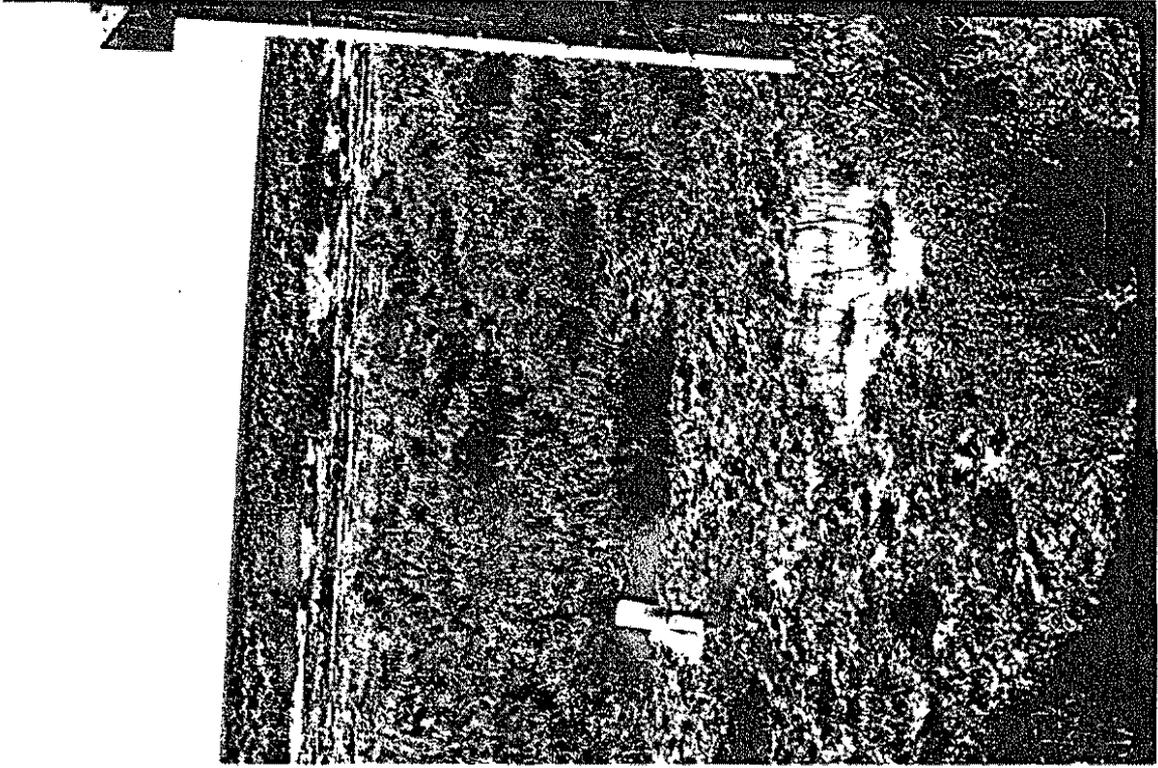


Foto 2. Paisaje invernal, playa.

## X.2 PERFIL DE PASIL

### I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA

- a. Número del perfil: T-2
- b. Nombre del suelo: Serie Banco ("Pasil")
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: Aquic Xerochrepts en fase salino-alcalina (USDA); Ochric Solonchak en fase alcalina (FAO)
- d. Fecha de la observación: 19/IX/85
- e. Autores de la descripción: L. Ventura y A. Viñas
- f. Ubicación: Pasil Brazo La Torre. Coordenadas U.T.M. 741.11-4095.83
- g. Altitud (en metros): 0,9
- h. Forma del terreno:
  - i. Posición fisiográfica del sitio: Terraza o planicie
  - ii. Forma del terreno circundante: Plano
  - iii. Microtopografía: Regular
- i. Pendiente donde el perfil está situado: Llano ( 0,1 %)
- j. Vegetación: Domina *Sarcocornia perennis* subsp. *alpini* acompañada de elementos del *Inula-Arthrocnemum glauci* y del *Cistancho Suaedetum verae*. En el pastizal domina el *Hainardio cylindrica* - *Lophochloetum hispidae*.
- k. Clima: Seco subhúmedo.

### II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a. Material de partida: Depósitos aluviales
- b. Drenaje. Clase 2. Imperfectamente drenados

- c. Condiciones de humedad del suelo: Seco en los primeros 35 cm, algo húmedo en 35-65 cm, húmedo en capas 65-150 cm y debajo mojado.
- d. Profundidad de la capa freática (en metros): 1,95
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Clase 0, no existen.
- f. Evidencia de erosión: No se observa erosión, producto de ser un suelo plano con cubierta herbácea.
- g. Presencia de sales o álcalis: Clase 3. Suelos fuertemente afectados.
- h. Influencia humana: No se observa.

### III. BREVE DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL

### IV. DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

A <sub>11</sub> z	0-15 cm	Pardo pálido (10 YR 6/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo; franco-arcillo-limoso; bloques angulares a prismáticos, muy gruesa y fuerte; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado, en húmedo es muy firme y en seco duro; no se observó la porosidad; calcáreo; raíces frecuentes finas y muy finas; límite neto y plano.
A <sub>12</sub> z	15-35 cm	Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo; arcillo-limoso; estructura prismática gruesa pasando a bloques medianos, fuerte; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo cuando está mojado y duro cuando seco; calcáreo; frecuentes raíces muy finas y pocas finas; límite neto y plano.

...//...

Btz	35-65 cm	Pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo y pardo pálido (10 YR 6/3) en seco; arcilloso; prismática gruesa en bloques medios a grueso, moderadamente fuerte; plástico y adhesivo en mojado y friable a firme en húmedo a seco; calcáreo; frecuentes raíces finas y pocas medianas.
Cgzy	65-105 cm	Matriz pardo oscuro (10 YR 4/3) con frecuentes vetas medianas gris amarillento claro (2,5 Y 6/2) y pardo amarillento (10 YR 5/8) en húmedo; arcilloso; sin estructura (masivo); plástico y adhesivo; calcáreo. De 65-75 cm vetas blancas de yeso, frecuentes motas negras de hierro y manganeso.
C <sub>2</sub> gz	105-150 cm	Matriz rosa (7,5 YR 7/4) con un 25 % de color pardo amarillento (10 YR 5/8) y el resto gris rosado (5 YR 6/2) en húmedo y pasando la matriz a amarillo parduzco (10 YR 6/8) en seco; arcilla; sin estructura (masiva); plástico y adherente; calcáreo.
C <sub>3</sub> gz	150-215 cm	Matriz pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) con muy pocas vetas gris olivo (5 Y 6/2) y pardo amarillento (10 YR 5/8) en húmedo, pasando la matriz a pardo claro (10 YR 6/3) en seco; arcilla; sin estructura (masiva); plástico y adherente; calcáreo.
C <sub>4</sub> rz	215- + cm	Color gris (5 Y 5/1) en húmedo; arcilloso; sin estructura (masivo).

#### V. INTERPRETACION DE LA DESCRIPCION

En el segundo horizonte se observan caracoles y fragmentos de ellos; además hay vetas blancas, grandes y frecuentes.

PERFIL N° T-2

Profundidad (cm)	pH	%				Cationes adsorbidos (meq/100 g) 1:2				
		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.I.C.
0-15	7,8	18,62	0,22	0,04	0,08	18,7		1,8	1,9	22,4
15-35	7,5	18,97	0,09	0,04	0,12	14,2		2,6	7,9	24,7
35-65	7,1	15,86	0,06	0,04	0,14	13,8		3,0	8,4	25,2
65-105	7,1	22,07	0,03	0,04	0,14	12,5		2,8	4,3	19,6
105-150	7,3	24,66	0,13	0,04	0,12	13,9		2,6	21,1	37,6
150-215	7,2	21,98	0,03	0,04	0,12	16,1		2,7	7,5	26,3
215- +	7,1	25,69	0,04	0,04	0,16	7,8		2,9	8,8	19,5

PERFIL. Nº T-2

Profundidad (cm)	C.E.	Cationes solubles (meq/100 g) 1:2					Aniones solubles (meq/100 g) 1:2				
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	cationes	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	aniones
0-15	2,4	0,82	1,00	0,16	3,34	5,32	3,56	0,80	0,84	0,00	5,20
15-35	7,2	1,26	2,00	0,38	12,90	16,54	12,92	2,64	0,44	0,00	16,00
35-65	15,4	3,60	3,90	0,68	29,60	37,78	30,30	7,52	0,14	0,00	37,96
65-105	21,6	6,56	6,54	0,70	41,94	55,74	43,50	11,06	0,12	0,00	54,68
105-150	20,2	3,50	6,20	0,60	37,54	47,84	42,30	7,26	0,14	0,02	49,72
150-215	23,4	4,26	7,70	0,70	46,46	59,12	54,00	7,16	0,16	0,02	61,34
215- +	27,4	6,00	9,30	1,10	56,00	72,40	63,60	9,68	0,14	0,00	73,42

## PERFIL N° T-2

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación
	Arena	Limo	Arcilla	
0-15	2,05	59,81	30,14	Franco-arcillo-limoso
15-35	0,65	41,21	58,14	Arcillo-limoso
35-65	0,05	36,81	63,14	Arcilloso muy fino
65-105	0,55	38,81	60,64	Arcilloso muy fino
105-150	-	-	-	-
150-215	-	-	-	-
215- +	-	-	-	-

Profundidad (cm)	% b.s.s.		
	Humedad	C. campo	P. marchitez
0-15	4,26	-	-
15-35	6,60	-	-
35-65	7,77	-	-
65-105	5,61	-	-
105-150	6,74	-	-
150-215	9,49	-	-
215- +	10,41	-	-

### X.3 PERFIL DE QUEBRADA ALTA

#### I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA

- a. Número del perfil: T-4
- b. Nombre del suelo: Serie Quebrada
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: Typic Salorthid (USDA); Takisik Solonchak en fase alcalina (FAO)
- d. Fecha de la observación: 29/X/85
- e. Autores de la descripción: L. Ventura y A. Viñas
- f. Ubicación: A unos 600 m al este del Brazo de la Torre en dirección al Laboratorio Leo Biaggi; Coordenada U.T.M.: 740.76 - 4095.89
- g. Altitud (en metros): 0,9
- h. Forma del terreno:
  - i. Posición fisiográfica del sitio: Planicie
  - ii. Forma del terreno circundante: Plano
  - iii. Microtopografía: Influenciada por el pisoteo animal
- i. Pendiente donde el perfil está situado: Llano ( 0,1 %)
- j. Vegetación: Domina el Inulo *Arthrocnemum glauci*. En el pastizal transición entre el *Hainardio cylindrica* - *Lophochloa hispidula* (altos) y el *Parapholi-Frankenietum pulverulentae* (bajos)
- k. Clima: Seco Subhúmedo

#### II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a. Material de partida: Depósitos aluviales
- b. Drenaje: Clase 1. Escasamente drenado

- c. Condiciones de humedad del suelo: Seco hasta 30 cm, algo húmedo en 30-40 cm, húmedo de 40-90 cm y mayor de 90 cm muy húmedo
- d. Profundidad de la capa freática (en metros): 0,9
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Clase 0, no existen
- f. Evidencia de erosión: No se observa
- g. Presencia de sales o álcalis: Clase III. Suelos fuertemente afectados
- h. Influencia humana: No se observa.

### III. BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

### IV. DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

A <sub>11</sub> <sup>z</sup>	0-10 cm	Gris amarillento claro (2,5 Y 6/2) en seco y pardo grisáceo (2,5 Y 5/2) en seco; franco-arcillo-limoso; estructura granular media a gruesa, fuerte; ligeramente plástico y adhesivo en mojado, friable a firme en húmedo y duro a muy duro cuando seco; poros frecuentes, finos y muy finos; fuertemente calcáreo; frecuentes raíces muy finas de hierbas; no se observa actividad biológica; restos de caracoles; límite irregular y neto.
A <sub>12</sub> <sup>gz</sup>	10-30 cm	Marrón oscuro (10 YR 3/3) y amarillo pálido (5 Y 7/3) en seco, en húmedo la matriz pasa a pardo grisáceo (2,5 Y 5/2) en húmedo; arcillo-limoso; estructura de prismática a blocosa angular, muy gruesa ( 10 cm); firme en húmedo y extremadamente duro en seco; poros finos y muy finos; calcáreo; pocas raíces finas y muy finas; no se aprecia actividad biológica; límite ondulado y neto.

...//...

ACgz	30-40 cm	Pardo (10 YR 5/3) y gris olivo (5 Y 5/2) en húmedo y en seco gris olivo (5 Y 6/2); arcillo-limoso; estructura prismática gruesa; plástico y adhesivo en mojado y firme en húmedo; frecuentes poros finos y muy finos; calcáreo; presencia de caracoles pequeños; límite neto y plano. Presenta frecuentes manchas blancas pequeñas y caras de deslizamientos.
C <sub>1</sub> gz	40-65 cm	Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) con vetas pardo grisáceas (2,5 Y 5/2); arcillo-limoso; estructura prismática muy gruesa
C <sub>2</sub> gz	65-90 cm	Matriz con un 60 % de color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4), un 30 % de pardo amarillento (10 YR 5/6) y un 10 % de gris (5 Y 6/1) en húmedo, en seco la matriz cambia a pardo pálido (10 YR 6/3); arcilloso; sin estructura (masivo); muy plástico y muy adhesivo en húmedo; calcáreo; pocas raíces y muy finas; con vetas blancas.
C <sub>3</sub> gz	90-125 cm	Mezcla de pardo amarillento (10 YR 5/8) y pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3), con vetas de gris (5 Y 6/1) en húmedo; pasando la matriz a pardo pálido (10 YR 6/3) y pardo amarillento (10 YR 5/8) en seco; arcilloso; sin estructura (masiva); plástico y adhesivo en húmedo; calcáreo; sin raíces; con nódulos negruzcos.
C <sub>4</sub> gz	125- + cm	Matriz pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; arcilloso; plástico y adhesivo; calcáreo; sin raíces.

PERFIL Nº T-4

Profundidad (cm)	pH	%				Cationes adsorbidos (meq/100 g) 1:2				
		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.I.C.
0-10	7,2	16,21	0,20	0,05	0,16	15,8	3,3	7,1	26,2	
10-30	7,0	18,79	0,08	0,05	0,12	12,6	2,7	6,7	22,0	
30-40	7,1	15,17	0,05	0,05	0,12	17,2	2,5	4,8	24,5	
40-65	7,1	21,21	0,06	0,04	0,12	31,6	2,5	12,7	46,8	
65-90	7,3	21,90	0,04	0,04	0,11	14,0	2,3	9,6	25,9	
90-125	7,3	21,38	0,05	0,05	0,11	13,7	2,2	14,1	30,1	
125- +	7,3	18,97	0,05	0,04	0,11	13,3	2,1	20,8	36,2	

PERFIL Nº T-4

Profundidad (cm)	C.E.	Cationes solubles (meq/100 g) 1:2					Aniones solubles (meq/100 g) 1:2				
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	cationes	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	aniones
0-10	19,8	4,96	7,60	0,70	31,40	44,66	41,60	3,98	0,30	0,04	45,92
10-30	25,7	11,66	8,54	0,76	42,62	63,58	53,40	12,58	0,10	0,02	66,10
30-40	22,9	11,20	7,44	0,70	39,98	59,32	44,40	13,70	0,08	0,02	58,20
40-65	24,8	13,56	9,04	0,60	44,34	67,52	46,80	15,58	0,08	0,04	62,50
65-90	29,2	6,16	9,84	0,56	61,30	77,86	66,00	7,90	0,08	0,02	74,00
90-125	31,5	6,20	11,14	0,66	64,48	82,48	72,40	7,34	0,10	0,02	79,86
125- +	32,4	6,20	11,04	0,66	65,54	83,44	74,20	8,10	0,10	0,02	82,42

## PERFIL N° T-4

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación
	Arena	Limo	Arcilla	
0-10	-	-	-	-
10-30	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-
40-65	-	-	-	-
65-90	-	-	-	-
90-125	-	-	-	-
125- +	-	-	-	-

Profundidad (cm)	% b.s.s.		
	Humedad	C. campo	P. marchitez
0-10	5,40	-	-
10-30	8,06	-	-
30-40	10,08	-	-
40-65	11,20	-	-
65-90	9,20	-	-
90-125	11,20	-	-
125- +	11,16	-	-



Foto 6. Paisaje vernal, Pasil.

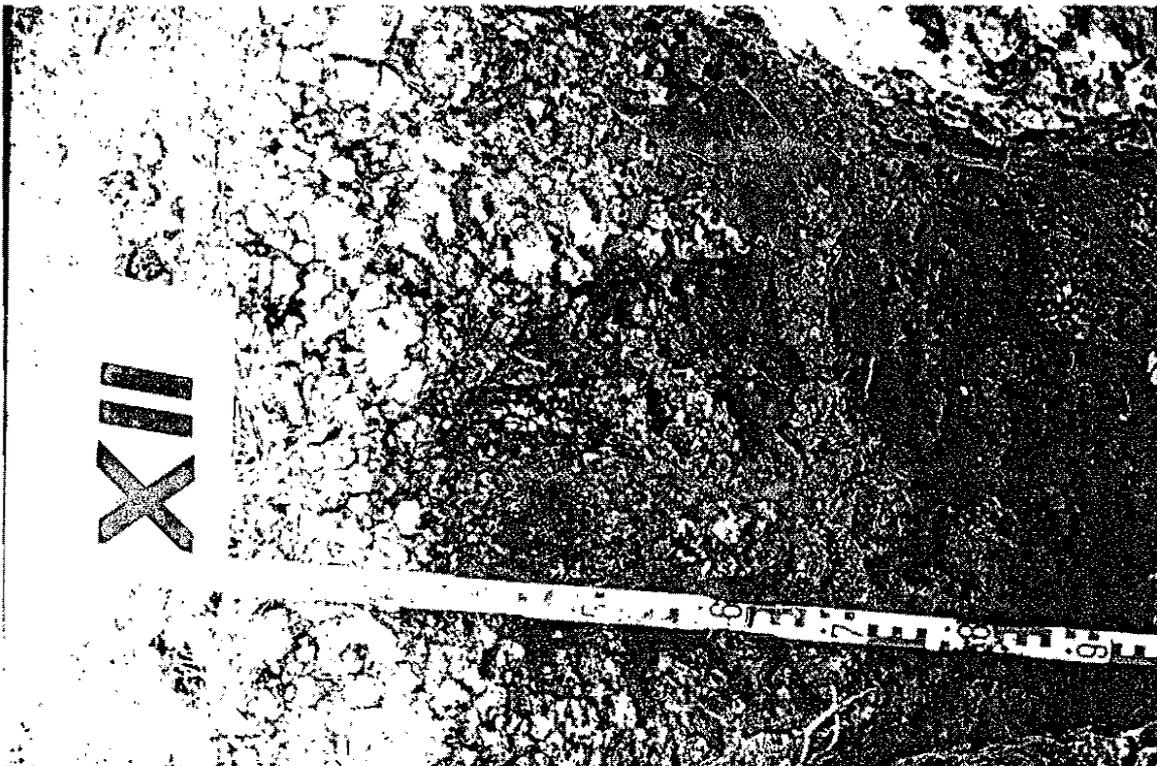


Foto 4. Perfil T-2. "Pasil".

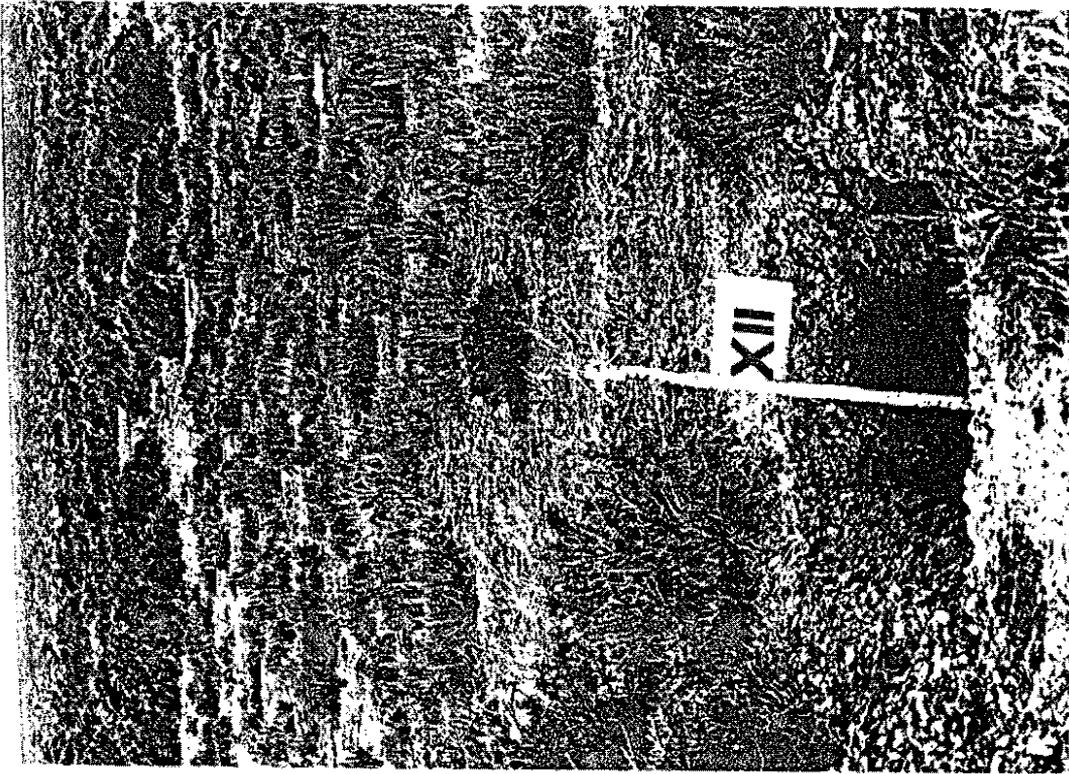


Foto 5. Paisaje estival, Pasil.

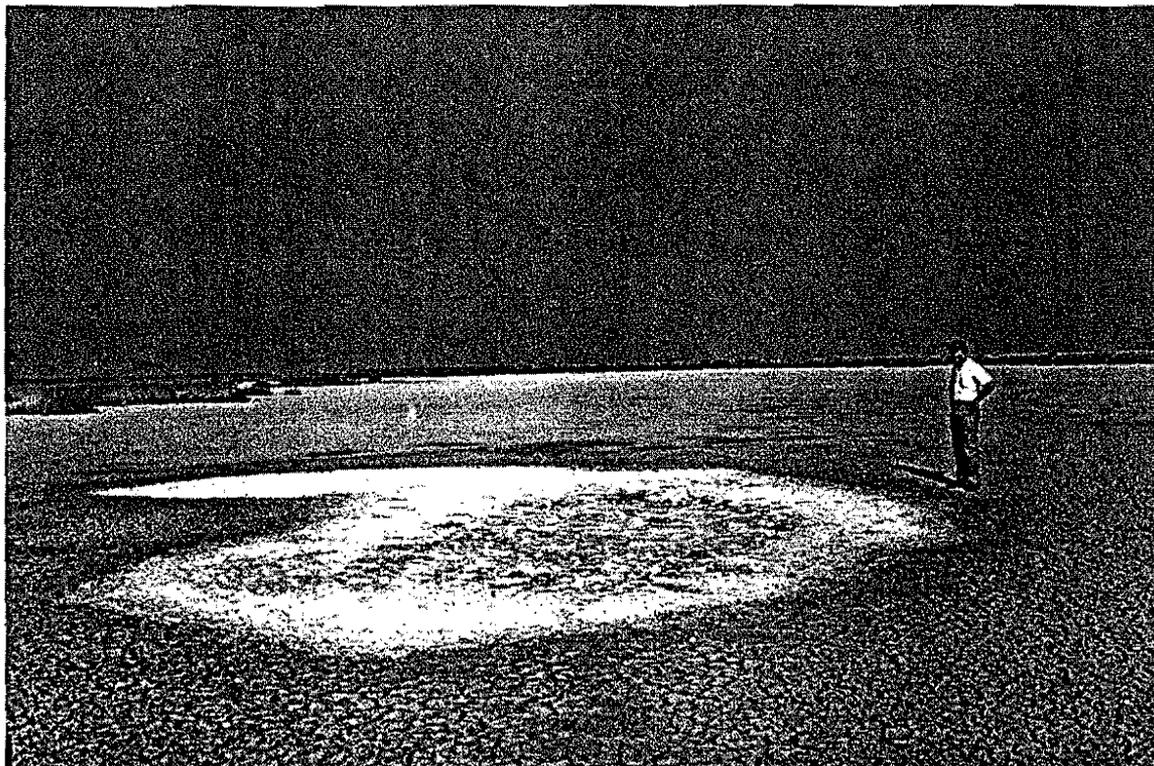


Foto 18. Eflorescencias salinas

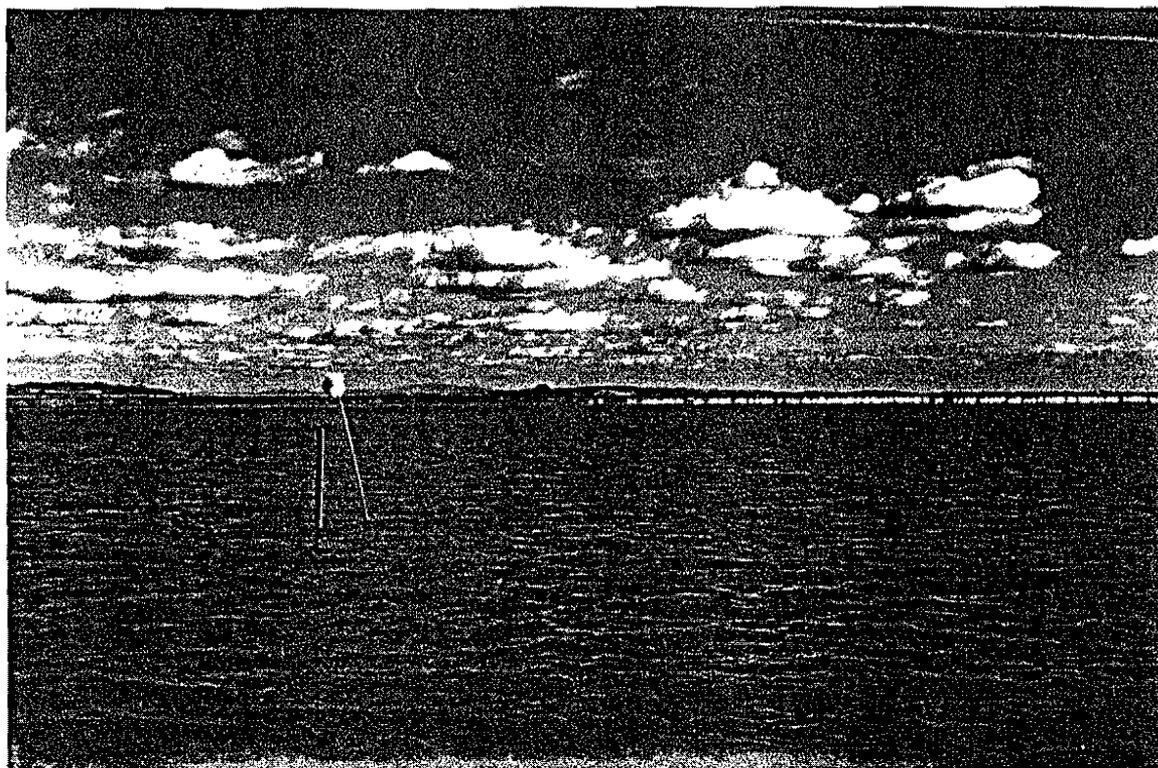


Foto 19. Aspecto invernal, "Lucio"

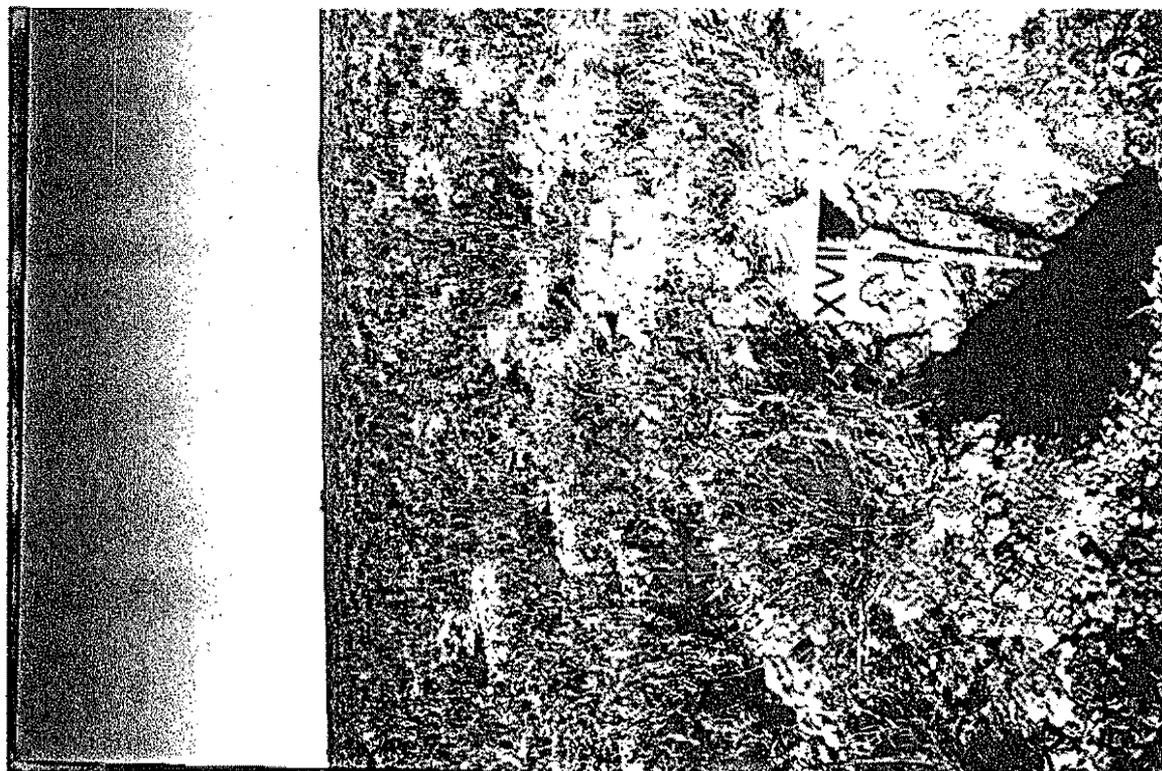


Foto 8. Paisaje estival, "Quebrada Alta"

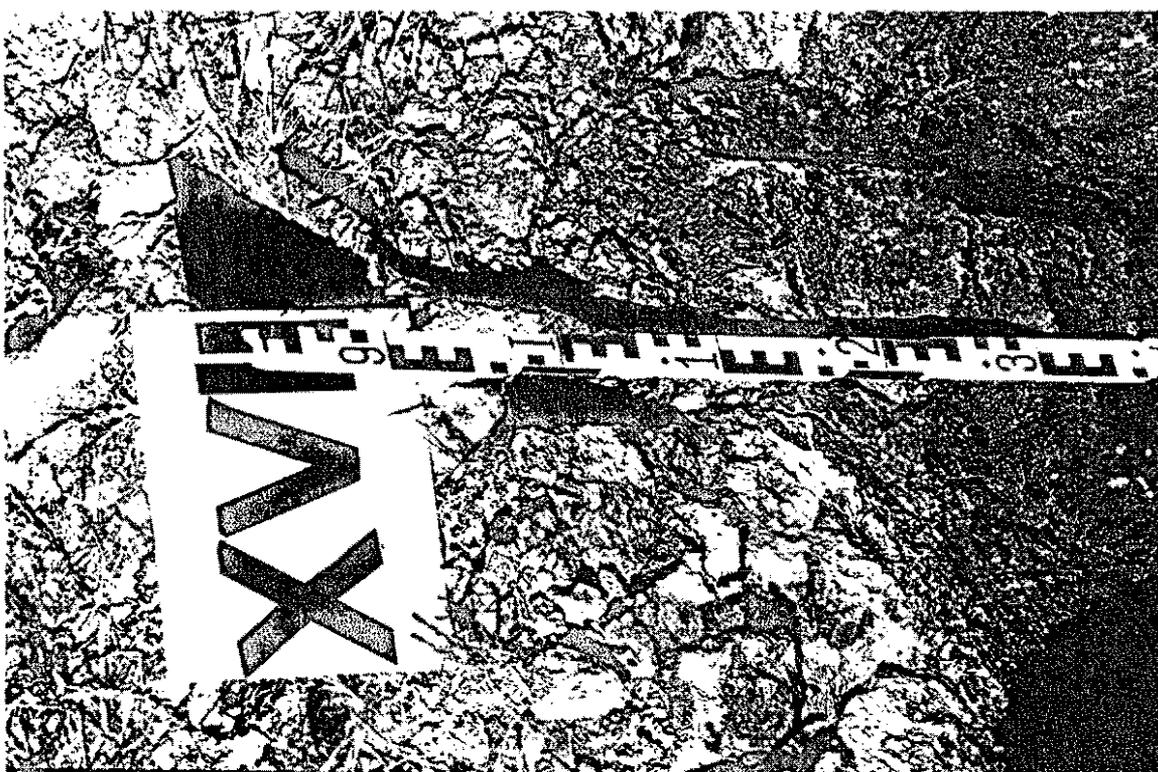


Foto 7. Perfil T-4, "Quebrada Alta"



Foto 9. Paisaje vernal, "Q. Alta"

#### X.4 PERFIL DE VETA

##### I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA

- a. Número del perfil: T-5
- b. Nombre del suelo: Serie Banco ("Veta")
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: Aquic Xerochrepts, en fase salino-alcalina; Orthic Solonchack, en fase alcalina
- d. Fecha de la observación: 16/IX/85
- e. Autores de la descripción: L. Ventura y A. Viñas
- f. Ubicación: Al Este y cerca del Lucio de Vetas Altas; Coordenada U.T.M.: 740.35- 4095.97
- g. Altitud (en metros): 1,6
- h. Forma del terreno:
  - i. Posición fisiográfica del sitio: Resto de terraza fluvial
  - ii. Forma del terreno circundante: Casi plano con descenso gradual en la periferia de la veta (2 %)
  - iii. Microtopografía: Regular
- i. Pendiente donde el perfil está situado: De 0.1 a 2.0 %
- j. Vegetación: Dominio del Cistancho-Suaedetum verae, con elementos del Inulo-Arthrocnemetum glauci y Sarcocornia perennis subsp. alpini. En el partizal domina el Hainardio cylindricae-Lophlochoetum hispidae subasociación.
- k. Clima: Seco Subhúmedo

##### II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a. Material de partida: Depósitos aluviales
- b. Drenaje: Clase III. Moderadamente bien drenado

- c. Condiciones de humedad del suelo: Seco de 0-15 cm, algo húmedo de 15-30 cm, húmedo de 30-160 cm y mojado por debajo
- d. Profundidad de la capa freática (en metros): 1,90
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:  
Clase 0, no existe
- f. Evidencia de erosión: Laminar en la contraveta, estando descubierta de vegetación
- g. Presencia de sales o alcalis: Clase III. Suelos fuertemente afectados
- h. Influencia humana: No se observa.

### III. BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

### IV. DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

A <sub>11</sub> z	0-15 cm	Gris parduzco claro (10 YR 6/2) en seco y pardo (10 YR 5/3) en húmedo; arcillo-limoso; estructura en bloques angulares, media a gruesa y fuerte; ligeramente plástico y adherente en mojado, friable en húmedo y duro cuando seco; abundantes poros muy finos; calcáreo; raíces frecuentes y muy finas; restos de caracoles; límite gradual y ondulado.
A <sub>12</sub> z	15-30 cm	Pardo (10 YR 5/3) en húmedo y gris parduzco claro (10 YR 6/2) en seco; arcillo-limoso; estructura en bloques medios y gruesos, fuerte a muy fuerte; ligeramente plástico y adherente en mojado, friable a firme en húmedo y duro cuando seco; calcáreo; raíces abundantes y muy finas; frecuentes vetas blancas de carbonatos y/o yeso; límite neto y plano.
Btz	30-70 cm	Pardo (10 YR 5/3) en húmedo y gris parduzco claro (10 YR 6/2) en seco, vetas blancas; arcilloso; estructura en bloques subangulares medios a gruesos en grado moderado; plástico; adherente y firme; muy calcáreo; frecuentes raíces finas y escasas medianas; límite gradual.

C <sub>1</sub> gz	70-110 cm	Pardo oscuro (10YR 4/4) y gris parduzco claro (10 YR 6/2) en húmedo y gris claro (10YR 7/2) en seco; arcilloso; sin estructura (masivo); muy plástico, muy adherente y muy firme; calcáreo; sin raíces; límite gradual.
C <sub>2</sub> gz	110-160 cm	Matriz gris claro (2,5 Y 6/0) con manchas pardo rojizas (7,5YR 5/4) en húmedo, posee además manchas grises grandes; frecuentes nódulos negros, pequeños y algo duros; arcilloso; sin estructura (masivo); muy plástico, muy adherente y muy firme; calcáreo; sin raíces; cambio gradual.
C <sub>3</sub> gz	160- + cm	Matriz gris olivo oscuro (5YR 6/2) con manchas pardo rojizas (7,5YR 5/4), por debajo de 200 cm hay manchas marrón (pardo) amarillento (10YR 5/8) en húmedo; arcilloso; sin estructura (masivo); muy plástico, muy adherente y muy firme; calcáreo; sin raíces.

#### V. INTERPRETACION DE LA DESCRIPCION

Presenta agrietamiento en la superficie e influencia antropozógena muy marcada. Las grietas tienen un grosor de 0,5 a 1,0 cm. En la parte superior es muy mullido y fácilmente penetrable por los instrumentos de labor.

PERFIL N° T-5

Profundidad (cm)	pH	%				Cationes adsorbidos (meq/100 g) 1:2				
		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>++</sup>	C.I.C.
0-15	8,3	17,07	0,12	0,05	0,09	18,5		1,9	3,1	23,5
15-30	8,3	16,21	0,07	0,05	0,11	14,6		2,4	7,9	24,9
30-70	8,3	13,97	0,07	0,05	0,10	13,1		2,1	5,3	20,5
70-110	8,3	21,03	0,04	0,04	0,12	14,0		2,6	12,9	29,5
110-160	8,1	22,24	0,05	0,03	0,11	12,5		2,3	18,5	33,3
160-240	6,8	22,41	0,06	0,04	0,11	9,6		2,1	4,7	16,4

PERFIL N° T-5

Profundidad (cm)	C.E.	Cationes solubles (meq/100 g) 1:2					Aniones solubles (meq/100 g) 1:2				
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	cationes	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	aniones
0-15	5,2	1,46	1,74	0,24	5,48	8,92	6,72	1,22	0,56	0,02	8,52
15-30	8,7	0,90	2,14	0,30	13,32	16,66	14,60	1,68	0,36	0,02	16,66
30-70	13,1	1,26	2,50	0,36	23,24	27,36	23,12	3,32	0,24	0,02	26,70
70-110	20,2	2,56	4,60	0,50	34,90	42,56	39,70	4,48	0,00	0,00	44,18
110-160	29,8	4,30	8,30	0,50	57,06	70,16	63,80	6,56	0,14	0,00	70,50
160-240	26,7	3,76	6,50	0,80	53,88	64,94	63,20	6,56	0,14	0,00	69,90



Foto 9. Paisaje vernal, "Q. Alta"



Foto 15. Aspecto vernal, "Quebrada Baja"

## PERFIL N° T-6

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación
	Arena	Limo	Arcilla	
0-15	0,70	36,16	63,14	Arcilloso muy fino
15-35	1,40	52,96	45,64	Arcillo-limoso
35-90	0,40	48,96	50,64	Arcillo-limoso
90-160	0,80	53,56	45,64	Arcillo-limoso
160-205	0,45	61,41	38,14	Franco-arcillo-limoso
205- +	6,05	50,81	43,14	Arcillo-limoso

Profundidad (cm)	% b.s.s.		
	Humedad	C. campo	P. marchitez
0-15	7,25	-	-
15-35	6,28	-	-
35-90	9,15	-	-
90-160	7,44	-	-
160-205	14,17	-	-
205- +	13,42	-	-

PERFIL N° T-6

Profundidad (cm)	C.E.	Cationes solubles (meq/100 g) 1:2					Aniones solubles (meq/100 g) 1:2				
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	cationes	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	aniones
0-15	16,8	4,86	7,14	0,66	29,60	42,26	34,10	6,16	0,32	0,00	40,58
15-35	15,6	6,46	1,24	0,48	26,42	34,60	26,30	13,42	0,10	0,00	39,82
35-90	25,0	8,26	9,64	0,56	46,46	64,92	54,20	12,06	0,08	0,00	66,34
90-160	40,7	10,86	17,54	1,00	94,08	123,48	110,80	12,06	0,10	0,04	123,00
160-205	38,4	11,70	15,10	1,50	82,18	110,48	99,20	12,58	0,20	0,00	111,98
205- +	35,8	9,06	14,24	1,56	82,18	107,04	93,80	11,56	0,20	0,00	105,56

PERFIL N° T-6

Profundidad (cm)	pH	%				Cationes adsorbidos (meq/100 g) 1:2				
		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.I.C.
0-15	6,9	20,17	0,16	0,04	0,16	13,7	3,3	8,4	25,4	
15-35	6,9	21,55	0,10	0,04	0,12	32,3	2,8	7,6	42,7	
35-90	6,8	21,38	0,03	0,04	0,11	25,3	2,2	9,1	36,5	
90-160	6,7	19,57	0,04	0,04	0,12	11,4	2,3	10,7	24,4	
160-205	7,0	21,72	0,05	0,04	0,16	22,7	2,7	10,3	35,6	
205- +	6,9	22,41	0,05	0,04	0,16	8,2	2,4	2,6	13,2	

C <sub>1</sub> gz	90-160 cm	Matriz pardo oscuro (10 YR 4/3) con vetas gris amarillento claro (2,5 Y 6/2), frecuentes motas medianas marrón (pardo) amarillento (10 YR 5/8) en húmedo y matriz pardo pálido (10 YR 6/3) en seco; arcilloso; sin estructura (masiva); muy plástico y muy adhesivo; pocos nódulos rojo-negruzcos; límite neto.
C <sub>2</sub> gz	160-205 cm	Pardo grisáceo oscuro (2,5 Y 4/2) en húmedo; arcilloso con vetas arcillo-arenosas; sin estructura (masivo); extremadamente plástico y extremadamente adhesivo; frecuentes nódulos grandes y duros de color marrón (pardo) amarillento (10 YR 5/8); límite neto.
C <sub>3</sub> gr	205- + cm	Gris (5 Y 5/1) a gris oscuro (5 Y 4/1) en húmedo; arcilloso con vetas arcillo-arenosas; sin estructura (masivo); extremadamente plástico y extremadamente adhesivo; numerosísimas conchas tipo cardium, pero más pequeñas.

#### V. INTERPRETACION DE LA DESCRIPCION

- d. Profundidad de la capa freática (en metros): 1,45
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:  
Clase 0, no existen
- f. Evidencia de erosión: No se observa
- g. Presencia de sales o álcalis: Clase 3. Suelos fuertemente afectados
- h. Influencia humana: No se observa.

### III. BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

### IV. DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

A <sub>11</sub>	0-15 cm	Gris claro (5 Y 7/1) en seco y gris olivo (5 Y 5/2) en húmedo; arcillo-limoso; estructura de bloques angulares gruesos y fuerte; plástico y adherente en mojado, friable en húmedo y muy duro en seco; con grietas; límite gradual y ondulado.
A <sub>12</sub>	15-35 cm	Pardo grisáceo (2,5 Y 5/2) en seco y pardo grisáceo oscuro (2,5 Y 4/2) en húmedo; vetas blancas de yeso y/o carbonatos y de color pardo rojizo (7,5 YR 5/4); arcillo-limoso; bloques angulares, extremadamente gruesos y fuertes; plástico y adhesivo en mojado, friable a firme en húmedo y muy duro en seco; límite neto a plano.
ACgz	35-90 cm	Matriz pardo grisáceo (2,5 Y 5/2) con pardo rojizo (7,5YR 5/4) y pocas motas pequeñas destacadas marrón (pardo) amarillento en húmedo y pardo claro (7,5YR 6/4) más gris claro (5 Y 7/1) con algunas motas rojas (2,5YR 4/8) en seco; arcilloso; bloques angulares medios a pequeños con grado moderado; plástico, ligeramente adhesivo y firme; con algunas vetas de yeso y pocos nódulos rojo-negrucos; límite

## X.5 PERFIL DE QUEBRADA BAJA

### I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA

- a. Número del perfil: T-6
- b. Nombre del suelo: Serie Quebrada ("Q. baja")
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: (provisional)  
Typic Salorthids (USDA); Gleyic Solonchak en fase alcalina  
(FAO)
- d. Fecha de la observación: 16/IX/85
- e. Autores de la descripción: L. Ventura y A. Viñas
- f. Ubicación: Juncal al Este del lucio Vetas Altas, junto a cerca  
de la valla. Coordenadas U.T.M.: 740.12- 4096.03
- g. Altitud (en metros): 0,9
- h. Forma del terreno:
  - i. Posición fisiográfica del sitio: Depresión
  - ii. Forma del terreno circundante: Plano
  - iii. Microtopografía: Irregularidades por pisadas de animales
- i. Pendiente donde el perfil está situado: Llano ( 0,1 %)
- j. Vegetación: Asociación *Arthrocnemo glauci* - *Juncetum subulati* sub  
asoc. *Arthrocnemetosum glauci*
- k. Clima: Seco Subhúmedo.

### II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a. Material de partida: Depósitos aluviales
- b. Drenaje: Clase 1. Escasamente drenado
- c. Condiciones de humedad del suelo: Seco de 0-15 cm, algo húmedo de  
15-30 cm, muy húmedo a mojado de 90-160 cm y debajo mojado



Foto 12. Paisaje vernal, "Veta"

## PERFIL N° T-5

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación
	Arena	Limo	Arcilla	
0-15	1,05	53,31	45,64	Arcillo-limoso
15-30	0,55	46,31	53,14	Arcillo-limoso
30-70	0,55	36,31	63,14	Arcilloso muy fino
70-110	0,30	29,06	70,64	Arcilloso muy fino
110-160	0,40	36,46	63,14	Arcilloso muy fino
160-240	0,05	44,31	55,64	Arcillo-limoso

Profundidad (cm)	% b.s.s.		
	Humedad	C. campo	P. marchitez
0-15	4,59	37,37	11,68
15-30	5,46	35,75	19,46
30-70	6,58	41,05	25,26
70-110	9,23	46,41	27,88
110-160	9,29	41,77	25,65
160-240	9,78	39,23	22,73

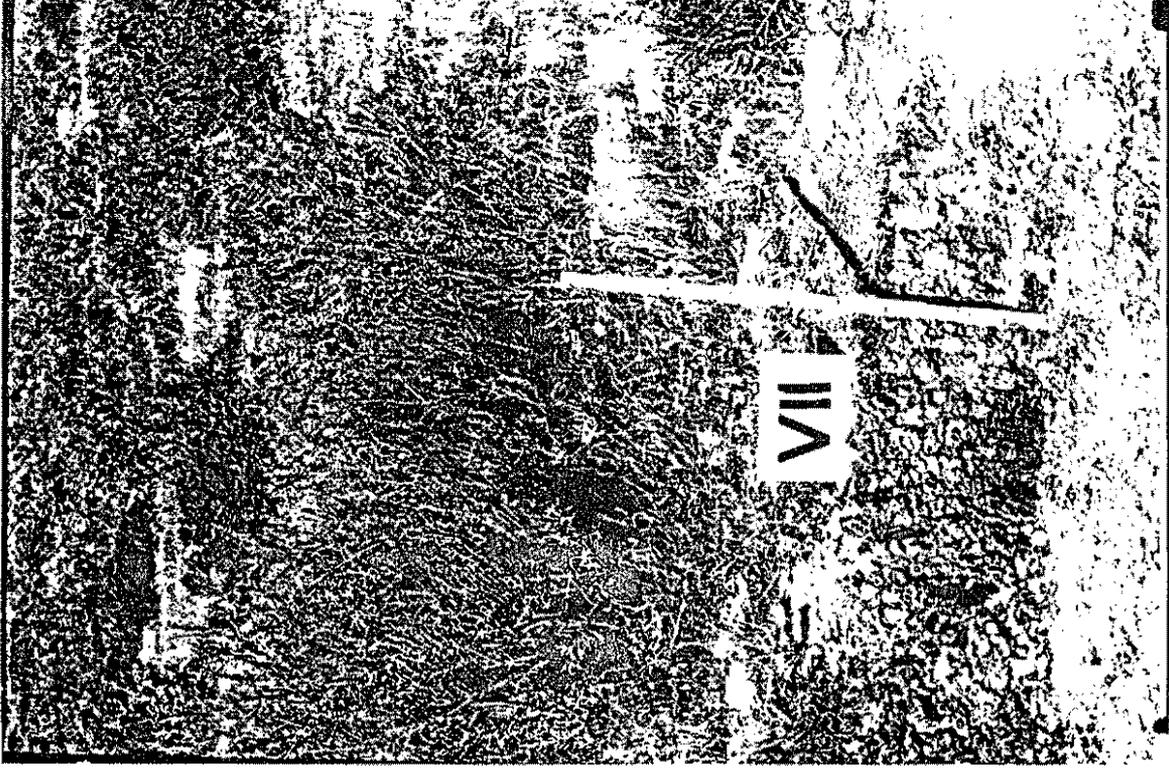


Foto 11. Paisaje estival, "Veta"

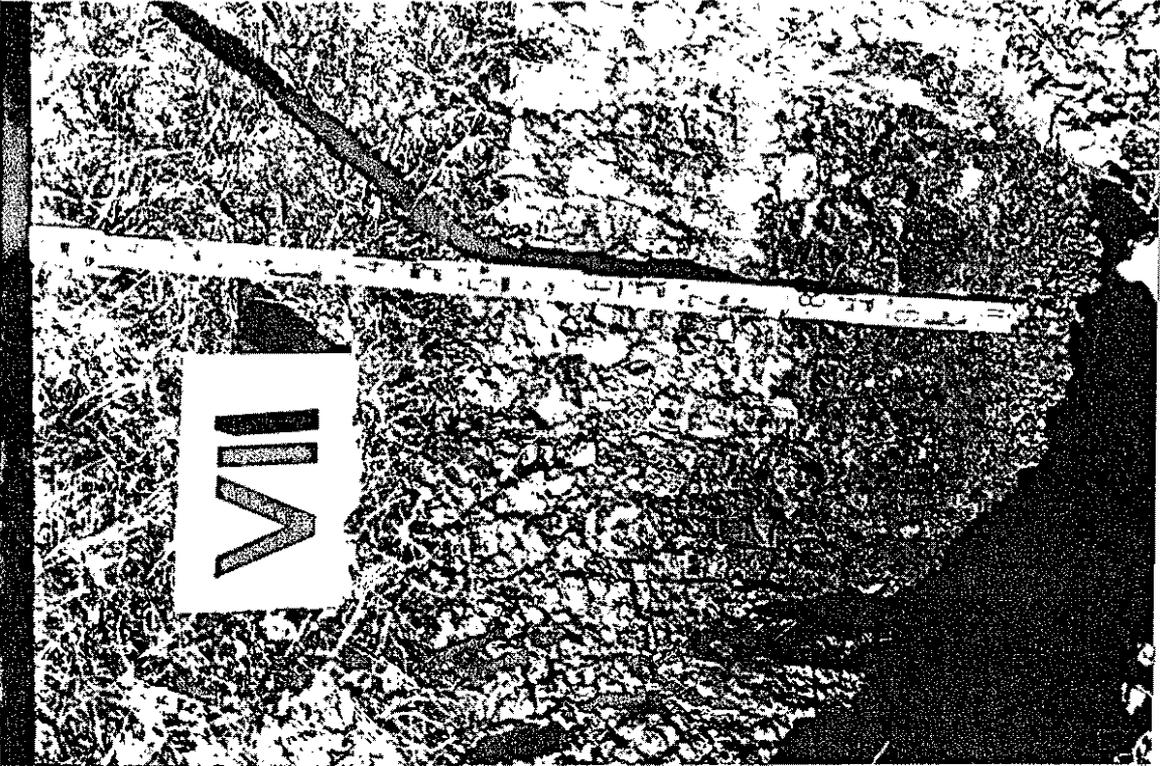


Foto 10. Perfil T-5, "Veta"

## X.6 PERFIL DE LUCIO

### I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA

- a. Número del perfil: T-7
- b. Nombre del suelo: Serie Fondo de Lucio
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: Typic Fluvaquents en fase salino-alkalina ("Salorthidic Fluvaquents") (USDA), Gleyc Solonchak en fase alcalina (FAO)
- d. Fecha de la observación: 26/IX/85
- e. Autores de la descripción: L. Ventura y A. Viñas
- f. Ubicación: Lucio Vetas Altas; Coordenadas U.T.M.: 739.78-4096.02
- g. Altitud (en metros): 0,5
- h. Forma del terreno:
  - i. Posición fisiográfica del sitio: Fondo de Lucio
  - ii. Forma del terreno circundante: Plano
  - iii. Microtopografía: Regular
- i. Pendiente donde el perfil está situada: Llano ( 0,1 %)
- j. Vegetación: En el momento de la toma del perfil ninguna. En la época de encharcamiento Ruppium drepanensis
- k. Clima: Seco Subhúmedo

### II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a. Material de partida: Depósitos aluviales
- b. Drenaje: Clase 0. Muy escasamente drenado
- c. Condiciones de humedad del suelo: Seco de 0-5 cm, algo húmedo de 5-20, húmedo de 20-45, húmedo a mojado de 45-150 cm y debajo mojado

- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:  
Clase 0, no existen
- f. Evidencia de erosión: No existe, puede más bien considerarse como una zona de deposición de aguas tranquilas
- g. Presencia de sales o álcalis: Clase 3. Suelos fuertemente afectados
- h. Influencia humana: No se observa.

### III. BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

### IV. DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

A <sub>11</sub> gz	0-5 cm	Gris (5 Y 6/1) en seco y gris olivo (5 Y 5/2) en húmedo; franco-arcillo-limoso; estructura en bloques angulares gruesos e irregulares; ligeramente plástico en mojado, firme en húmedo y extremadamente duro en seco; poros frecuentes muy finos expéd e imped; calcáreo; raíces frecuentes muy finas; actividad biológica nula; límite abrupto y ondulado.
A <sub>12</sub> gz	5-20 cm	Pardo grisáceo oscuro (2,5 Y 4/2) en húmedo y gris amarillento claro (2,5 Y 6/2) en seco; arcillo-limoso; estructura granular media a gruesa; firme en húmedo, muchos poros finos expéd e imped; calcáreo; pocas raíces y muy finas; límite neto y ondulado.
ACgz	20-45 cm	Matriz gris olivo (5 Y 5/2) con frecuentes manchas (abigarrado) pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en húmedo y cambia la matriz a pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco; arcilloso; estructura prismática media; ligeramente plástica y adhesiva en mojado y firme en seco; poros frecuentes y muy finos; calcáreo; sin raíces; límite gradual.

C <sub>1</sub> gz	45-150 cm	Matriz gris olivo (5 Y 5/2) con pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) y marrón (pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo, cambiando la matriz en seco a pardo pálido (10 YR 6/3) en seco; arcilloso; sin estructura (masiva).
C <sub>2</sub> gz	150-220 cm	Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) con marrón (pardo) amarillento (10 YR 5/8); arcilloso; sin estructura (masiva).
C <sub>3</sub> rz	220-+ cm	Gris oscuro (5 Y 4/1) en húmedo; sin estructura (masiva).

#### V. INTERPRETACION DE LA DESCRIPCION

PERFIL N° T-7

Profundidad (cm)	pH	%				Cationes adsorbidos (meq/100 g) 1:2				
		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.I.C.
0-5	7,5	20,86	0,14	0,04	0,20	11,2	3,8	16,3	31,3	
5-20	7,5	22,24	0,05	0,05	0,14	10,8	3,0	7,4	21,2	
20-45	7,3	25,17	0,05	0,05	0,11	19,6	2,2	30,0	51,7	
45-150	7,3	23,62	0,07	0,04	0,11	12,9	2,3	19,4	34,6	
150-220	7,3	25,34	0,07	0,04	0,11	11,6	2,2	12,8	26,5	
220- +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PERFIL N° T-7

Profundidad (cm)	C.E.	Cationes solubles (meq/100 g) 1:2					Aniones solubles (meq/100 g) 1:2				
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	cationes	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	aniones
0-5	40,2	7,60	16,14	1,46	83,88	109,08	101,40	5,28	0,02	0,46	107,16
5-20	23,4	3,00	8,34	0,50	41,96	53,80	51,20	6,16	0,04	0,12	57,52
20-45	17,0	2,66	4,14	0,48	31,72	39,00	35,90	5,42	0,04	0,20	41,56
45-150	30,7	4,20	11,60	0,56	59,18	75,54	69,60	6,48	0,06	0,12	76,26
150-220	29,9	4,80	9,90	0,60	58,12	73,42	69,20	6,32	0,04	0,10	75,66
220- +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## PERFIL N° T-7

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación
	Arena	Limo	Arcilla	
0-5	-	-	-	-
5-20	-	-	-	-
20-45	-	-	-	-
45-150	-	-	-	-
150-220	-	-	-	-
220- +	-	-	-	-

Profundidad (cm)	% b.s.s.		
	Humedad	C. campo	P. marchitez
0- 5	6,36	-	-
5-20	7,72	-	-
20-45	10,94	-	-
45-150	11,10	-	-
150-220	12,34	-	-
220- +	-	-	-

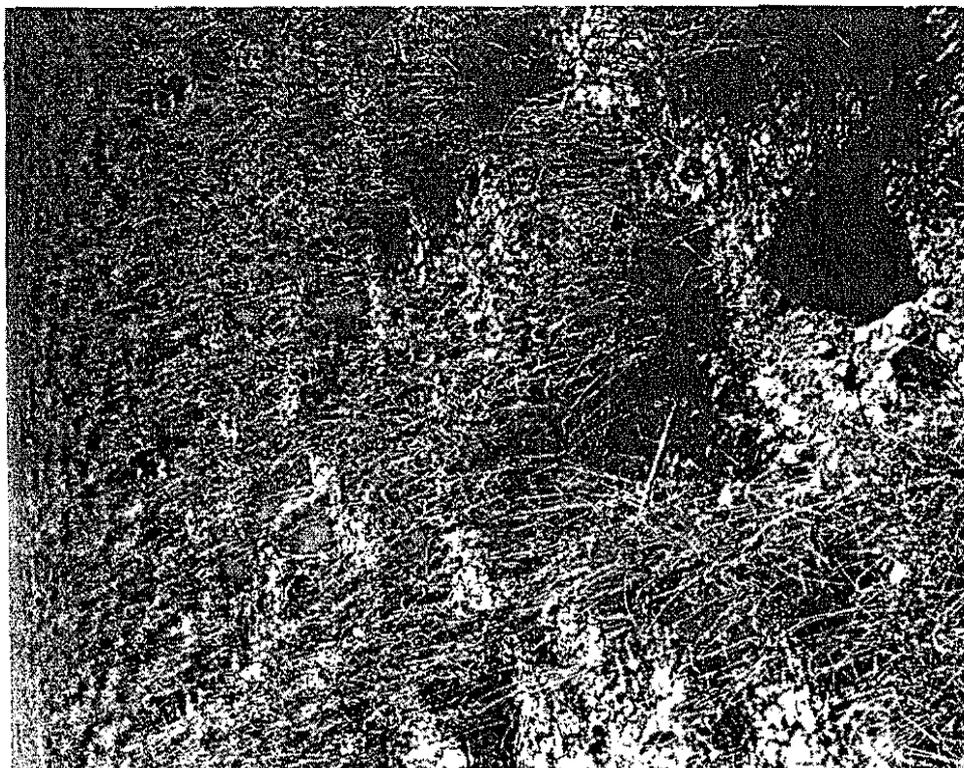


Foto 14. Aspecto estival, "Quebrada Baja"



Foto 13. Perfil T-6; "Quebrada Baja"



Foto 17. Aspecto estival, "Lucio"

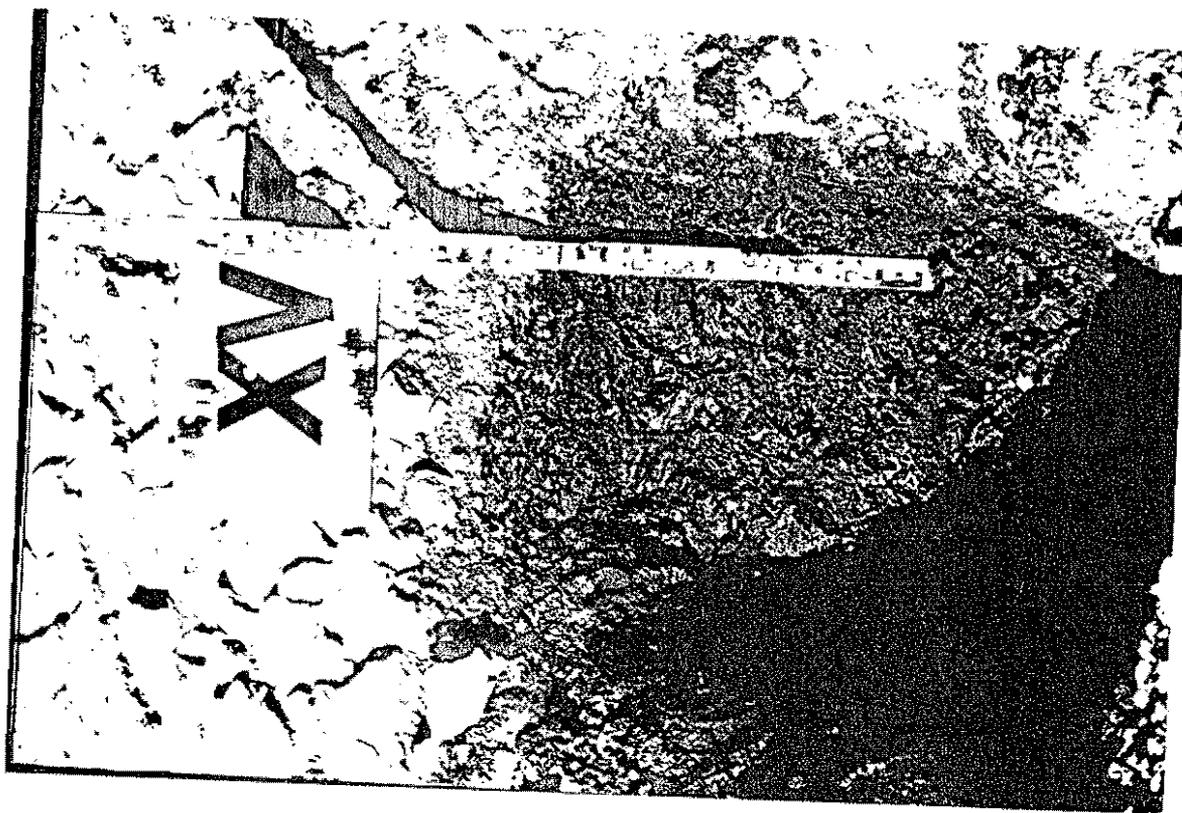


Foto 16. Perfil T-7, "Lucio"

## X.7 PERFIL DE CAÑO

### I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA

- a. Número del perfil: T-11
- b. Nombre del suelo: Serie Caño
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: (provisional) Typic Salorthids (USDA), Gleyic Solonchak en fase alcalina (FAO)
- d. Fecha de la observación: 20/IX/85
- e. Autores de la descripción: L. Ventura y A. Viñas
- f. Ubicación: A unos 100 m detrás de Leo Biaggi; Coordenadas U.T.M.:  
738,40 - 4095,98
- g. Altitud (en metros): 0,5
- h. Forma del terreno:
  - i. Posición fisiográfica del sitio: Depresión de caño
  - ii. Forma del terreno circundante: Plano
  - iii. Microtopografía: Regular
- i. Pendiente donde el perfil está situado: Llano ( 0,1 %)
- j. Vegetación: Asociación Scirpetum compacto-littoralis subasoc. Scirpetosum littoralis conviviendo con el Ruppium drepanensis en la época de encharcamiento
- k. Clima: Seco Subhúmedo

### II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a. Material de partida: Depósitos aluviales
- b. Drenaje: Clase 0. Muy escasamente drenado
- c. Condiciones de humedad del suelo: Seco de 0-8 cm, húmedo de 8-60 cm, muy húmedo de 60-170 cm y mojado por debajo de 170 cm

- d. Profundidad de la capa freática (en metros): 1,95
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Clase 0, no existen
- f. Evidencia de erosión: No se observa, puede considerarse como zona de deposición de materiales finos
- g. Presencia de sales o álcalis: Clase 3. Suelos fuertemente afectados
- h. Influencia humana: No se observa.

### III. BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

### IV. DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

A <sub>11</sub> <sup>gz</sup>	0-8 cm	Pardo grisáceo (2,5 Y 5/2) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (2,5 Y 3/2) en húmedo; limoso; estructura laminar, gruesa y fuerte de 0-3 cm y granular fina de 3-8 cm; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en húmedo, en seco la capa 0-3 cm es más firme que la 3-8 cm; calcáreo; numerosas raíces muy finas, finas y medias; límite neto y plano.
A <sub>12</sub> <sup>gz</sup>	8-20 cm	Pardo (10YR 5/3) con pocas motas pardo grisáceo (2,5 Y 5/2) en húmedo y gris parduzco claro (10 YR 6/2) con pocas motas difusas amarillo parduzco (10 YR 6/6) en seco; arcillo-limoso; bloques angulares, medios y grado moderada; plástico y ligeramente adherente en muy húmedo y firme en húmedo; abundantes poros finos; numerosas raíces finas y muy finas, frecuentes las medias; límite neto y plano.
ACgz	20-60 cm	Pardo (10YR 5/3) con un 25 % de gris olivo (5 Y 5/2) y pocas manchas pequeñas y destacadas marrón (pardo) amarillento (10YR 5/8) que aumentan con la profundi-

dad, todo en húmedo y en seco la matriz pasa a gris claro (10YR 7/2); arcilloso; bloques angulares medios a gruesos; plástico y adhesivo; algunos poros muy finos; sin raíces; límite neto y plano.

C <sub>1</sub> gz	60-120 cm	Pardo oscuro (10YR 4/3) con grandes manchas marrón (pardo) amarillento (10 YR 5/8) en húmedo; arcilloso; sin estructura (masiva); plástico y adherente; sin raíces; límite gradual.
C <sub>2</sub> rz	170- + cm	Matriz gris (5 Y 5/1) con algo de pardo oscuro (10 YR 4/3) y motas marrón (pardo) amarillento (10 YR 5/8) que desaparecen en profundidad, en húmedo; arcilloso; sin estructura (masiva), extremadamente plástico y extremadamente adhesivo; sin raíces.

#### V. INTERPRETACION DE LA DESCRIPCION

La capa 0-3 cm es más dura y agrietada y por debajo con una estructura granular a migajosa fina. A partir de los 20 cm aparecen frecuentes motas negruzcas. Todo el perfil es calcáreo.

PERFIL N° T-11

Profundidad (cm)	pH	%				Cationes adsorbidos (meq/100 g) 1:2				
		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.I.C.
0-8	6,6	7,34	0,40	0,04	0,20	12,0	3,9	9,0	24,9	
8-20	7,4	8,21	0,07	0,04	0,12	15,6	2,9	5,3	23,8	
20-60	7,3	7,00	0,03	0,04	0,10	16,0	2,2	7,9	26,1	
60-110	7,3	7,00	0,03	0,03	0,09	13,4	2,2	2,5	18,1	
110-170	7,3	6,72	0,01	0,04	0,09	12,7	2,1	10,3	25,1	
170-220	7,3	6,56	0,05	0,04	0,11	11,1	2,4	9,5	23,0	

PERFIL N° T-11

Profundidad (cm)	C.E.	Cationes solubles (meq/100 g) 1:2					Aniones solubles (meq/100 g) 1:2				
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	cationes	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	aniones
0-8	43,4	13,10	30,40	1,40	95,78	140,72	125,00	14,00	0,56	0,04	139,60
8-20	9,4	1,50	2,10	0,32	17,12	21,04	16,72	3,76	0,34	0,04	20,86
20-60	13,7	2,40	3,70	0,30	26,08	32,48	27,56	4,72	0,18	0,02	32,48
60-110	18,6	3,46	5,04	0,38	37,54	46,42	42,60	0,96	0,12	0,04	43,72
110-170	18,7	2,60	4,94	0,32	35,96	43,82	40,10	8,52	0,14	0,04	48,80
170-220	24,3	3,60	6,94	0,70	47,52	58,76	53,40	6,82	0,26	0,02	60,50

PERFIL N° T-11

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación
	Arena	Limo	Arcilla	
0-8	-	-	-	-
8-20	-	-	-	-
20-60	-	-	-	-
60-110	-	-	-	-
110-170	-	-	-	-
170-220	-	-	-	-

Profundidad (cm)	% b.s.s.		
	Humedad	C. campo	P. marchitez
0-8	7,34	-	-
8-20	8,21	-	-
20-60	7,00	-	-
60-110	7,00	-	-
110-170	6,72	-	-
170-220	6,56	-	-

fase, como obligaría el sistema de clasificación. Así, pues, la denominación provisional sería Typic Fluvaquents en fase salino-alcalina con propuesta de la nueva denominación Salorthidic-Fluvaquents, que creemos expresa bien el intergrado hacia los Aridisoles, manifiesto en estos pedones.

En lo que respecta a los suelos de "Veta" y "Pasil", es posible distinguir un horizonte cámbico entre 30 y 70 cm aproximadamente. La ausencia de horizonte sálico y las características de hidromorfía, nos sitúan en el orden Inceptisols. Dentro de éste, al no ser la hidromorfía lo suficientemente marcada como para que se cumplan los requerimientos de bajo "chroma" que exige el orden Aquepts, nos vemos obligados a encuadrarlos en el orden Ochrepts, gran grupo Xerochrepts. Proponemos, en definitiva, la denominación de Aquic-Xerochrepts para estos suelos, en los que habría que resaltar el carácter salino y alcalino (C.E. es 4 mmhos/cm y P.S.I. 15 %), a nivel de fase. Es probable que las diferencias en textura, salinidad, etc. que determinan las diferencias de elevación de las distintas vetas y pasiles, permita diferenciar familias y series dentro del sub-grupo indicado.

En el caso de los suelos de playa (T-1), la presencia de restos vegetales, en parte turberizados (Sáez, 1986), a menos de un metro de profundidad, el régimen ácuico marcado y el carácter incipiente del suelo, permiten ubicarlos en el orden Entisols, suborden Aquepts, gran grupo Fluvaquents. A falta de los porcentajes concretos de m.o. del horizonte orgánico enterrado y de una evaluación exacta de la oscilación térmica a 50 cm de profundidad, creemos adecuado incluir estos suelos en el sub-grupo Thapto-Histic-Tropic-Fluvaquent en fase salino-alcalina.

## X.8 CLASIFICACION DE LOS SUELOS (Soil Taxonomy, 1975)

De forma provisional, encuadramos la mayor parte de los suelos de las zonas bajas (caños no funcionales, fondos de lucios, bordes de lucios y quebradas bajas y medias) en el orden Oridisols, suborden Orthids, gran grupo Salorthids (USDA, 1975). En él se incluyen suelos altamente salinos con nivel freático superficial.

No obstante, es necesario tener datos fiables sobre la evolución de la m.o. en el perfil y sobre la profundidad máxima que alcanzan las grietas para descartar la adscripción al Gran Grupo Camborthids. Más concretamente, con los datos que hoy disponemos podemos encuadrar la mayor parte de los pedones de las zonas bajas en el Subgrupo Típico del Gran Grupo Salorthids (Typic Salorthids). Una clasificación más detallada requeriría completar la granulometría de todos los perfiles ya que, a falta de estos datos no podemos diferenciar Familias, la homogeneidad mineralógica del área, al parecer ilítica (Moreno y col., 1981) y la uniformidad en el régimen de temperatura ("Thermic") hace imposible diferenciar familias en base a estos caracteres. En base a las diferencias apreciables fuera de la sección de control del suelo, creemos será posible diferenciar suelos de distintas sub-unidades morfológicas a nivel de serie o, en su defecto, de fase.

En el caso del perfil T-7 (fondo de Lucio), la presencia de un horizonte superficial de acumulación de sales es evidente, sin embargo éste no llega a cumplir los requerimientos de horizonte sálico. Por ello, a causa de la rigidez del sistema de clasificación, nos vemos obligados a excluirlo del orden Aridisol, a pesar de hallarse en íntima relación con los que antes hemos denominado Salorthidis. El manifiesto régimen ácuico de este suelo, nos lleva al Suborden Aquents del orden Entisol y, dentro de áquel, al gran grupo Fluvaquents. Aunque la denominación estricta sería Typic Fluvaquents (USDA, 1975). Consideramos procedente adoptar el criterio de Mudarra (1986), que sugiere recoger a nivel de



Foto 22. Aspecto invernal, "Caño"



Foto 20. Perfil T-11. "Caño"



Foto 21. Aspecto estival, "Caño"

XI. COMENTARIOS SOBRE LOS  
ANALISIS DE LABORATORIO

## XI.1 INTRODUCCION

En este tema relacionaremos los resultados con las características morfológicas de los suelos, observados en las descripciones de los perfiles, así como las diferenciaciones entre unidades. Antes de comenzar cada comentario individual por perfil, situaremos aquellos resultados que consideramos deban verificarse con repetición del análisis en el laboratorio. No se excluye en casos aislados la representatividad de la muestra analizada.

Importante en la evaluación de los resultados es la fecha de toma de las muestras, pues los valores de las sales solubles, al menos en los primeros centímetros, tienen una amplia oscilación. Todo el muestreo se realizó en la época en que la marisma estaba seca y cuando el contenido de sales era mayor en los primeros centímetros.

El ascenso de las sales hacia la superficie comienza con el desecamiento, donde la capilaridad debe ser mayor, progresivamente comienza el agrietamiento con una ruptura de la marisma y por último un desbalance en el que la desecación no es compensada por aguas freáticas y la

acumulación de sales se detiene en las capas que han perdido su humedad. El movimiento de sales debe continuar en las capas subsiguientes a las ya desecadas, aunque a un nivel más bajo.

## XI.2 PERFIL T-1

En este perfil, que representa la zona más próxima al Brazo de la Torre y donde hay una influencia de las mareas vivas (Foto N° ) es donde se reportan los menores valores de sales en el subsuelo (14,6 mmhos/cm a 25°C en la capa de 65 a más cm), siendo en este perfil donde las aguas freáticas tienen un menor contenido de sales, el cual oscila entre 32,16 y 35,37 mmhos/cm para las 6 determinaciones realizadas en el período Septiembre del 85 y Marzo del 86.

En los resultados del laboratorio, expuestos a continuación de la descripción del perfil, muestra variaciones bruscas del descenso del sodio en la capa 45-65 cm y descensos en el % de humedad en los dos últimos horizontes, que no pueden justificarse con otros resultados, que guardan corrrelación. En estas muestras es necesario una repetición de los análisis.

Los valores de sales son relativamente constantes en el período de estudio (oct/85-mayo/86), pues el perfil se mantiene saturado de agua y no hay un ascenso capilar y desecamiento significativo. Esta humedad es debida a la influencia de las mareas vivas y la proximidad al caño (menos de 100 m), que mantiene agua todo el año.

Al igual que en todos los resultados de sales en la solución del suelo, el anión predominante es el cloro y el sodio como catión. En el complejo adsorbente es superior el valor de Ca+Mg al Na, no pudiéndose conocer el calcio con relación al Mg+Na por no tenerse individualmente y tener esta área relativamente bajos valores de sodio. Es interesante hacer determinaciones individualizadas de estos cationes divalente para los

Aún cuando los valores de nitrógeno son mayores en el último horizonte, no queda claramente definida la capa de restos vegetales observada en el subsuelo. Se requeriría una determinación adicional de m.o. y de ser posible carbono.

La textura es más gruesa en la capa superficial y en horizontes inferiores tiende a ser estable, aunque es de destacar que organolépticamente parecen más arcillosos los horizontes inferiores.

### XI.3 PERFIL T-2

Este perfil es representativo de los suelos que ocupan el Pasil del Brazo la Torre, donde el contenido de sales solubles es mucho menor en los primeros centímetros y al profundizar aumenta rápidamente, para ser prácticamente constante por debajo de los 65 centímetros.

Los contenidos de carbonatos, con un mínimo en la superficie de 18,62 % y un máximo de 25,69 % por debajo de los 215 cm, son característicos de la zona estudiada. No se define el que exista una capa de acumulación de los mismos, motivado probablemente por la homogeneidad de los materiales que forman el suelo y el pobre a nulo movimiento en el perfil.

Se consideran valores anormales el descenso del Na adsorbido en la capa 65-105 cm y el aumento de este mismo catión en 105-150 cm. Es necesario una repetición de los análisis del laboratorio.

El pH de 7,8 en la capa superior y su descenso en la profundidad con varios valores de 7,1 no tienen por el momento una conclusión, es necesario su verificación con los muestreos periódicos que se tienen. En los extractos 1:5 oscila entre 7,7 y 8,1, siendo mayores en capas superiores.

El contenido de nitrógeno disminuye con la profundidad, provocado por el descenso de la materia orgánica y que es más marcado en el primer horizonte. El valor de 0,13 % en la capa 105-150 no tiene una justificación lógica con la descripción del perfil y debe ser reanalizado.

En los datos que se poseen de humedad, al igual que en la mayoría de los perfiles es muy heterogéneo, considerándose que no es un índice con determinación fiable por heterogeneidad en el secado y procesamiento de las mismas.

El dato de humedad es una determinación sencilla y que guarda una alta correlación con otras, cuando se hace homogéneamente. Es necesario se unifique una técnica que garantice uniformidad en la muestra y humedad del medio donde se busca el equilibrio suelo-aire, para el índice de terminado.

#### XI.4 PERFIL T-4

Es representativo de la quebrada alta. Se consideran como resultados dudosos el Ca+Mg adsorbido en la capa 40-65 cm y el valor de Na en la de 65-90 cm, influyendo, al igual que en otros perfiles en lo que por definición se considera C.I.C. (capacidad de intercambio catiónico) y que en estos casos es la suma de los cationes adsorbidos.

A medida que se profundiza en el perfil, hay un incremento en el Na adsorbido, trayendo una disminución en la relación cationes divalentes/cationes monovalente, en este caso desde menor de 2 hasta próximo a 0,5. En los cationes solubles aunque también existe igual tendencia es menos marcada.

Este suelo se diferencia del Pasil antes tratado, en que no presenta una marcada diferencia en el contenido de sales de los primeros ho

El pH sigue siendo un índice difícil de evaluar pues hay cambios muy drásticos entre condiciones de suelos que se consideran similares. En las diferencias que se provocan por condiciones variables de su determinación puede estar en parte justificado este comportamiento. Es necesario asegurar condiciones uniformes para llegar a conclusiones válidas.

#### XI. PERFIL T-5

Este perfil al igual que los del Pasil, muestra como características diferenciales la disminución de sales en los primeros horizontes y que no llegan a superar los valores del subsuelo o al menos a aproximarse a ellos, como sucede en las quebradas, caños y lucios.

En la veta es donde hay una mayor profundidad con valores menores de sales, valores en el subsuelo muy uniformes para la marisma (C.E. 25 mmhos/cm) están por debajo de los 100 cm.

Como valores discordantes en los cationes adsorbidos están el Na de la capa 30-70 y el Ca+Mg y Na del último horizonte. En ambos casos influyen en la suma de las bases (valor de C.I.C.).

El pH, a excepción de la capa 160-240 cm, es superior a 8,0, valores que se pueden considerar como característicos de estos suelos. Hasta tanto no se verifiquen los valores inferiores a 7,5 y aún más en los inferiores a 7,0, deben tomarse los mismos con reservas.

En los carbonatos, se observa una disminución en los primeros tres horizontes (de 17,07 % a 13,97 %) para luego mantenerse casi constantes. El valor de 13,97 puede ser producto de un error analítico en un sentido, pues no se considera como muy probable el que sea la vegetación con sus extracciones del subsuelo y reincorporación en la superficie la causante de este empobrecimiento en la capa 30-70. De mantenerse

El mayor contenido de cationes divalente, y probablemente calcio, en el complejo adsorbente, unido a la vegetación, hace que este suelo tenga una mejor estructura en los primeros 30 cm. El agrietamiento también es menor.

#### XI.6 PERFIL T-6

Este perfil muestra un incremento de las sales, expresado por la C.E. hasta los 160 cm, para luego mantenerse constante. El horizonte de acumulación, o mejor mayor contenido de sales está entre los 90-160 cm.

En los cationes adsorbidos hay anormalidades, de posible error analítico, en los valores de Ca+Mg, hacia valores muy altos en 15-35 y muy bajos en 90-160 y 205-+; esto influye notablemente en la C.I.C., definida como la suma de bases.

Los valores de pH consideramos deban ser mayores numéricamente, tanto por el contenido de sales como por la presencia de carbonatos en por cientos superiores o próximos a 20,0.

Las diferencias texturales no se corresponden ni con la C.I.C. ni con la humedad; elementos estos que generalmente tienen correlación.

#### XI.7 PERFIL T-7

Es representativo del área de Lucios y corresponde a la altitud más baja de los suelos estudiados (0,5 m - Plano fotogramétrico del Parque Nacional de Doñana. MOPU 1985). El fondo del Lucio es completamente plano, estando sólo con pendientes apreciables en los bordes; donde hay diferencias de alturas entre 0,2-0,4 m en 200-300 m, que dan pendientes de 0,1 a 0,2 %. Aún cuando estas pendientes son pequeñas, producen diferencias significativas en la altura y tiempo de duración de la lámi-

Lo más significativo de los análisis del perfil son los altos valores de sales en los primeros 10 cm y que son productos, fundamentalmente, de la evaporación de toda el agua de encharcamiento cargada de sales provenientes del manto por capilaridad y evaporación del agua en superficie. Cuando la altura de encharcamiento era mayor (38 cm el 15/III/86) la lectura de conductividad eléctrica era de 5,98 mmhos/cm y 45 días después, cuando disminuía por evaporación la lámina de agua, poseía una C.E. de 18,80 mmhos/cm en una profundidad de agua de 19,5 cm.

En estos lucios se pudo ver que la dinámica de las sales ocurría, fundamentalmente, en los primeros 30 cm. A modo de ejemplo, se dan a continuación las variaciones determinadas en dos épocas del año.

Profundidad (en cm)	C.E. (mmhos/cm) R:½	
	24/X/85 (seco)	15/III/86 (con lámina)
0-10	18,48	5,25
10-20	19,29	10,52
20-30	21,38	16,46
30-40	23,21	22,00
40-50	22,84	23,71

En aquellos lugares donde hay un mayor volumen de agua evaporada las sales en superficie son también mayores; son estas zonas las últimas en perder su lámina de agua. En un canal dentro del Parque, pudo verse claramente como en la parte más baja de la pendiente del mismo habían costras de sales y aún permanecía con agua, mientras que en las cotas superiores del mismo canal no estaban presentes.

Observando los datos del perfil se nota una diferencia muy marcada, en varias determinaciones, dentro de la profundidad de 20-45 cm. Es necesario verificar estos resultados antes de llegar a conclusiones

## XI.8 PERFIL T-11

Este perfil fue realizado en el Caño que está a unos 100 m del laboratorio Leo Biaggi.

El comportamiento de las sales es muy similar al del Lucio, aunque con valores de inferiores en la parte media y profunda del perfil, considerándose sea debido a la cantidad de sales del manto freático; pues la C.E. de sus aguas son mucho menores (véase Capítulo de Hidrología). Además, pudiera influir el escurrimiento superficial, con salida de las aguas, en períodos de alta pluviosidad.

Al igual que en los perfiles anteriores, hay resultados analíticos que deben ser verificados, siendo ej. de ello el Na de la profundidad 60-110 cm. El pH se considera anormal en todos los casos y fundamentalmente en 0-8 cm.

PARTE CUARTA

XII. VARIACIONES EN LOS  
RESULTADOS ANALITICOS  
CON DISTINTOS  
PROCEDIMIENTOS

## XII. INTRODUCCION

En varias determinaciones se hicieron observaciones aisladas para conocer la tendencia de los resultados cuando se introducían procedimientos diferentes. De esta forma se tienen datos de las variaciones en la C.E. y el pH en pasta y extracto 1/2 en un momento dado; variaciones de los resultados en extractos conservados en frío; texturas con y sin carbonatos; C.E. y pH en distintas relaciones de suelo/agua; variaciones de la C.E. en un perfil en el período estudiado; variaciones de la Da (densidad aparente) con la profundidad y humedad y determinación de la C.I.C. y su cálculo por la suma de base. Primeramente, trataremos de introducir aquellos resultados cuya variación son producto de la técnica empleada y posteriormente los que son producto de las variaciones del medio.

En un capítulo separado se profundizará en las relaciones entre determinaciones con un análisis matemático.

## XII.2 VARIACIONES EN LA C.E. Y PH EN PASTA Y EXTRACTO 1/2 EN UN MOMENTO DADO

En muestras con relación 1/2 se tomaron lecturas de la C.E. y del pH dentro de la pasta y posteriormente se hicieron en los extractos obtenidos por centrifugación. Para ejemplarizar estas variaciones se ofrece en la Tabla 12.1 los resultados obtenidos en muestreos de un mismo perfil en dos estaciones del año.

Se llegó a la conclusión que existen diferencias significativas en las lecturas de C.E. en extracto y pasta, siendo superior en la primera. Además, en un análisis estadístico realizado se obtuvo un valor  $r=0.9915$ , por lo que puede muy bien ser predecida una de ellas en función de la otra.

En el pH uno de los perfiles mostró una tendencia a ser menor en la pasta con diferencias muy bajas, entre los rangos de 0.05 y 0.11 unidades. Otro perfil dió resultados contrarios, o sea, un pH mayor en el extracto y con diferencias entre 0.07 y 0.15.

El comportamiento del pH, aunque inexplicablemente con tendencias contrarias en los dos muestreos, tienen diferencias relativamente despreciables y con un más menos de 0.15 unidades.

Otras conclusión práctica es que a medida que hay un mayor contenido de sales, las diferencias en la C.E. son cuantitativamente mayores y relativamente similares. Si se observan las muestras 0-10 cm y 110-130 cm en el muestreo realizado el 15/III/86 puede verse que en el par de valores más bajos (0-10 cm) hay una diferencia de 2.61, que representa el 33,2 % del valor mayor, mientras que en el segundo par de valores la diferencia es de 12.17 y representa el 30.2 %.

Aún cuando se requiere un mayor análisis de este comportamiento, preliminarmente puede concluirse que en estudios de la dinámica de las sales en muestreos sucesivos, pueden realizarse las lecturas prescindiendo del filtrado o centrifugación de la preparación y cuando esto se realice para la determinación de aniones y cationes en la solución del suelo puede predecirse todos los valores en extracto.

Tabla No. - 12.1 Variaciones en la C.F. y p.H. en peso - J

en un momento dado

T-7 (15/III/86)

T-7 (24/X/85)

fil.

	C.F.			p.H.			C.F.			p.H.		
	Extracto	Pasta	Dif.	Extracto	Pasta	Dif.	Extracto	Pasta	Dif.	Extracto	Pasta	Dif.
	25.79	18.48	7.31	8.22	8.27	-0.05	7.86	5.25	2.61	8.07	8.00	0.07
	27.22	19.29	7.93	8.34	8.43	-0.09	13.89	10.52	3.37	8.61	8.52	0.09
	30.28	21.38	8.90	8.37	8.45	-0.08	28.16	16.46	11.70	8.58	8.47	0.11
	32.45	23.21	9.24	8.34	8.38	-0.04	30.98	22.00	8.98	8.37	8.28	0.09
	32.29	22.84	9.45	8.27	8.37	-0.10	33.70	23.71	9.99	8.45	8.35	0.10
	31.12	22.17	8.95	8.30	8.39	-0.09	35.88	25.61	10.27	8.39	8.29	0.10
	32.46	22.86	9.60	8.20	8.28	-0.08	-	-	-	-	-	-
	32.40	22.96	9.44	8.24	8.29	-0.05	37.17	26.91	10.26	8.36	8.24	0.12
	31.21	22.13	9.08	8.18	8.27	-0.09	38.13	26.17	11.96	8.38	8.23	0.15
	31.49	22.95	8.53	8.15	8.26	-0.11	40.37	28.20	12.17	8.19	8.12	0.07
	32.80	23.26	9.54	8.11	8.21	-0.10						

### XII.3 VARIACIONES DEL pH Y C.E. EN EXTRACTOS 1/2 CONSERVADOS EN FRIO

Para evaluar estas variaciones se hicieron lecturas de pH y C.E. en 22 muestras de dos perfiles muestreados; las primeras (I) inmediatamente de sacado el extracto por centrifugación y las segundas (II) luego de haber mantenido las muestras a 5°C durante 15 días. Tabla 12.2.

En el perfil T-5 donde los pH inmediatamente de sacado el extracto variaban entre 8,11 y 8,85 tuvo diferencias en la segunda lectura entre 1,01 y 1,84 unidades de pH; en el perfil T-11 que en una primera lectura tenían valores entre 7,42 y 7,86 las diferencias fueron entre 0,03 y 0,66 unidades. Una primera conclusión es que las variaciones son mayores en aquellas muestras que tienen originalmente pH más elevados.

La tendencia a tener valores menores en la segunda conductividad eléctrica en muestras conservadas en frío también es manifiesta.

No ocurre una correlación entre las dos condiciones, como en el caso de la pasto y extracto antes citado y además no se conoce como puede ir variando con distintos tiempos. Es necesario para hacer cualquier comparación que se metodice rigurosamente este factor y muy en particular el caso del pH, que es la determinación más variable con las condiciones del medio. Otra variación importante del pH viene dada por la cantidad de muestra tomada en un frasco, dando diferencias de aproximadamente una unidad menor en los casos donde el frasco se ha dejado a la mitad durante un mismo lapso de tiempo.

Errores como los antes apuntados se han introducido en las primeras determinaciones realizadas en el trabajo y que han sido motivadas por problemas ajenos a nuestra voluntad, pero que nos han alertado para una sistematización en futuras determinaciones.

Tabla No 1218 Variaciones del pH y CE en extractos 1/2 conservados en frío.

			Perfil T-5			Perfil T-11			CE			Perfil T-5			Perfil T-11			
Prof (cm)			I	II	Dif I-II	I	II	Dif I-II		I	II	Dif I-II	I	II	Dif I-II	I	II	Dif I-II
0-10			8.25	6.7	1.55	7.42	6.8	0.62		1.43	1.4	0.03	34.20	28.8	5.40			
10-20			8.53	7.1	1.43	7.86	7.2	0.66		2.02	1.9	0.12	9.97	9.5	0.47			
20-30			8.85	7.1	1.75	7.68	7.3	0.38		3.83	3.6	0.23	12.53	11.3	1.23			
30-40			8.77	7.1	1.67	7.60	7.5	0.10		9.25	8.3	0.95	14.51	13.0	1.51			
40-50			8.64	6.8	1.84	7.56	7.4	0.16		13.36	12.0	1.36	15.65	13.7	1.95			
50-60			8.60	7.0	1.60	7.56	7.4	0.16		22.12	18.9	3.22	16.61	14.7	1.91			
60-70			8.49	6.9	1.59	7.63	7.6	0.03		28.85	23.9	4.95	17.60	15.4	2.20			
70-90			8.41	6.9	1.51	7.50	7.4	0.10		26.89	23.5	3.35	18.69	16.2	2.49			
90-110			8.39	7.0	1.39	7.53	7.3	0.23		28.45	24.7	3.75	19.73	16.8	2.93			
110-130			8.37	7.2	1.17	7.46	7.0	0.46		32.27	26.4	5.87	20.05	17.1	2.95			
130-150			8.23	7.2	1.01	-	-	-		31.73	26.5	5.23	-	-	-			
150-170			8.11	7.0	1.11	-	-	-		32.10	26.5	5.60	-	-	-			
			I.- Tomada la lectura inmediatamente de sacado el extracto															
			II.- Tomada la lectura 15 días después (conservadas en frío)															

#### XII.4 VARIACIONES DE LA TEXTURA CON Y ELIMINANDO CARBONATOS

En el trabajo se planteó la necesidad de realizar análisis texturales con la muestra tal y como viene del campo, eliminándole carbonatos y con destrucción de la materia orgánica.

A falta de la conclusión de todos los análisis nos referiremos a sólo 3 muestras donde se hizo la textura con y sin carbonatos.

En los tres casos, según muestra la Tabla 12.3 hubo una disminución porcentual de la fracción arcillosa y un aumento del limo en las muestras con eliminación de carbonatos. Es de suponer que los carbonatos presentes son de textura muy fina y al no ser eliminados aumentan significativamente la fracción arcillosa, siendo este fenómeno menos marcado en la muestra del perfil T-1.

Tabla No 12.3 Variaciones de la textura con y eliminando carbonatos

Muestra	% arena	% limo	% arcilla	Clasificación	Observaciones	% de carbonatos
1	1.25	50.61	48.14	arcilla limoso	Con carbonatos	29.31
	0.40	58.96	40.64	arcilla limoso	Eliminando carbonatos	
2	2.05	59.81	38.14	franco arcilla limoso	Con carbonatos	18.62
	1.90	79.96	18.14	franco limoso	Eliminando carbonatos	
6	1.40	52.96	45.64	arcilla limoso	Con carbonatos	21.55
	0.70	78.66	20.64	franco limoso	Eliminando carbonatos	

XII.5 VARIACIONES DE LA C.E. Y EL pH EN DISTINTAS RELACIONES DE SUELO/AGUA

Para ejemplarizar las variaciones de la C.E. y el pH en distintas relaciones suelo/agua, se ofrece en la Tabla 12.4 los resultados de dos perfiles estudiados en el transecto.

La C.E. muestra un decrecimiento de sus valores a medida que disminuye la relación suelo/agua, o sea que es inversamente proporcional al contenido de agua. Las mayores diferencias están entre los extractos de saturación y la relación 1/2.

Si tomamos como 100 el valor obtenido en el extracto el comportamiento en el perfil T-5 es el siguiente:

Prof. (cm)	Solución			
	ES	1/2	1/5	1/10
0-15	100,0	29,9	11,5	6,3
15-30	100,0	30,7	12,7	6,7
30-70	100,0	33,0	13,9	7,6
70-110	100,0	49,0	23,1	11,9
110-160	100,0	51,8	19,0	10,8
160-240	100,0	41,5	18,9	10,1

En el caso de los valores mayores hay una tendencia a tener diferencias relativas menores en los cambios de extractos de saturación (ES) a relación 1/2.

Tomando el contenido de agua en el extracto como 100 y haciendo relación con el inverso de los extractos nos daría:

Tabla No. 12.4 Variaciones de la C.E. y el pH en distintas relaciones de suelo/agua.

		C.E.				pH				$\text{CO}_3^{=}$	P.S.	Hum. al aire
Prof (cm)		E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	en %	en %	en % b.s.s.
Perfil T-5												
0-15		17.4	5.2	2.0	1.1	8.1	8.3	8.2	7.9	17.07	60.1	4.59
5-30		28.3	8.7	3.6	1.9	7.7	8.3	8.3	8.0	16.21	63.0	5.46
0-70		39.7	13.1	5.5	3.0	7.5	8.3	8.4	7.9	13.97	65.5	6.58
0-110		41.2	20.2	9.5	4.9	7.4	8.3	8.0	7.9	21.03	113.4	9.23
10-160		57.5	29.8	10.9	6.2	7.5	8.1	8.0	7.8	22.24	94.9	9.29
0-240		64.4	26.7	12.2	6.5	7.0	6.8	8.0	7.8	22.41	77.5	9.78
Perfil T-11												
0-8		99.7	43.4	23.0	14.0	7.7	6.4	7.5	7.3	7.34	75.0	7.34
8-20		22.9	9.4	4.2	2.4	6.3	7.4	8.0	7.9	8.21	90.5	8.21
20-60		31.6	13.7	6.0	3.6	6.3	7.3	7.9	7.7	7.00	93.9	7.00
60-110		40.9	18.6	8.2	4.7	6.2	7.3	7.8	7.7	7.00	94.4	7.00
110-170		44.5	18.7	8.3	4.9	6.3	7.3	7.8	7.7	6.72	84.5	6.72
170-220		54.6	24.3	11.0	6.2	6.2	7.3	7.8	7.6	6.56	87.5	6.56

Prof. (cm)	Solución			
	ES	1/2	1/5	1/10
0-15	100	30,1	12,0	6,0
15-30	100	31,5	12,6	6,3
30-70	100	32,8	13,1	6,6
70-110	100	56,7	22,3	11,3
110-160	100	47,5	19,0	9,5
160-240	100	38,8	15,5	7,8

Estos % con similitud casi lineal con los resultados de la C.E. nos dan la relación que existe entre la concentración de las sales y su conductividad, pudiéndose, conociendo los valores de las otras, en casos como estos donde hay una distribución constante de las sales.

Si se observan las Tablas 12.5 y 12.6, donde se expresan los aniones y cationes respectivamente en una unidad comparable (me/100 g) puede verse la similitud en los resultados. Estos valores fueron calculados a partir de los m.e. por litro de los extractos con distintas concentraciones.

En un primer análisis de estos resultados se nota cierta tendencia a disminuir los  $\text{SO}_4^{=}$  y  $\text{CO}_3\text{H}^-$  en los extractos menos diluidos y los  $\text{Cl}^-$  a aumentar ligeramente en un caso y mantenerse en el otro perfil. Un análisis matemático es necesario para verificar esta observación preliminar. También debe tenerse en cuenta valores que a simple vista son errores, o mejor equivocaciones en su determinación, siendo ejemplo relevante el 0,96 de  $\text{SO}_4^{=}$  en la muestra 60-110 cm del perfil T-11.

En el caso de los cationes hay tendencia a disminuir el Ca con la dilución y/o mantenerse. En el Mg disminuye la cantidad con la dilución. El K es menor en los extractos más concentrados. El Na se comporta indistintamente.

Debido a los errores y/o valores anormales en las determinaciones y el poco número de muestras hace que se llegue a conclusiones inadecuadas. Una repetición de estas muestras en los análisis del laboratorio, así como un procedimiento matemático serían en última instancia lo que nos

llevaría a conclusiones, además sería necesario tener en cuenta el comportamiento de cada anión o catión con los cambios en las concentraciones, así como los errores en sus determinaciones.

Tabla No 12.5 Aniones en la solución del suelo

unidad = me/100g

	Cl <sup>-</sup>				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				Suma de aniones				
	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	
T-5																					
5	8.53	6.72	7.35	7.50	0.68	1.22	1.15	2.10	0.42	0.56	0.80	1.50	0.10	0.02	0.04	0.10	9.73	8.52	9.34	11.20	
0	16.44	14.60	14.45	14.70	1.33	1.68	1.70	2.30	0.11	0.36	0.75	1.60	0.00	0.02	0.02	0.00	17.88	16.66	16.92	18.60	
0	24.89	23.12	24.10	23.40	2.84	3.32	2.85	4.00	0.07	0.24	0.60	1.40	0.00	0.02	0.00	0.00	27.80	26.70	27.55	28.80	
10	46.78	39.70	44.10	41.40	7.20	4.48	4.25	6.60	0.01	0.00	0.45	1.00	0.10	0.00	0.02	0.10	54.09	44.18	48.82	49.10	
60	62.40	63.80	52.50	54.30	6.62	6.56	4.60	6.30	0.02	0.14	0.40	1.00	0.10	0.00	0.00	0.00	69.14	70.50	57.50	61.60	
140	63.16	63.20	58.50	56.80	6.41	6.56	5.60	7.00	0.06	0.14	0.35	0.80	0.10	0.00	0.00	0.00	69.73	69.90	64.45	64.60	
T-11																					
8	117.75	125.00	117.50	130.00	11.84	14.00	17.90	17.90	0.00	0.56	2.35	4.30	0.60	0.04	0.02	0.00	130.19	139.60	137.78	152.2	
20	18.19	16.72	16.10	16.80	2.93	3.76	4.25	4.30	0.16	0.34	1.20	1.70	0.10	0.04	0.04	0.00	21.38	20.80	21.59	22.8	
60	27.20	27.56	25.10	26.60	5.39	4.72	5.15	6.40	0.01	0.18	0.55	1.10	0.00	0.02	0.02	0.10	33.10	32.48	30.82	34.2	
110	39.18	42.60	37.65	37.50	5.42	0.96	5.90	6.10	0.01	0.12	0.45	1.00	0.50	0.04	0.02	0.00	45.11	43.72	44.02	44.6	
170	39.50	40.10	38.50	39.50	3.66	8.52	4.85	5.20	0.02	0.14	0.55	1.10	0.40	0.04	0.00	0.10	43.58	48.80	43.90	45.9	
220	52.50	53.40	52.65	49.50	6.55	6.82	11.20	7.90	0.09	0.26	0.66	1.30	0.00	0.02	0.00	0.00	59.34	60.50	62.85	58.1	

Tabla No 12.6 Cationes en la solución del suelo

unidad = me/100g

n)	Ca <sup>++</sup>				Mg <sup>++</sup>				K <sup>+</sup>				Na <sup>+</sup>				Suma de cationes				
	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	E	1/2	1/5	1/10	
T-5																					
	1.53	1.46	1.40	1.80	2.24	1.74	1.40	1.50	0.81	0.24	0.35	0.50	5.12	5.48	6.05	6.40	9.10	8.92	9.20	10.20	
	1.17	0.90	0.90	1.10	2.44	2.14	1.20	1.10	0.35	0.30	0.40	0.50	13.43	13.32	14.95	15.30	17.39	16.66	17.45	18.00	
	1.64	1.26	1.30	1.20	4.57	2.50	1.90	1.40	0.41	0.36	0.55	0.70	21.93	23.24	23.75	23.70	28.55	27.36	27.50	27.00	
	3.12	2.56	3.40	2.40	7.35	4.60	5.00	3.40	0.78	0.50	0.75	0.90	40.77	34.90	42.80	38.00	52.02	42.56	51.95	44.70	
	4.27	4.30	3.25	2.90	9.47	8.30	6.10	5.30	0.66	0.50	0.70	0.90	51.34	57.06	48.75	49.20	65.74	70.16	58.80	58.30	
	10.85	3.76	3.65	3.10	15.68	6.50	7.50	6.20	0.68	0.80	0.75	0.80	50.14	53.88	54.70	50.80	77.35	64.94	66.60	60.90	
T-11																					
	7.88	13.10	13.65	14.00	33.17	30.44	31.00	31.20	0.85	1.40	1.25	1.90	91.38	95.78	85.10	103.30	123.28	140.72	131.00	150.40	
	1.72	1.50	1.40	1.40	2.64	2.10	1.85	1.50	0.34	0.32	0.35	0.60	16.60	17.12	15.70	19.80	21.30	21.04	19.30	23.30	
	2.58	2.40	2.05	2.30	6.09	3.70	2.95	3.40	0.29	0.30	0.35	0.60	25.35	26.08	22.15	26.80	34.31	32.48	27.50	33.10	
	3.54	3.46	2.90	2.70	8.01	5.04	4.60	4.20	0.24	0.38	0.40	0.60	34.72	37.54	32.35	36.00	46.51	46.42	40.25	43.50	
	2.54	2.60	2.15	2.30	8.22	4.94	4.25	3.80	0.26	0.32	0.40	0.60	34.56	35.96	34.35	39.30	45.58	43.82	41.15	46.00	
	4.59	3.60	7.40	3.30	8.95	6.94	11.85	6.70	0.66	0.70	0.80	1.10	45.89	47.52	45.60	47.50	60.09	58.76	65.65	58.60	

## XII.6 VARIACIONES DE LA C.E. EN UN PERFIL CON EXTRACTO 1/2

El perfil T-5, que es representativo de una veta, se expone como ejemplo de las variaciones que cabe esperarse en la C.E. eléctrica y que a la vez no es más que la dinámica vertical de las sales. En la Tabla 12.7 se expresan los resultados.

Como conclusiones preliminares se considera que las variaciones ocurren en los primeros 50 cm de la profundidad del suelo. Aunque en los primeros 10 cm las variaciones no son muy marcadas, en los próximos sí son de consideración, como se muestra seguidamente:

Prof. (cm)	Período seco (Máximo)	Período húmedo (Mínimo)
0-10	1,87	1,43
10-20	9,52	2,02
20-30	14,23	3,83
30-40	16,71	9,25
40-50	17,75	13,36

Este caso sólo es característico de la zona de vetas, pues en los lucios hay diferencias marcadas en los primeros 10 cm. Además, las variaciones son en menor profundidad, a unos 20-30 cm, según muestra la Tabla 12.8

En el pH también hay variaciones aproximadamente con esas mismas profundidades. Los menores valores en todo el Perfil T-11 de fecha 27/X/68 se deben a influencia de una muestras donde el volumen del extracto fue pequeño y en el bote se mantuvo un tiempo con aire.

Al igual que en los casos anteriores, hay determinaciones que deben ser verificadas.

Tabla No 127 Variaciones de la C.F. en extractos 1:2

Perfil No.- T-5

Fecha Profundidad cm	C.F. en mm ho/cm a 25°C					
	24/X/85	17/XII/85	25/I/86	14/III/86	11/IV/86	
0-10	1.87	1.72	1.31	1.43	1.69	
10-20	9.52	5.31	4.52	2.02	6.77	
20-30	14.23	14.65	11.17	3.83	11.14	
30-40	16.71	18.73	18.37	9.25	13.69	
40-50	17.75	21.92	24.22	13.36	17.76	
50-60	23.17	21.51	26.11	22.12	19.68	
60-70	24.28	22.60	27.29	28.85	24.70	
70-90	24.28	23.29	26.96	26.89	25.55	
90-110	26.18	25.29	-	28.45	26.54	
110-130	29.19	29.12	-	32.27	-	
130-150	31.41	32.02	-	31.73	-	
150-170	31.41	32.75	-	32.10	-	



## XII.7 VARIACIONES DE LA DENSIDAD APARENTE CON LA PROFUNDIDAD Y HUMEDAD

Como primer análisis se ofrecen los datos obtenidos en el perfil T-5 para evaluar los cambios en la Da (Tabla 12.9).

A medida que se aumenta en profundidad hay un incremento en la Da, aunque relativamente es muy pequeño, estando debido fundamentalmente al contenido de M.O. menos pesada que los minerales sólidos en los primeros centímetros y al proceso natural de compactación en horizontes inferiores. También influye una mejor estructuración en la capa vegetal.

Como cambios en Da con similares humedades en distintos horizontes se consideran los siguientes:

Prof. en cm	Humedad (en %)	Da
0-15	13,85	1,44
15-30	14,53	1,55
30-50	14,27	1,66

Para las variaciones con la humedad puede verse en cualesquiera de los horizontes, por ejemplo en el de 0-10, al disminuir la humedad se va incrementando la Da en el siguiente orden:

Humedad (en %)	38,30	22,45	16,99	13,85	8,45	0,00
Da	1,30	1,34	1,39	1,44	1,50	1,54

Las pequeñas variaciones en el encogimiento son perfectamente justificables si se tiene en cuenta el tipo de arcilla predominante.

Tabla No 12.9. Variaciones de la densidad aparente (da) con la profundidad y humedad.

Perfil T-5

	% humedad	Da	% hum	Da	%hm	Da	%hm	Da	%hm	Da	%hm	Da
5	38.30	1.30	22.45	1.34	16.99	1.39	13.85	1.44	8.45	1.50	0.00	1.53
30	23.29	1.39	14.53	1.55	12.38	1.60	10.84	1.63	9.05	1.65	0.00	1.66
50	27.20	1.40	17.29	1.59	14.27	1.66	12.14	1.71	9.68	1.74	0.00	1.7

## XII.8 DETERMINACION DE LA C.I.C. Y SU CALCULO POR LA SUMA DE BASES

Del análisis realizado en los dos perfiles expuestos en la Tabla 12.10, eliminando las determinaciones erróneas, puede verse que el cálculo por la suma de bases siempre es mayor.

En esta misma tabla se calcularon los cationes adsorbidos en % del total y además el % de los solubles. Se nota que en los primeros hay una disminución del Ca+Mg con la profundidad y el sodio y potasio aumentan. En el caso de los solubles ocurre algo similar y no muestra una relación proporcional con el adsorbido, o sea, hay mayor % de cationes sodio en la solución que el complejo adsorbente, cosa lógica si se tiene en cuenta el poder desplazante de cada catión.

En ambos perfiles el contenido de cada catión es similar en el agua freática.

Tabla No. 10.14 Determinación de la C.I.C. y su cálculo por la suma de bases

	mg/100g				% de cationes ads.				% de cationes solubles en solución del suelo		
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	Suma de cationes	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	C.I.C.	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>
5											
	3.1	1.9	18.5	23.5	13.19	8.09	78.72	21.25	61.44	2.69	35.87
	7.9	2.4	14.6	24.9	31.73	9.64	58.63	21.50	79.95	1.80	18.25
	(5.3)	2.1	13.1	20.5	(25.86)	10.24	63.90	19.95	84.94	1.32	13.74
	12.9	2.6	14.0	29.5	43.73	8.81	47.46	18.20	82.00	1.18	16.82
	18.5	2.3	12.5	33.3	55.55	6.91	37.54	18.05	81.33	0.71	17.96
	(4.7)	2.1	9.6	(16.4)	(28.66)	12.80	58.54	16.40	82.97	1.23	15.80
11											
	9.0	3.9	12.0	24.9	36.15	15.66	48.19	29.50	68.06	1.00	30.94
	5.3	2.9	15.6	23.8	22.27	12.19	65.54	(14.20)	81.37	1.52	17.11
	7.9	2.2	16.0	26.1	30.27	8.43	61.30	19.25	80.30	0.92	18.78
	(2.5)	2.2	13.4	(18.1)	(13.81)	12.16	74.03	17.75	80.87	0.82	18.31
	10.3	2.1	12.7	25.1	41.04	8.37	50.59	18.30	82.06	0.73	17.21
	9.5	2.4	11.1	23.0	41.30	10.44	48.26	16.20	80.87	1.19	17.94
	Aguas freáticas			T-5	75.95 % de Na			0.97 % de K	23.08 % de Ca+Mg		
				T-11	74.48	"		0.98	"	24.53	"

## XII.9 HUMEDAD Y C.I.C. ESPECIFICA

Un método relativamente sencillo de conocer el tipo de arcilla predominante y si existe variaciones en la misma dentro de un perfil, es referir los valores de humedad en equilibrio con la atmósfera (preferiblemente controlada) y la C.I.C. a valores específicos, o sea, teniendo en cuenta que la parte activa casi totalmente es de la arcilla, se calcula para un 100 % de la misma. En este caso puede haber variaciones, con tendencia a ser mayores, en donde el contenido de M.O. es significativo (capa arable).

Si analizamos ambos cálculos por separado se nota un incremento en la higroscopicidad de la arcilla en horizontes inferiores, pero en la C.I.C. tiende a mantenerse por debajo de los 30 cm. Tentativamente puede concluirse que los materiales arcillosos son similares.

Este análisis se hubiera podido llegar a igual conclusión en 100 g de suelo pues los contenidos de arcilla son muy altos y con cierta similitud, pero es de gran valor cuando no hay mayor diferenciación textural y no se tienen otros datos sobre el tipo de arcilla.

Los resultados se ofrecen en la Tabla 12.11.

Tabla No 12.11 Humedad y CIC específica.

Perfil: T-5

Profundidad (en cm)	Arcilla (en %)	Humedad (en %)		C.I.C. (meq/100g)	
		100g/suelo	100g/arcilla	100g/suelo	100g/arcilla
0-15	45.64	4.59	10.057	21.25	46.560
15-30	53.14	5.46	10.275	21.50	40.459
30-70	63.14	6.58	10.421	19.95	31.596
70-110	70.64	9.23	13.066	18.20	25.764
110-160	63.14	9.29	14.713	18.05	28.587
160-240	55.64	9.78	17.577	16.40	29.475

XIII. RELACIONES QUIMICAS  
DE LOS SUELOS  
ESTUDIADOS

## 1º FIABILIDAD DEL MUESTREO Y DETERMINACIONES

La distribución espacial de los puntos de muestreo, que debe realizarse atendiendo a criterios objetivos, el número de observaciones, la uniformidad en la técnica de toma y preparación de muestras, son aspectos esenciales a cuidar si se quieren obtener relaciones estadísticas fiables. Otro tanto habría que decir en relación a las técnicas analíticas y el chequeo previo de los datos que van a procesarse. Es muy conveniente partir de criterios fiables que permitan excluir los datos aberrantes de forma automática antes de iniciar el análisis.

## 2º ANALISIS DE LAS DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS

Gran parte de las técnicas sofisticadas de análisis de datos son estrictas en lo que respecta a las distribuciones de frecuencia de las variables utilizadas. Por lo general, se requiere la verificación de la hipótesis de normalidad. Si la distribución de los datos se aparta mucho de la normal es necesario recurrir a transformaciones o emplear técnicas no paramétricas.

## 3º ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES CUANTITATIVAS GENERALES

La estrategia de búsqueda de relaciones entre las variables suele desarrollarse en las etapas siguientes:

a - Búsqueda de relaciones significativas entre todos los pares de variables.

Selección de correlaciones significativas y correlaciones "predictivas" (en estas últimas el coeficiente de determinación debe estar por encima de un valor mínimo por debajo del cual el error de la predicción no es admisible).

b - Establecimiento de ecuaciones de regresión simple para los pares de variables con  $r^2$  suficientemente alto.

c - Cuando se intuye que un conjunto de variables pueden predecir satisfactoriamente el valor de otra, que no ha sido explicada adecuadamente por las regresiones simples, puede recurrirse a técnicas de regre

sión múltiple. Particularmente adecuadas son las recogidas en los programas de "Stepwise Regression", capaces de incorporar y excluir variables independientes del modelo en función del valor de  $r^2$  que vaya obteniéndose.

En muchas ocasiones es conveniente comenzar el análisis divariante estudiando los diagramas de dispersión de valores, con objeto de detectar visualmente posibles relaciones no lineales. Esta observación da también una orientación sobre el tipo de relación que pueda existir entre las variables. En función de esto pueden probarse diversos modelos no lineales de primer grado o modelos polinomiales de distinto grado.

#### 4º ESTRATIFICACION DEL ESTUDIO

El estudio de los diagramas de dispersión indica en ocasiones, que existen relaciones diferentes para las mismas variables en distintas poblaciones. Muchas veces es fácil adscribir una característica distintiva a cada uno de estos colectivos en los cuales las relaciones entre las variables son mejores (por ej. horizontes situados a una misma profundidad). En este caso es conveniente emprender estudios independientes en cada una de las poblaciones, con lo que se lograrán modelos estadísticos mejores que los generales.

Por otro lado, puede realizarse una estratificación "a priori" y estudiar independientemente poblaciones que se intuyen diferentes (por ej. en distinta posición fisiográfica, régimen de encharcamiento, vegetación, etc.) y comparar después las relaciones obtenidas con las generales.

Otro método de estratificación aplicable se refiere a los rangos de las variables. En muchas ocasiones es posible obtener buenas relaciones entre variables para determinados rangos de éstas pero no para otros. Esta segmentación mejora muchas veces el modelo general.

### XIII.2 APLICACION AL ESTUDIO DE LA SALINIDAD EN LA MARISMA SALADA DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA

Como ejemplo de aplicación de lo dicho en la Introducción, se estudiarán las relaciones entre un conjunto de variable determinadas en distintos extractos de suelos, característicos del área.

En este estudio preliminar se trata de detectar y discutir las relaciones más conspicuas entre variables a partir de una masa reducida de datos originales (aproxim. 3000).

El estudio inicial de la matriz de datos permitió obtener una matriz de correlación para todos los pares de variables. Para un nivel de significación del 1 % todas las correlaciones superiores a 0.495, aproximadamente, pueden considerarse significativas. Sin embargo, aunque muchos de estos valores informan de la existencia de relaciones dignas de consideración no todos son satisfactorios para establecer modelos de regresión que permitan predecir una variable en función de otra. A efectos predictivos consideramos que los modelos propuestos deben explicar al menos un 90 % de la variabilidad de la variable dependiente. Esto significa que el coeficiente de determinación debe ser igual o superior a 0.9.

El análisis estadístico de los datos relativos a sales solubles ha proporcionado relaciones altamente significativas ( $r^2 = 0.9$ ) que nos permiten predecir en función de la C.E. de un extracto de cualquier relación suelo/agua, entre porcentaje de saturación y 1/10:

- La conductividad eléctrica de cualquier otro extracto en el rango investigado.
- Los contenidos en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Mg}^{++}$  solubles (en m.e./l) de otro extracto cualquiera.
- El total de sales solubles (m.e./l), de sólidos disueltos (g/l) o el porcentaje de sales referido a suelo seco.

Hemos investigado, fundamentalmente, modelos de regresión simple (lineales, exponenciales, potenciales y logarítmicos). Sin embargo, hemos comprobado en algunas situaciones que las ecuaciones de regre

sión múltiple pueden mejorar sensiblemente las predicciones, especialmente cuando se trata de predecir la C.E. y sales solubles de extractos concentrados a partir de lecturas de C.E. en extractos de menor relación suelo/agua. Le Brusq y Loger (1982) apuntaron ya esta mejora estudiando extractos de suelos salinos en Senegal.

#### PREDICCIÓN DE LA C.E. DE UN EXTRACTO EN FUNCIÓN DE LA DE OTRO CON DISTINTA DILUCIÓN

En la siguiente Tabla presentamos en forma esquemática los valores de coeficiente de determinación obtenidos para los distintos modelos potenciales (C.E.<sub>1:x</sub> = A. (CE<sub>1:y</sub>)<sup>b</sup>), que relacionan los distintos extractos.

	CE <sub>1:10</sub>	CE <sub>1:5</sub>	CE <sub>1:2</sub>	CE <sub>ES</sub>
CE <sub>ES</sub>	0.935	0.949	0.935	1.000
CE <sub>1:2</sub>	0.947	0.962	1.000	
CE <sub>1:5</sub>	0.994	1.000		
CE <sub>1:10</sub>	1.000			

En todos los casos los modelos potenciales superaron a los lineales, como mínimo en 0.01, en el valor del coeficiente de determinación.

Un análisis somero de estos valores demuestran que:

- 1º. En todos los casos es posible predecir la C.E. eléctrica de un extracto en función de la de otro, explicando más del 93 % de la varianza de la variable dependiente.
- 2º En general la predicción es tanto mejor cuanto más próxima sean las ratios suelos/agua. Unicamente destaca que la C.E. del extracto de saturación se predice mejor desde el extracto 1:5 que desde el extracto 1:2, en contra de lo cabía esperar. Aquí habría que considerar la variabilidad que introducen la no corrección por humedad de la muestra seca al aire y las diferencias en el porcentaje de saturación. La primera distorsión es despreciable en el caso del extracto 1:5 pero no en la del extracto 1:2. La segunda fuente de va

riación explica por qué los valores más bajos de coeficientes de determinación se dan para las predicciones de la C.E.<sub>ES</sub>.

2º La bondad de ajuste es máxima para los extractos 1:5 y 1:10, situación en la que:

- a. La diferencia en la relación de dilución es menor (2 frente a aproxim. 2,5 en las comparaciones entre  $ES-E_{1:2}$  y  $E_{1:2} - E_{1:5}$ ).
- b. Los fenómenos de disolución-precipitación de yeso son menores, pues todo el stock precipitado originalmente se halla solubilizado en ambos extractos.
- c. La concentración de las soluciones es más baja, con lo que las variaciones en los coeficientes de actividad de los iones con la dilución es menos acusada que en el caso de extractos más concentrados.

Al considerar en el análisis la variabilidad que introduce el porcentaje de saturación en las relaciones  $CE_{ES} - CE_{1:x}$ , obtuvimos una mejora sensible en la predicción con respecto a los modelos anteriores. Tomando en cuenta los trabajos de Le Brusq y Loger (1982), hemos llegado a las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{l}
 CE_{ES} = 250.0345 \cdot P.S.^{-0.67424} \cdot CE_{1:10}^{0.81361} \quad (r^2 = 0.9700) \\
 CE_{ES} = 147.9108 \cdot P.S.^{-0.66706} \cdot CE_{1:5}^{0.82105} \quad (r^2 = 0.9826) \\
 CE_{ES} = 59.1031 \cdot P.S.^{-0.61769} \cdot CE_{1:2}^{0.84237} \quad (r = 0.9642)
 \end{array}$$

En las páginas siguientes se recogen las características completas del análisis.

MULTIPLE LINEAR REGRESSION  
 11-JUN-86 AT 17:56:44  
 REGRESSION TITLE IS  
 ECE EN FUNCION DE XCE Y FS

DEPENDENT VARIABLE. . . . . 110 LOECE  
 TOLERANCE . . . . . 0.0100  
 ALL DATA CONSIDERED AS A SINGLE GROUP

MULTIPLE R 0.9913 STD. ERROR OF EST. 0.0282  
 MULTIPLE R-SQUARE 0.9826

ANALYSIS OF VARIANCE

	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F RATIO	P(TAIL)
REGRESSION	1.7111	2	0.8556	1072.918	0.0000
RESIDUAL	0.0333	33	0.0008		

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. REG COEFF	T	P(2 TAIL)	TOLERANCE
INTERCEPT	2.17393					
PS	106	-0.68706	0.07709	-8.791	0.0000	0.84708
SC	108	0.32105	0.01814	17.702	0.0000	0.84708

NUMBER OF INTEGER WORDS OF STORAGE USED IN PRECEDING PROBLEM 3714  
 CPU TIME USED 0.480 SECONDS

4  
 LR - MULTIPLE LINEAR REGRESSION  
 11-JUN-86 AT 17:56:46  
 REGRESSION TITLE IS  
 REGRESSION DEPENDENT VARIABLE IS

DEPENDENT VARIABLE. . . . . 110 LDCCE  
 TOLERANCE . . . . . 0.0100  
 DATA CONSIDERED AS A SINGLE GROUP

ADJUSTED R-SQUARE . . . . . 0.9849  
 MULTIPLE R-SQUARE . . . . . 0.9700  
 STD. ERROR OF EST. . . . . 0.0371

ANALYSIS OF VARIANCE

	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F RATIO	P(TAIL)
REGRESSION	1.6899	2	0.8449	614.510	0.0000
RESIDUAL	0.0522	29	0.0018		

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. REG COEFF	T	P(2 TAIL)	TOLERANCE
ACCEPT	2.39300					
106	-0.67424	0.10139	-0.203	-6.650	0.0000	0.84395
109	0.81361	0.12376	1.647	34.243	0.0000	0.84395

NUMBER OF INTEGER WORDS IF STORAGE USED IN PRECEDING PROBLEM 3714  
 TIME USED 0.470 SECONDS

PREDICCION ECE EN FUNCION DE XCE Y PS  
 REGRESSION TITLE IS  
 PREDICCION ECE EN FUNCION DE XCE Y PS

DEPENDENT VARIABLE. . . . . 110 LOECE  
 TOLERANCE . . . . . 0.0100  
 DATA CONSIDERED AS A SINGLE GROUP

CORRELATION COEFFICIENT R . . . . . 0.9819  
 STD. ERROR OF EST. . . . . 0.0405  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION R-SQUARE . . . . . 0.9642

ANALYSIS OF VARIANCE

	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F RATIO	P(TAIL)
REGRESSION	1.6797	2	0.8399	511.264	0.0000
RESIDUAL	0.0527	33	0.0016		

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. REG COEFF	T	P(2 TAIL)	TOLERANCE
INTERCEPT	1.77161					
CE 107	0.34237	0.02697	1.039	31.234	0.0000	0.85393
S 106	-0.51769	0.11013	-1.186	-5.606	0.0000	0.35393

NUMBER OF INTEGER WORDS OF STORAGE USED IN PRECEDING PROBLEM 3714  
 TIME USED 4.040 SECONDS

### XIII.3 PREDICCIÓN DE LA FUERZA IÓNICA DEL EXTRACTO EN FUNCIÓN DE LA C.E.

La fuerza iónica es un parámetro importante para estudiar y explicar los fenómenos que ocurren en las disoluciones de electrolitos. Su determinación es imprescindible para el cálculo de los coeficientes de actividad de los iones, a partir de los cuales podemos deducir sus concentraciones efectivas que serán, en definitiva, las que determinarán la dirección de los procesos químicos en el suelo.

Por otro lado, la fuerza iónica es una medida del campo eléctrico generado por los iones libres de la solución y, por tanto, influye en la movilidad de éstos. La C.E. de la solución es, precisamente, una medida cuantitativa de esta movilidad (Ponnamperuma et al., 1966). Esta relación conceptual entre fuerza iónica y C.E. sirve de base para establecer modelos empíricos que nos permitan predecir, en función de una medida sencilla y rápida, un parámetro cuyo cálculo requeriría conocer la guarnición iónica completa de la solución.

Ponnamperuma y col. (1966) propusieron la relación

$$I \approx 16 CE$$

donde:

I = fuerza iónica en moles/litro

CE = conductividad eléctrica en mhos/cm a 25°

En este trabajo se estudiaron 225 muestras de solución de suelos sumergidos con una C.E. máxima de 4 mmhos/cm a 25° y una fuerza iónica de hasta 0.06 molar. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) que obtuvieron fue de 0.94.

Griffin y Jurinak (1973) realizan una aproximación más exacta considerando las concentraciones iónicas reales en el cálculo de la fuerza iónica en vez de las concentraciones estequiométricas como hicieron Ponnamperuma y col. Estos cálculos, efectuados siguiendo el método de aproximaciones sucesivas de Adams (1971), son bastante complicados y se realizaron con la ayuda de un ordenador y de un programa específico confeccionado por ellos. De este modo, calcularon la fuerza iónica de 27 extractos de suelos, de 3 puntos diferentes, y de 124 muestras de agua de río. Al relacionar estos valores con la C.E. de las

soluciones obtuvieron la expresión

$$I = 0.0127 \text{ CE}$$

$$(r^2 = 0.9920)$$

donde:

I = fuerza iónica en moles/litro

CE = conductividad eléctrica en mmhos/cm a 25°

El modelo obtenido tuvo un ajuste mucho mejor que el de Ponnamp<sub>er</sub>uma a pesar de abarcar un rango mucho más extenso de C.E. (0-32 mmhos/cm) y de fuerza iónica (hasta 0.44 Molar).

Esta mejora de la relación, al descontar los pares de iones de las concentraciones estequiométricas, demuestra que sólo pueden establecerse modelos fiables en función de las últimas cuando las soluciones son lo suficientemente diluidas y las especies predominantes tienen poca tendencia a formar pares de iones.

Marion y Babcook (1966) lograron un ajuste todavía mejor considerando un gran número de soluciones de origen diverso (extractos y suspensiones de suelo, aguas de ríos, mezclas de soluciones, etc.). Para ello, realizaron las correspondientes correcciones por pares de iones y propusieron una relación de tipo potencial entre ambas variables:

$$I = 14.4 \text{ Lm}^{1.099}$$

$$(r^2 = 0.9944)$$

donde:

I = Fuerza iónica en milimoles/litro

Lm = Conductividad eléctrica específica en mmhos/cm a 25 =

El rango de aplicación de este modelo es de 0-15 mmhos/cm, mucho menor que el de Griffin y Jurinak (1973).

Le Brusq y Loyer (1982) encontraron que la relación dada por Ponnamp<sub>er</sub>uma y col. no era aplicable a sus datos, relativos a extractos de suelos de C.E. hasta 300 mmhos/cm. Indicaron que no existía relación entre la concentración total de iones y la fuerza iónica de la di solución (no explicitan si en el cálculo de esta última realizaron co de iones).

En nuestro estudio hemos encontrado un ajuste excelente entre la fuerza iónica, calculada en base a las concentraciones iónicas sin corregir y la C.E. Hasta el momento hemos establecido esta relación por separado para los diferentes extractos, encontrando en todos los casos coeficientes de correlación superiores a 0.99 ( $r^2 > 0.98$ ).

Los modelos obtenidos para los distintos extractos, junto a las características notables de cada uno de ellos se presentan en el cuadro siguiente:

Extracto	Rango CE (mmhos/cm)	Ratio $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{=}$		Modelo regresión ( $y = FI$ , $x = CE$ )	$r^2$
		Rango	Media aprox.		
Saturación	17-102	3-21	7.5	$y = 0.0054 x^{1.2669}$	0.9833
1:2	2-43	3-19	7	$y = 0.0093 x^{1.1392}$	0.9805
1:5	1.4-23	2-15	6	$y = 0.0104 x^{1.1014}$	0.9859
1:10	1-14	1.5-15	5	$y = 0.0113 x^{1.0299}$	0.9837

Las razones de este buen ajuste entre la fuerza iónica no corregida y la C.E. de la solución, para un rango tan amplio de concentraciones, habría que buscarla en las altísimas relaciones  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{=}$  y  $\text{Cl}^-/\text{CO}_3\text{H}^-$ . En efecto, el amplio predominio del  $\text{Cl}^-$  y el  $\text{Na}^+$  en todas las soluciones (representan entre el 75 y 85 % de los iones totales) hace que la concentración de pares de iones y sus cambios sean insignificantes frente al total de los iones libres presentes.

La comparación de los modelos propuestos con los calculados por otros autores puede resumirse del modo siguiente:

- 1º La pendiente de la recta doble logarítmica por nosotros estimada, de 1.0299 es similar a la calculada por Marion y Babcock (1976) para soluciones de  $\text{ClNa}$  puro (1.028), para un rango comparable de conductividades (1-14 mmhos/cm y 0-15 mmhos/cm respectivamente). El coeficiente de determinación por ellos obtenido es superior al nuestro (0.9942 frente a 0.983), aunque nosotros no efectuamos las

complicadas correcciones que ellos aplicaron. Creemos, por tanto, que dada la amplitud de los rangos investigados (el mayor de 17 a 102 mmhos/cm) y la simplicidad del método de cálculo los resultados obtenidos son altamente satisfactorios.

- 2º Comparando de modo general las ecuaciones lineales de Ponnampertuma y col. (pendiente 16) y Griffin y Jurinak (pendiente 12,7) con las nuestras, obtenemos que nuestros valores son algo inferiores (en torno a 11,3).

La comparación estadística de los valores de fuerza iónica calculados en base a la fórmula:

$$I = 1/2 \sum_i C_i \cdot Z_i^2$$

donde:

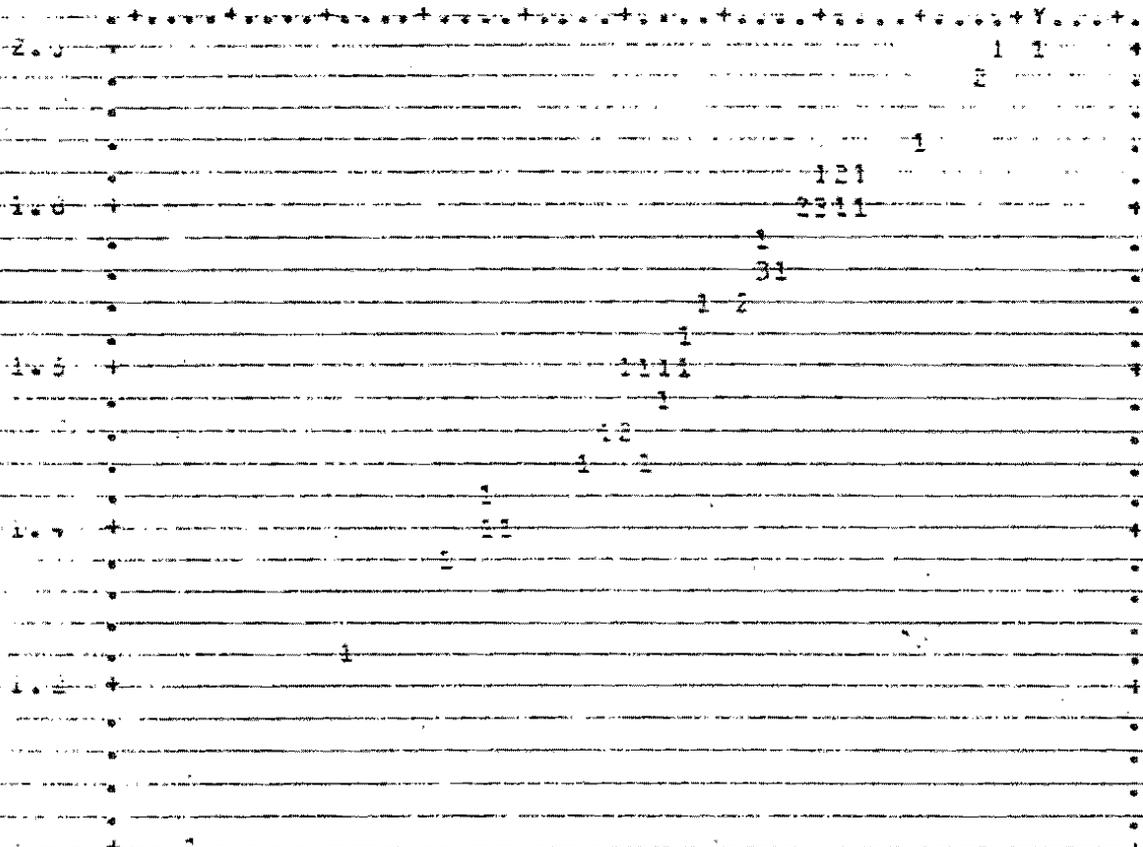
$C_i$  es concentración del ión  $i$  y

$Z_i$  carga del ión  $i$

con los estimados a partir de los modelos de Marion y Badcock suministra un alto coeficiente de correlación ( $r=0.9929$ ). Véase Fig. 4.

A la vista de las altas correlaciones existentes entre las C.E. de los distintos extractos, es lógico esperar una buena predicción de la fuerza iónica de un extracto a partir de la C.E. de otro. En efecto, los valores obtenidos en las distintas comparaciones son altamente significativos, como se aprecia en las Figs. 5 y 6.

CENTRO DE CALCULO



YX  
 -1.45 -0.75 -0.45 -0.15 0.15 0.450  
 -0.54 -0.24 0.06 0.300

N = 14  
 COR = .9916      L310040R

MEAN = 57.35V      REGRESSION LINE = RES. 45.  
 X = -1.0105      Y = 1.6664      X = -0.2659      Y = 2.0593  
 Y = 1.0715      Y = 0.0069      Y = 0.77611 \* X + 1.7890      7405-6

VARIABLE 315      LOGPINDR      VS 05 05      VARIABLE \*      10505

Fig. 1. Relación conductividad eléctrica-fuerza iónica en el extracto de saturación.



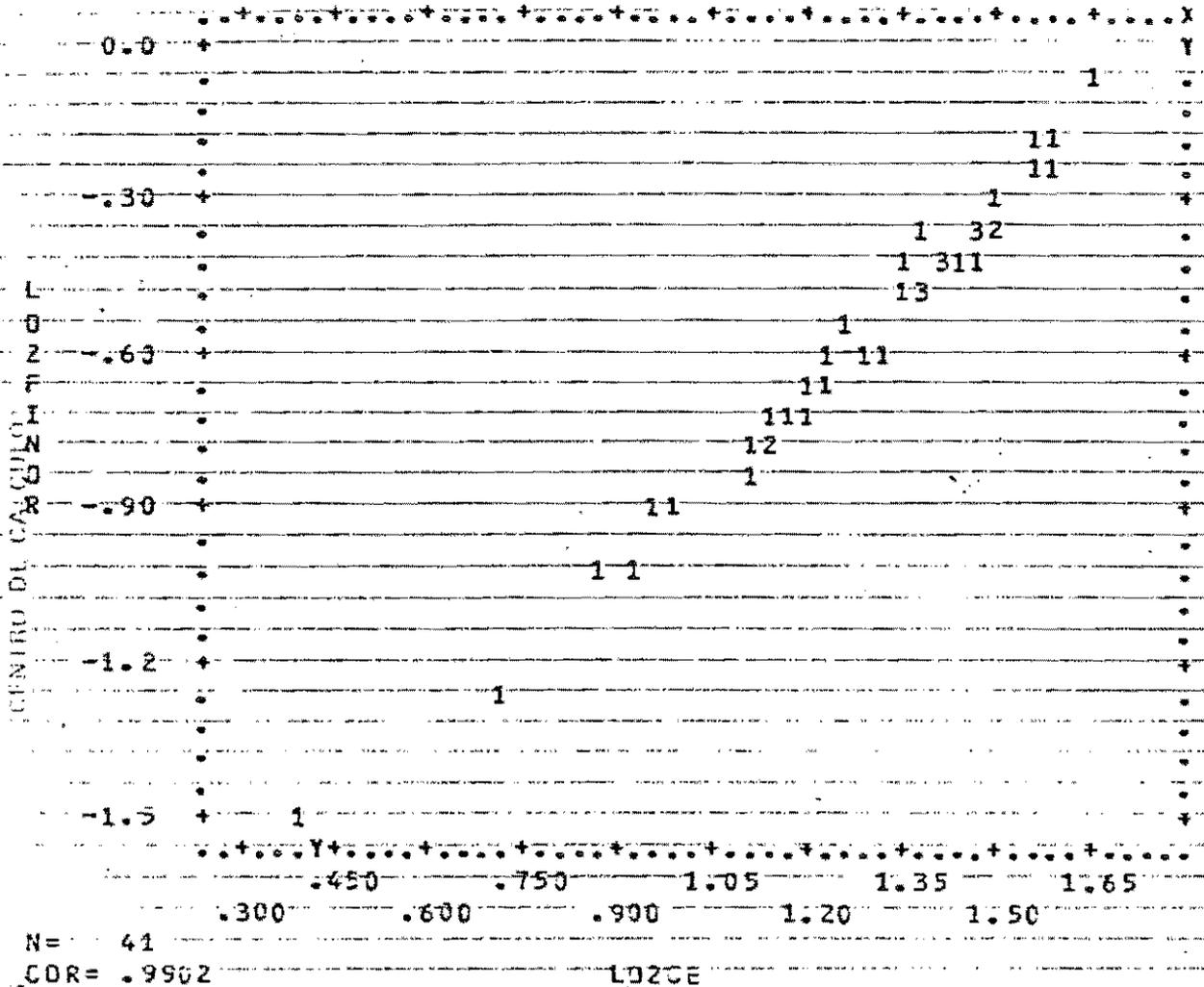
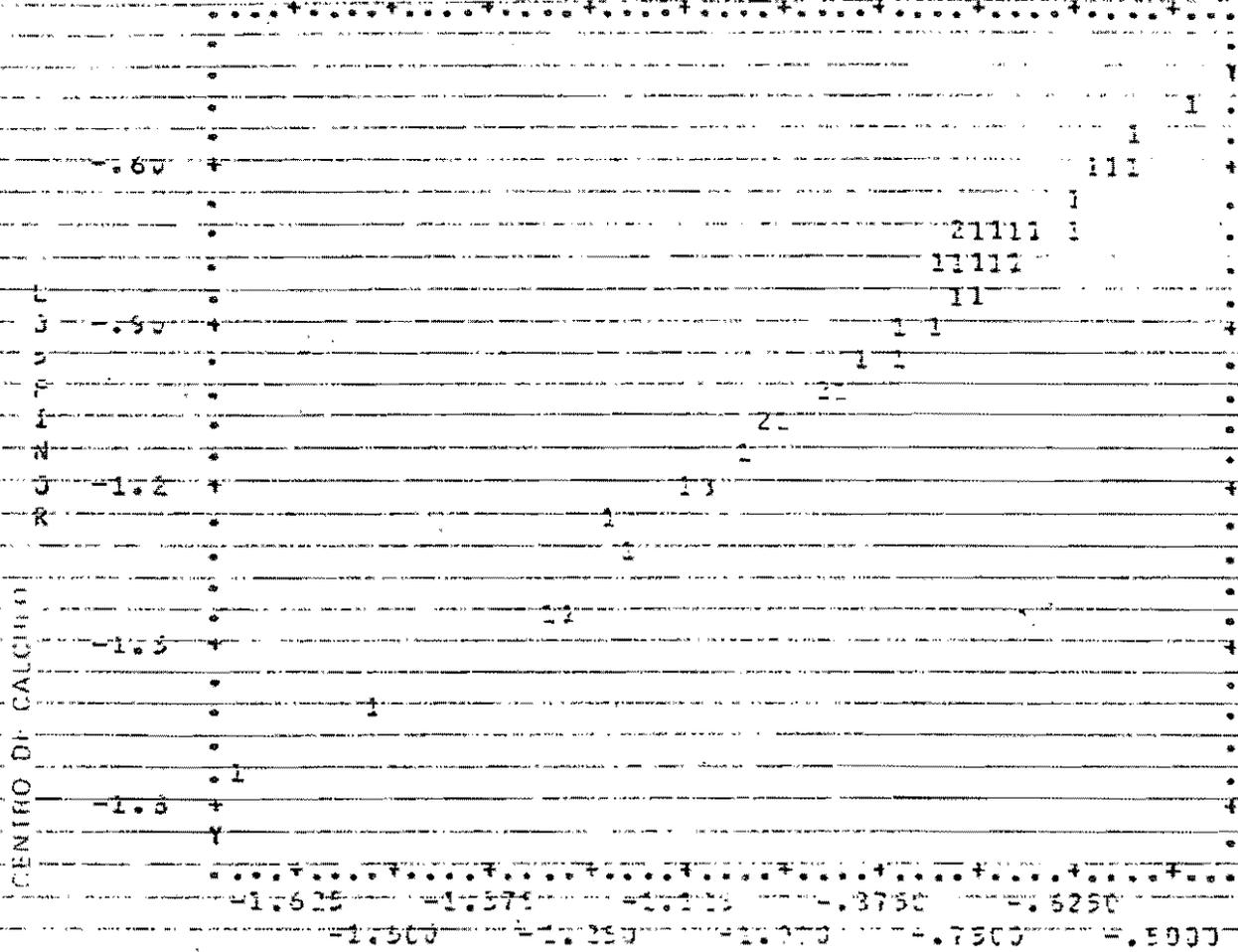


Fig. 3. Relación conductividad eléctrica-fuerza iónica en el extracto 1/2.



n = 4

CCR = .9929      LITRIFICACION

MEAN	ST. DEV.	REGRESION	COR. COEF.	RES. SQ.
X = -.89176	.26353	Y = .5730EY = .73471	.99136	
Y = .994033	.23674	Y = 1.03913EY = .2940	.99126	

VARIABLES: 105 LITRIFICACION 105 YS VARIABLES: 105 CORFINOR

Fig. 4. Relación entre la fuerza iónica calculada ( $1/2 \sum Ci \cdot Zi^2$ ) y predicha por el modelo de Marion y Babcock (1976).

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO



#### XIII.4 PREDICCIÓN DEL CONTENIDO DE SALES EN FUNCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Numerosos trabajos han demostrado que la C.E. de una disolución está estrechamente ligada a la concentración de la misma. La relación cuantitativa entre ambas variables depende del rango de concentración investigado y de la naturaleza de las sales presentes. Los modelos que mejor explican esta relación son de tipo potencial, en la forma

$$C = a \cdot CE^b$$

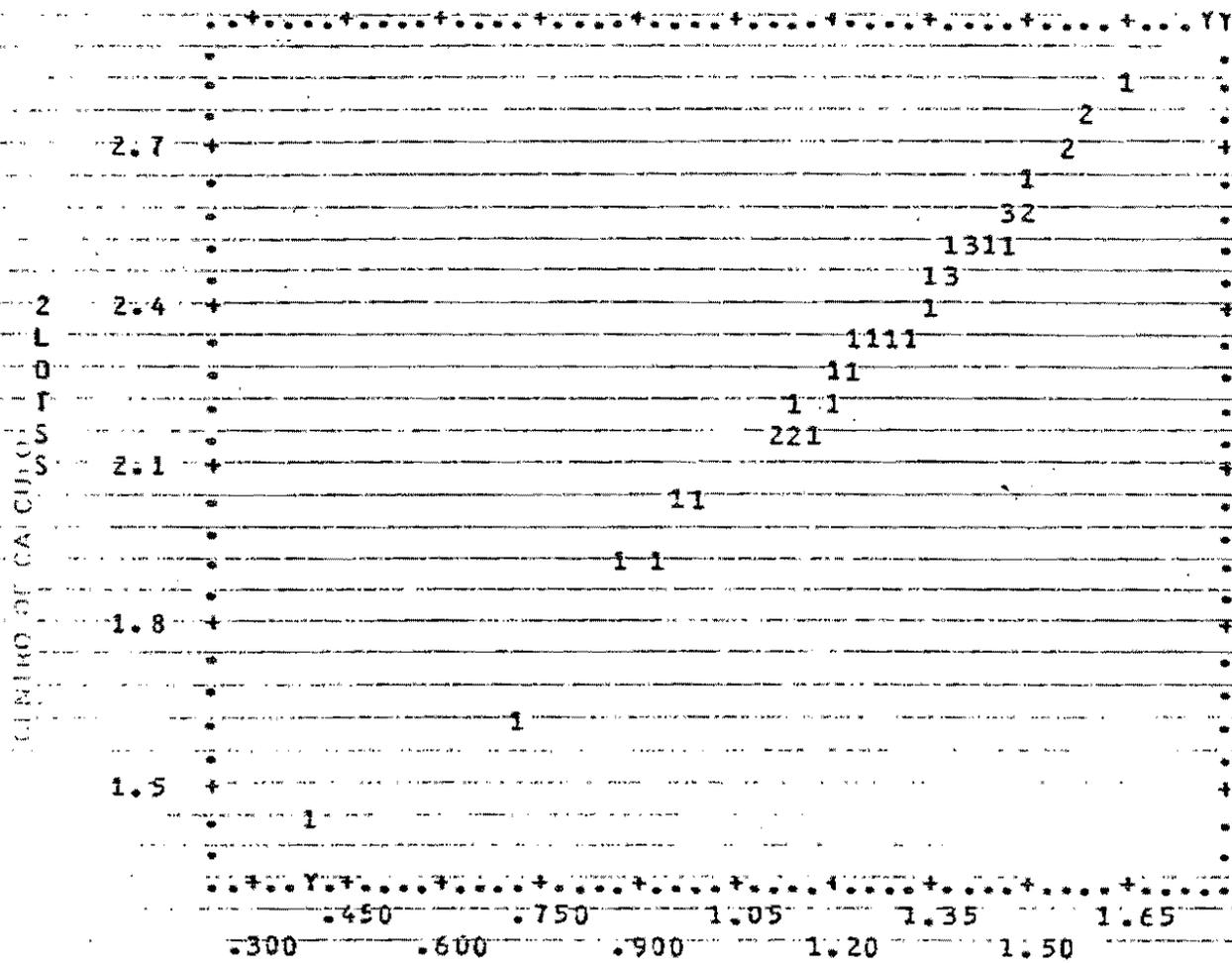
En nuestro estudio hemos considerado la relación entre el total de sales solubles (TSS) definida como la semisuma de las concentraciones iónicas medidas y la CE, ya que el cálculo de las concentraciones de iones libres requiere el uso de programas específicos de ordenador.

Las ecuaciones calculadas tuvieron ajustes excelentes si se consideran los amplios rangos de C.E. (véanse Figs. 7 y 8).

Igualmente, se constató la posibilidad de predecir el TSS en cualquier extracto a partir de la C.E. de otro, con un margen de error aceptable ( $r^2 > 0.93$ , en todos los casos). Ejemplos en las Figs. 9, 10 y 11.

Por otro lado, hemos logrado buenos ajustes para modelos predictivos del porcentaje de sal (en % del suelo seco) en función de la C.E. de un extracto de cualquier relación suelo/agua. Al igual que en casos anteriores, los modelos de regresión simple son mejores cuando se consideran los extractos menos dependientes del contenido de humedad de la muestra. En las Figs. 12 y 13 se presentan dos ejemplos.



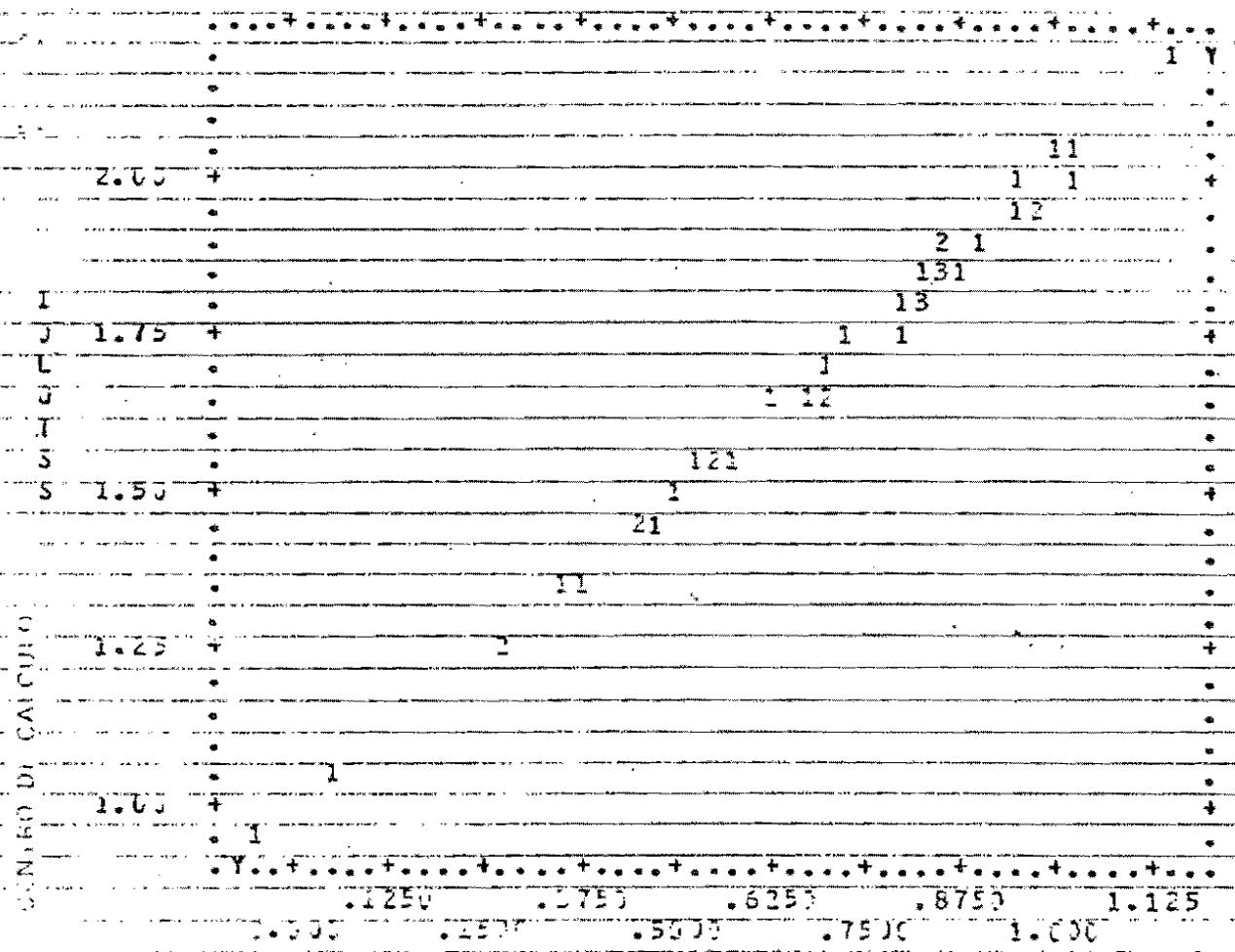


N= 41  
COR= .9931

MEAN ST. DEV. REGRESSION LINE RES. MS.  
X 1.2825 .25714 X= .8520E\*X+.72711 927E-6  
Y 2.3585 .29971 Y= 1.157E\*X+.87392 .00126

VARIABLE 107 LOZCE VERSUS VARIABLE #4 2LOTSS

Fig. 7. Relación entre el total de sales solubles y la conductividad eléctrica en el extracto 1/2.



GENERO DE CALCULO

USO PASADOS DE

N= 41

CORR= .9581

LOIICE

	MEAN	ST. DEV.	REGRESSION LINE	RES. MS.
X	.69178	.28883	X = .00311EY - .28383	1.07E-06
Y	1.5993	.27896	Y = 1.03548X + .67434	2.07E-06

VARIABLE 109 LOIICE VERSUS VARIABLE 11: LOTSS

Fig. 8. Relación entre el total de sales solubles y la conductividad eléctrica en el extracto 1/10.

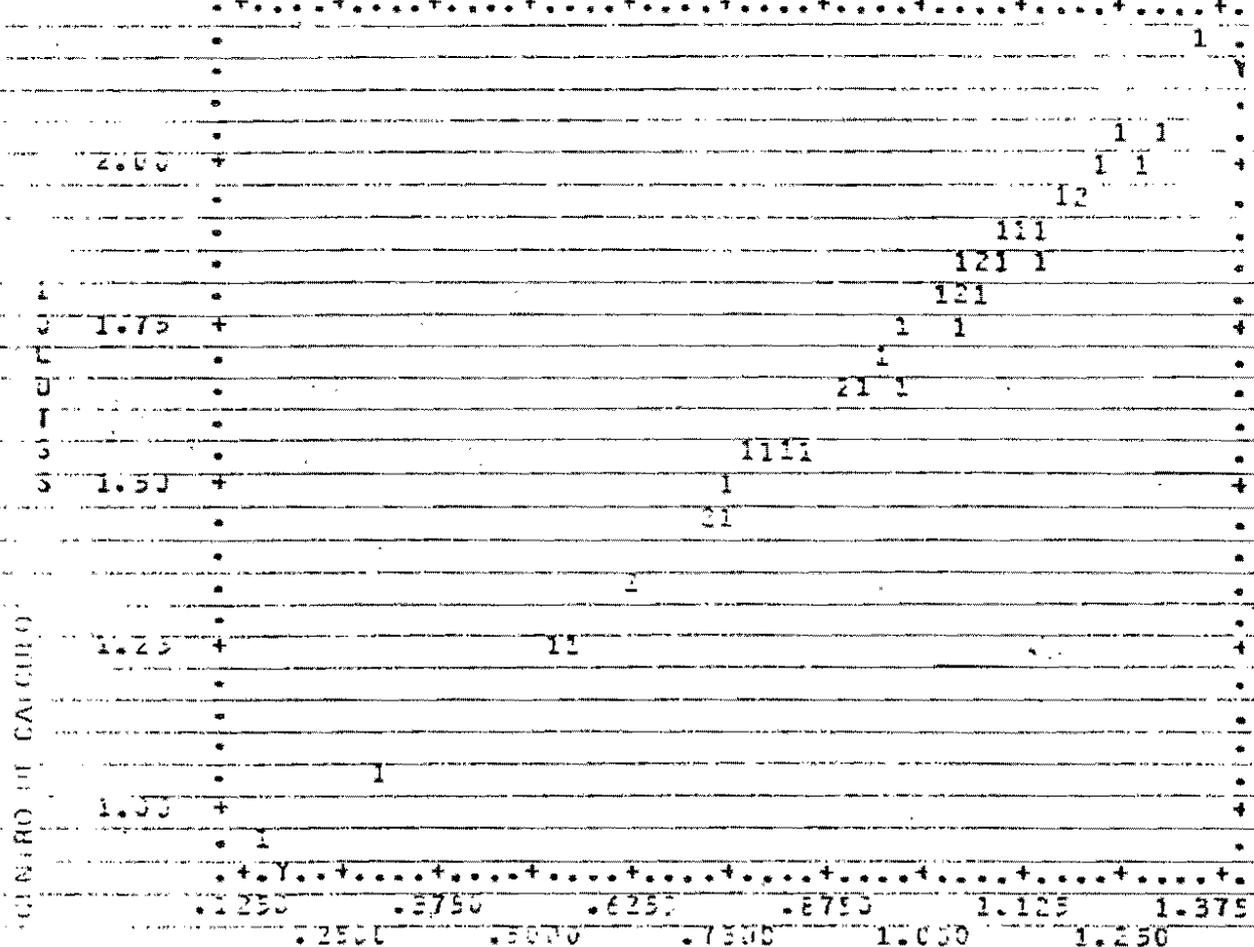
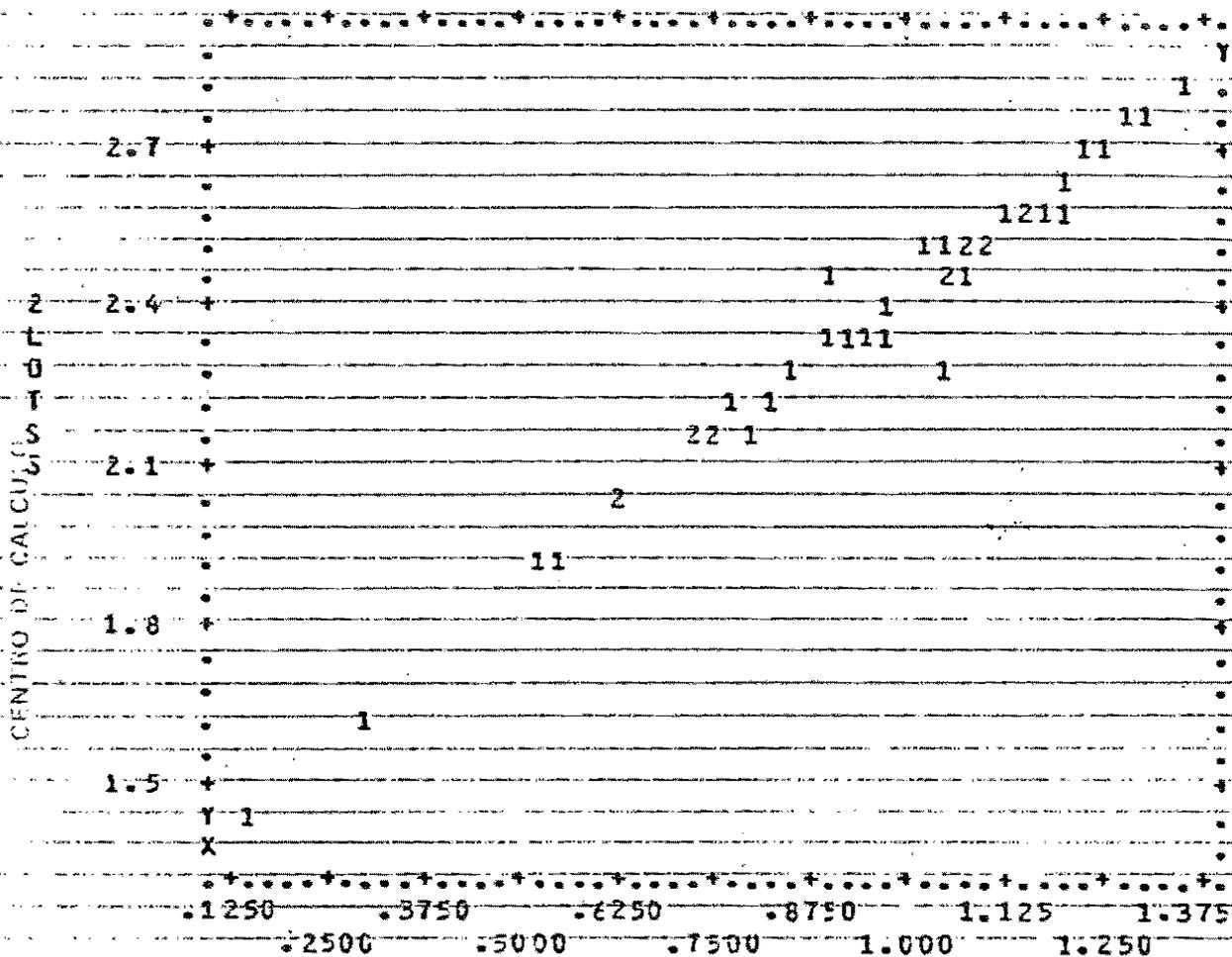


Fig. 9. Relación entre el total de sales solubles en el extracto 1/10 y la conductividad eléctrica 1/5.





N= 41

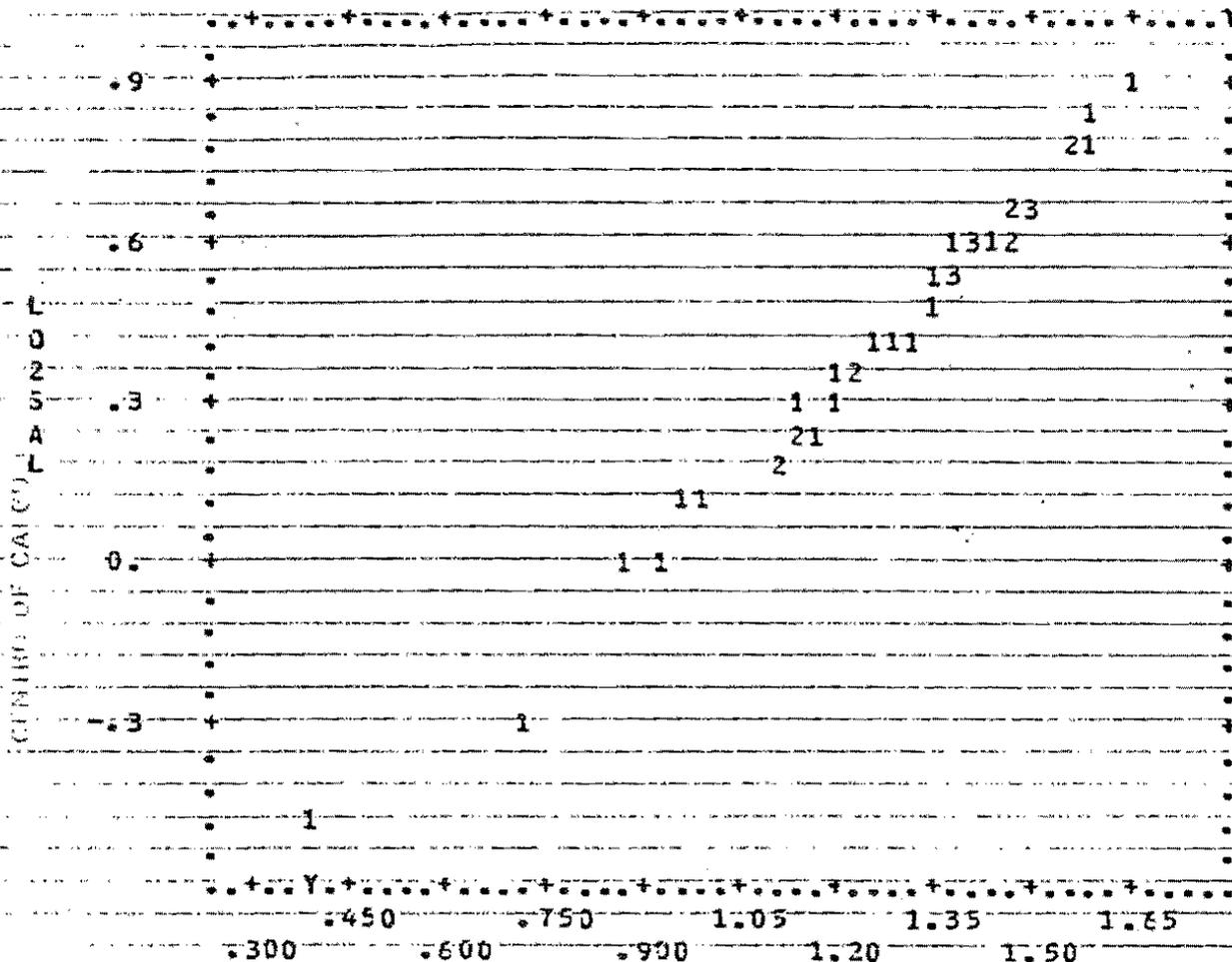
COR= .9889

LDSCE

	MEAN	ST. DEV.	REGRESSION LINE	RES. MS.
X	.94077	.26752	$X = .88272*Y - 1.1411$	.00162
Y	2.3585	.29971	$Y = 1.1079*X + 1.3162$	.00203

VARIABLE 108 LDSCE VERSUS VARIABLE \*\* 210TSS

Fig. 11. Relación entre el total de sales solubles en el extracto 1/2 y la conductividad eléctrica 1/5.



N= 41

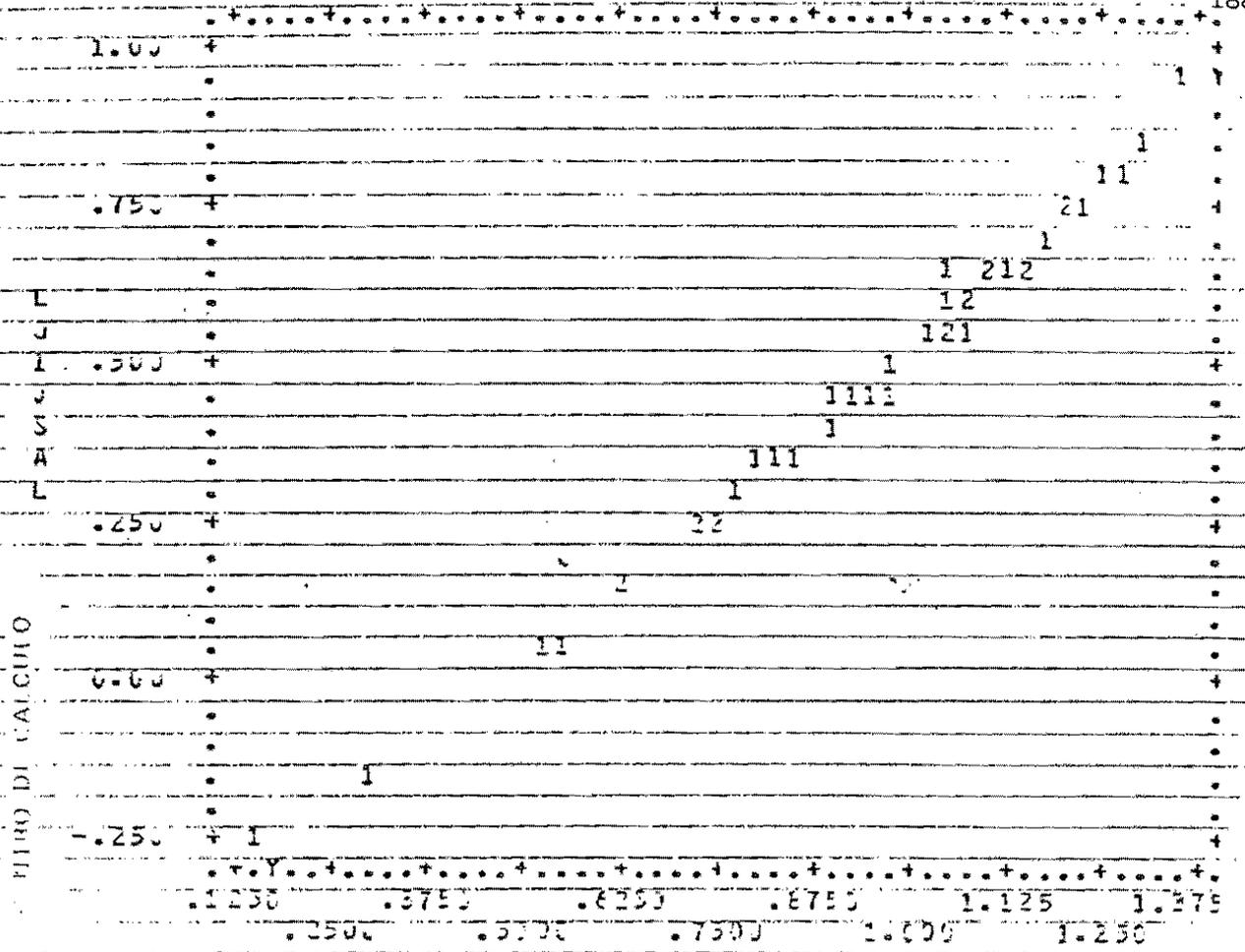
COR= .9922

LD2CE

	MEAN	ST. DEV.	REGRESSION LINE	RES. MS.
X	1.2825	.25714	X = .86575*Y + .51048	.00105
Y	.42969	.29470	Y = 1.1372*X - 1.0287	.00138

VARIABLE 107 LD2CE VERSUS VARIABLE #4 LC2SAL

Fig. 12. Relación entre el porcentaje de sales y la conductividad eléctrica en el extracto 1/2.



N = 41

CCNE = .9943

LSCE

	MEAN	ST. DEV.	REGRESSION LINE	RES. INT.
X	.64077	.28752	$X = .9943EY + .47531$	.825E-6
Y	.47818	.28751	$Y = .99429EX + .47329$	.825E-6

VARIABLE 100 LSCE VERSUS VARIABLE 04 CCNSAL

Fig. 13. Relación entre el porcentaje de sales (1/10) y la conductividad eléctrica (1/5).

### XIII.5 PREDICCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES IONICAS EN FUNCION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

En áreas en las que la naturaleza de las sales es relativamente homogénea, como la que nos ocupa, es posible predecir con precisión las concentraciones de algunos iones en un extracto, a partir de una medida de C.E. en el mismo o, a veces, en otro de distinta relación suelo/agua.

En general, la predicción es tanto mejor cuanto mayor sea el peso del ión en la disolución. En nuestro caso el ión predominante es el cloruro, con lo que su predicción a partir de la C.E. es muy exacta. El coeficiente de correlación para los extractos en los que la humedad de la muestra no interfiere (1:5 y 1:10) supera el valor de 0.994. En los restantes no baja de 0.983.

El  $\text{Na}^+$  es el segundo ión más abundante y va asociado estrechamente al  $\text{Cl}^-$ . Por ello, su concentración puede predecirse con gran fiabilidad a partir de la C.E. del extracto. Los modelos lineales doble logarítmicos ajustados presentan todos un coeficiente de correlación superior a 0.991, excepto el correspondiente al extracto de saturación que es ligeramente inferior (0.983), por las razones ya expuestas.

Para el  $\text{Mg}^{++}$  pueden lograrse todavía ajustes aceptables debido a su alta correlación con el ión predominante ( $r = 0.93$  en todos los extractos). No obstante, la dinámica del  $\text{Mg}^{++}$  es más compleja que la del  $\text{Na}^+$  ya que se ve parcialmente envuelto en fenómenos de disolución precipitación y formación de pares de iones con los iones  $\text{SO}_4^{=}$ . Por otro lado, el comportamiento del  $\text{Mg}^{++}$  frente al campo eléctrico varía con respecto al del  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ , dado su carácter divalente. Quizás por estas razones los modelos que mejor expresan la relación entre la CE y la concentración estequiométrica del  $\text{Mg}^{++}$  en el extracto son de tipo exponencial ( $\text{Mg}^{++} = a \cdot e^{b \cdot \text{CE}}$ ) en vez de potenciales ( $I = A \cdot \text{CE}^b$ ) como ocurriría en el caso de los iones monovalentes antes indicado.

El resto de los iones ( $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ) muestran correlaciones con la conductividad eléctrica inferiores a las anteriores.

Así, el potasio muestra correlaciones de hasta 0,9 con la conductividad eléctrica en los extractos 1/5 y 1/10 (0.82 en el extracto

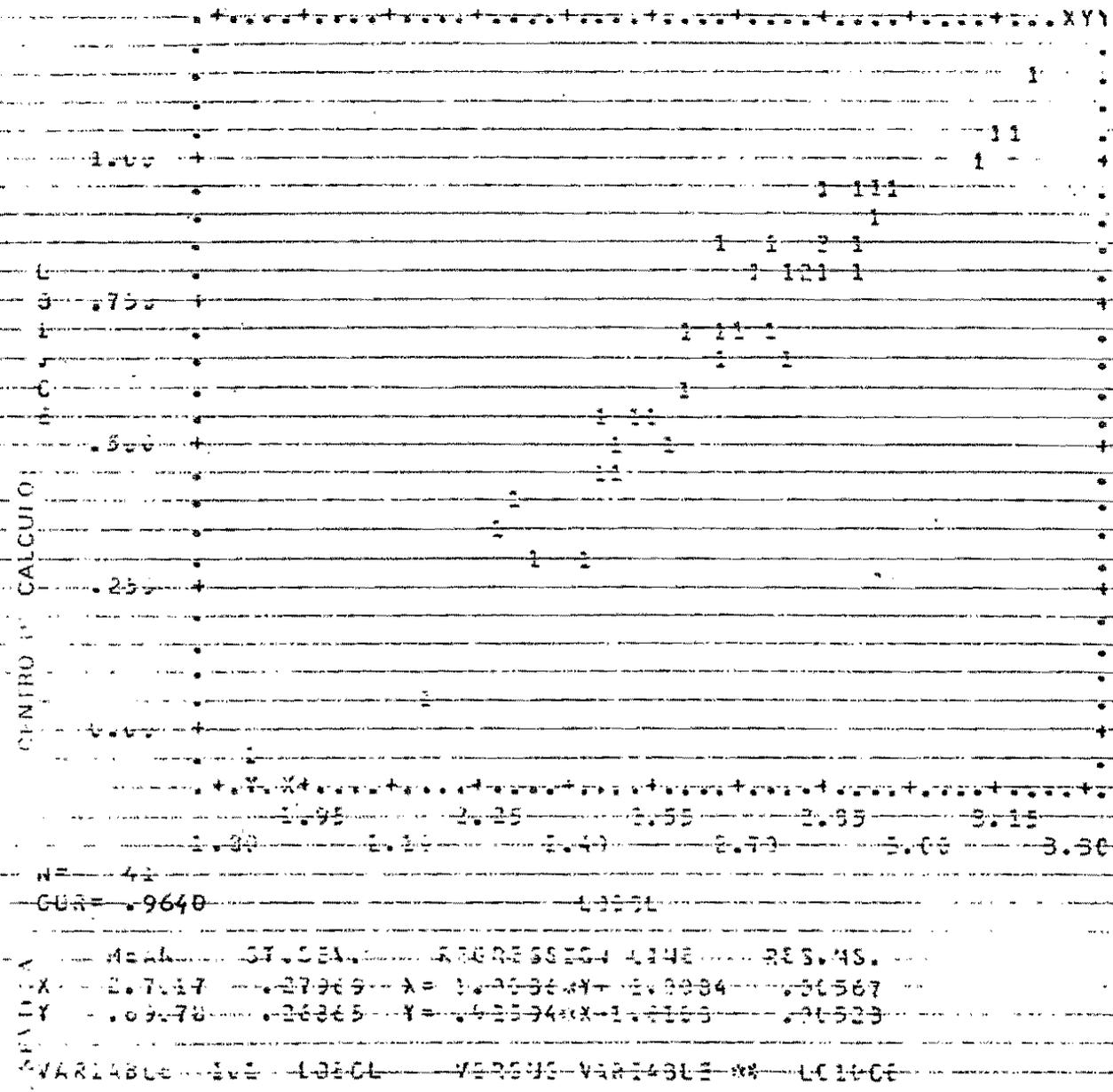


Fig. 14. Predicción de la concentración de Cl<sup>-</sup> en el extracto de saturación a partir de la C.E. 1/10.

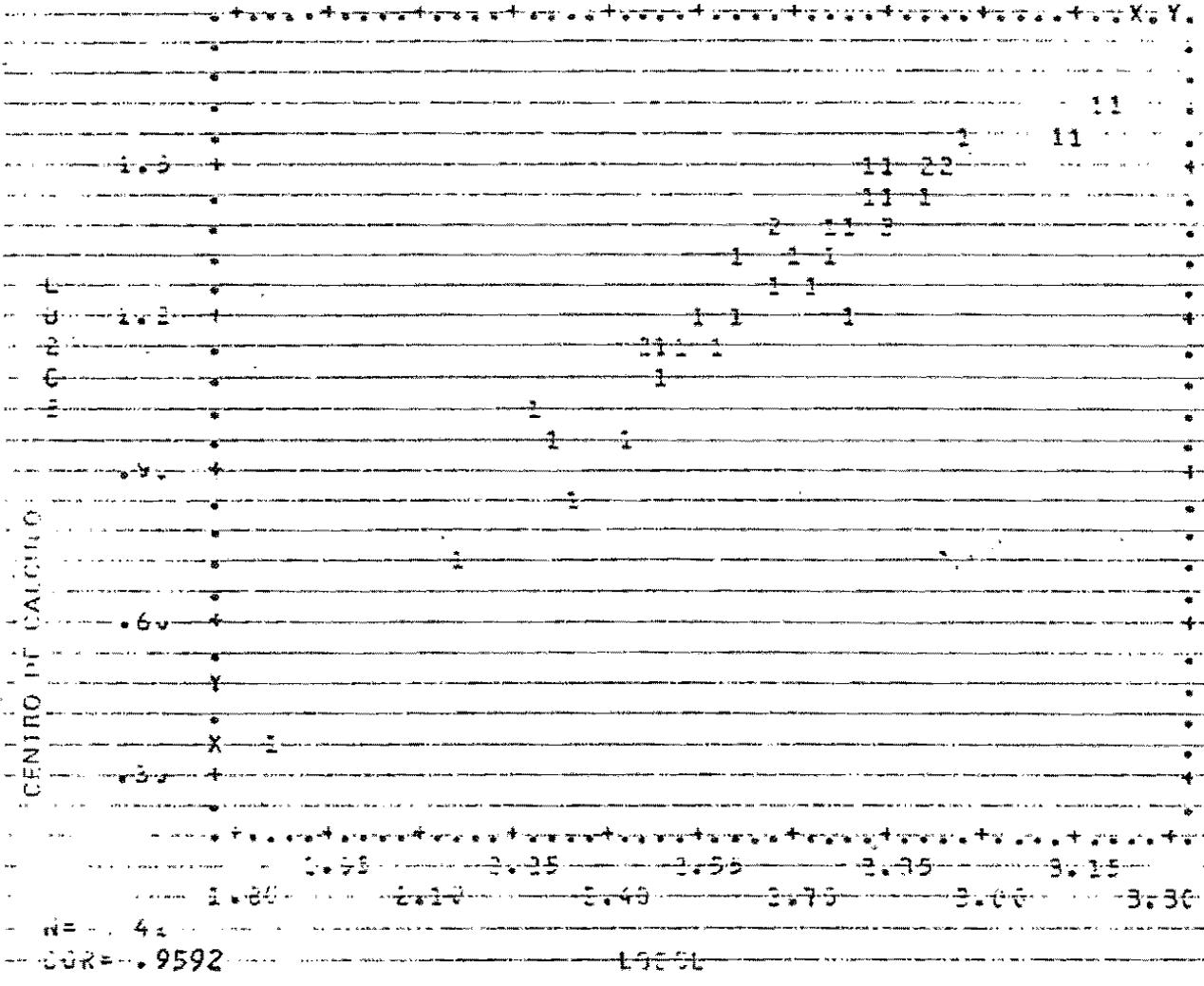
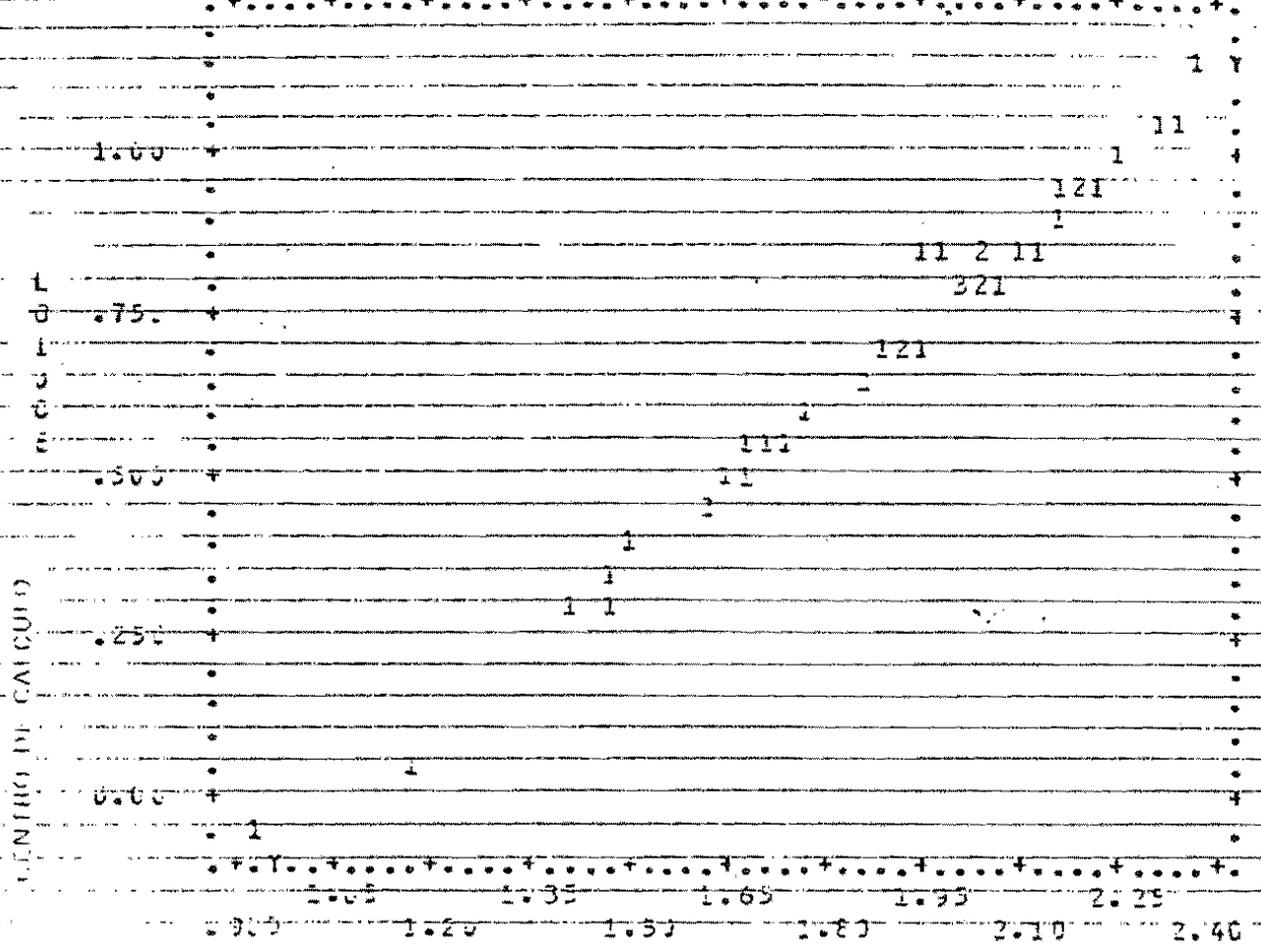


Fig. 15. Predicción de la concentración de Cl<sup>-</sup> en el extracto de saturación a partir de la C.E. 1/2.



N= 41  
COR= .9936

LOSCL

	MEAN	ST. DEV.	REGRESSION LINE	RES. MS.
X	1.3875	.31861	$x = 1.3710 - Y + 1.0796$	.00102
Y	.62078	.26320	$Y = .54559 * X - .31230$	.048E-5
VARIABLE	79	LOSCL	VERSUS VARIABLE **	LC10CF

Fig. 16. Predicción de la concentración de Cl<sup>-</sup> en el extracto 1/5 a partir de la C.E. 1/10.

de saturación). Esto implica que la variabilidad de este catión sólo puede explicarse entre un 67 y 80 % por las variaciones de la C.E.

En el caso del  $\text{SO}_4^{=}$  y  $\text{Ca}^{++}$ , su participación en fenómenos de precipitación, disolución, formación de pares de iones, etc., hace necesario un estudio especial para explicar su comportamiento que cae fuera de los límites de este trabajo. Para el calcio la mejor predicción se logró en el extracto de saturación ( $r=0.86$ ), con un modelo potencial. En extractos más diluidos los modelos exponenciales superaron a los potenciales.

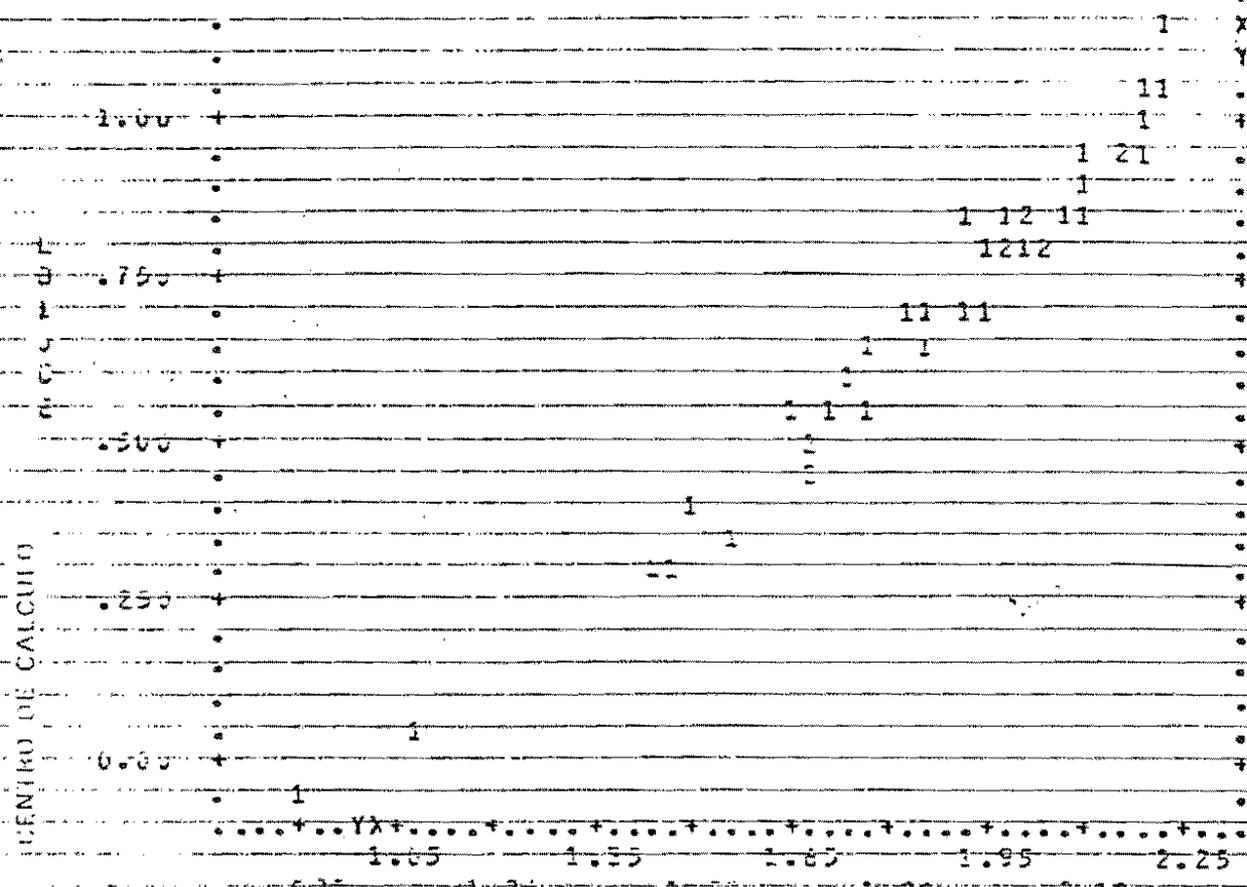
Los coeficientes de correlación para las relaciones C.E. -  $\text{SO}_4^{=}$  oscilaron entre 0.80 y 0.85, ascendiendo primero y descendiendo después con la dilución.

En lo que respecta a la relación  $\text{CE}/\text{CO}_3\text{H}^-$  las correlaciones obtenidas son siempre negativas y nunca con valores predictivos (en valor absoluto no superan el 0.55), aunque sí son estadísticamente significativos.

Los nitratos no guardan relación alguna con la C.E. ni con el resto de las sales.

En otro orden de cosas hemos comprobado que:

- 1º Es posible predecir la concentración de cloruros en un extracto a partir de la C.E. de otro más diluido, con un modelo potencial de  $r > 0.96$ . En el caso de los extractos 1/5 y 1/10,  $r > 0.994$ . Algunos ejemplos se muestran en las Figs. 14, 15 y 16.
- 2º En el caso del sodio las consideraciones son las mismas que para los cloruros, pero con un ajuste algo peor ( $r$  entre 0.967 y 0.992 según el extracto). La evolución con la dilución es similar a la de los cloruros, como se desprende de las Figs. 17, 18 y 19.
- 3º La predicción del Mg, como era de esperar es de peor calidad que las anteriores. Como se desprende del siguiente cuadro sinóptico, la predicción es mejor cuando el extracto cuya concentración de Mg quiere conocerse es más concentrado que el extracto en el que se mide la C.E. Lo cual está de acuerdo con lo que suele buscarse en



N = 41  
 COR = .9839

LOGNA

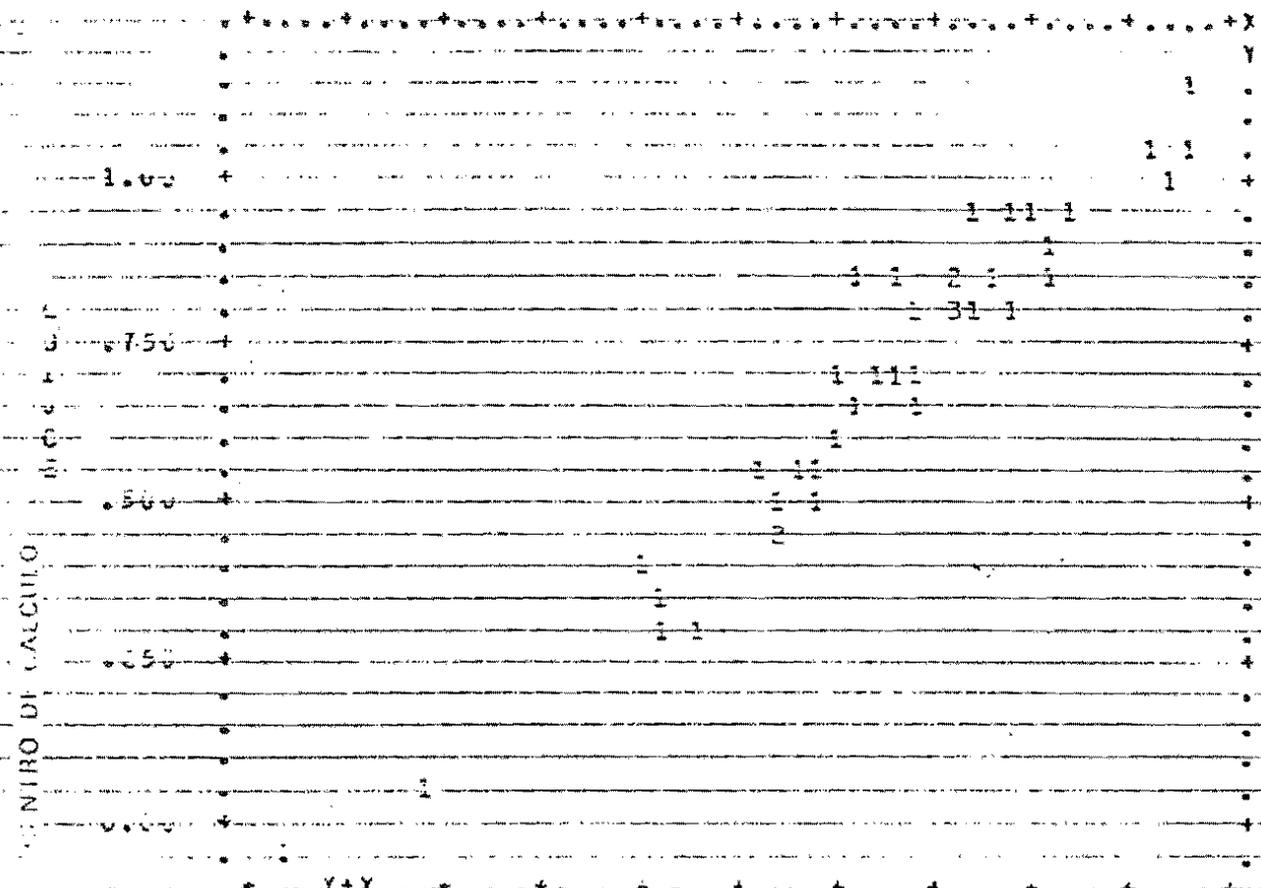
MEAN ST. DEV. REGRESSION LINE RES. MS.  
 X 1.8007 .35458  $\hat{Y} = .0737X + 1.1150$  .00284  
 Y 1.0007 .26365  $\hat{X} = .9745X - .91909$  .00236

VARIABLE 71 LOGNA VERSUS VARIABLE 44 LE10CE

Fig. 17. - Predicción del contenido de sodio en el extracto 1/5 a partir de la C.E. 1/10.



PAGE 49 ANALISIS EXF. SAT BIVARIEDAD



Y+X  
 1.65 1.85 2.10 2.35 2.60 2.85 3.10  
 2.00 2.40 2.70 3.00  
 N= 41  
 CON= .9605  
 MEAN DI. EST. REGRESION LINEA RES. MS  
 X = 2.3273 .28848 X = 1.213609 + 0.9259 .00552  
 Y = 2.59078 .26865 Y = .715518X + 1.7015 .00569

VARIABLE 95 LORNA VERSUS VARIABLE 94 LICROE

Fig. 19. Predicción del contenido de sodio en el extracto de saturación a partir de la C.E. 1/10.

Coefficiente de correlación para la predicción del Mg a partir de  $CE_{1:x}$

Extracto a predecir Mg	Extracto de CE			
	E sat	1/2	1/5	1/10
E sat	0.955 (p)	0.930 (e)	0.927 (p)	0.926 (e)
1/2	0.936 (p)	0.962 (e)	0.945 (e)	0.946 (p)
1/5	0.912 (p)	0.928 (e)	0.943 (e)	0.946 (p)
1/10	0.874 (e)	0.916 (e)	0.928 (e)	0.926 (e)

donde: (e) y (p) son indicadores de los modelos con mejor ajuste

$$p : Mg = a \cdot CE^b$$

$$e : Mg = a \cdot 10^{bx} \quad (x = CE)$$

4º En lo que se refiere al K los modelos que mejor ajusta suelen ser de tipo exponencial. El ajuste máximo obtenido es de  $r=0.90$ , oscilando el resto en torno a 0.80. Aquí las mejores predicciones se logran para extractos diluidos a partir de extractos concentrados, lo cual suele ser de utilidad más limitada que la recíproca. La mejor aproximación al extracto de saturación se logra desde el extracto 1/2 ( $r=0.86$ ).

5º La estimación de la concentración de  $SO_4^=$  a partir de la C.E. de otro extracto alcanza una bondad de ajuste máxima de  $r=0.86$ . La predicción mejora con la proximidad de los extractos en la escala de dilución. La concentración de  $SO_4^=$  en el extracto de saturación se predice con máxima fiabilidad a partir de la CE de los extractos 1/2 y 1/5 ( $r=0.82$  en ambos casos) superando incluso la predicción hecha a partir de la C.E. del propio extracto ( $r=0.796$ ).

- 6º La predicción del  $\text{Ca}^{++}$  a partir de la C.E. presenta un margen de error similar al del  $\text{SO}_4^{=}$ . La predicción mejor del  $\text{Ca}^{++}$  en el extracto de saturación se logra a partir de la C.E. del extracto 1/5 ( $r=0.84$ ), con un modelo de tipo potencial.

### XIII.6 RELACIONES INTER-IONICAS Y SU EVOLUCION CON LA DILUCION

El estudio de las matrices de correlaciones inter-iónicas en cada extracto y la comparación de las correspondientes a los distintos extractos, suministra información de gran interés sobre los fenómenos que ocurren en las soluciones y su evolución con la dilución.

Así, en todos los extractos la máxima asociación se establece entre el  $\text{Cl}^-$  y el  $\text{Na}^+$ . En todos los casos el coeficiente de correlación es igual o superior a 0.99, lo cual pone de manifiesto el predominio del  $\text{ClNa}$  en la salinidad original. En todos los extractos los modelos con mejor ajuste son de tipo potencial.

La asociación entre el  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Mg}^{++}$  es relativamente alta ( $r \approx 0.9$ ) y disminuye con la dilución del extracto. Esto pone de manifiesto la progresiva aparición en solución de  $\text{Mg}^{++}$ , probablemente a partir de  $\text{SO}_4\text{Mg}$  precipitado. El valor máximo de  $r$  para el par  $\text{Cl}^- - \text{Mg}^{++}$  es 0.962 en el extracto de saturación y el mínimo de 0.907 para el extracto 1/10.

En el caso del  $\text{K}^+$  su asociación con el  $\text{Cl}^-$  es máxima para los extractos diluido ( $r$  en torno a 0.9) y decrece con el aumento de la concentración, hasta valores próximos a 1.8. Así mismo, la naturaleza del modelo de ajuste máximo varía de potencial (1/5 y 1/10) a exponencial (1/2 y ES) con el aumento de la concentración.

La relación  $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{=}$  es máxima para el extracto 1/2 ( $r=0.85$ ) y decrece tanto para extractos más concentrados, como para los más diluidos, alcanzando valores próximos a 0.75.

La asociación  $\text{Cl}^- - \text{Ca}^{++}$  se mantiene con la dilución, hasta el extracto 1/2 ( $r=0.86$ ), descendiendo apreciablemente para los extractos más diluidos ( $r$  alrededor de 0.75), probablemente por efecto de la disolución del yeso precipitado.

La relación del  $\text{SO}_4^{=}$  con los distintos cationes se resume en la tabla siguiente:

Coefficientes de correlación  $\text{SO}_4^{=}$ -cationes para los distintos extractos

Cación	Relación				Observaciones
	ES	1/2	1/5	1/10	
$\text{Na}^+$	0.810 (p)	0.860 (p)	0.830 (p)	0.770 (p)	Evolución paralela a la asociación entre $\text{Cl}^-$ y $\text{SO}_4^{=}$
$\text{Ca}^{++}$	0.760 (p)	0.894 (l)	0.947 (l)	0.944 (l)	La correlación mejora con el aumento de la ratio $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{=}$ (ver comentario)
$\text{Mg}^{++}$	0.750 (p)	0.820 (p)	0.820 (p)	0.810 (p)	Evolución paralela a la del $\text{Ca}^{++}$ valores de correlación más bajo
$\text{K}^+$	0.560 (p=e)	0.700 (p)	0.770 (p)	0.750 (p)	Evolución similar a la anterior

donde (p) = modelo potencial  
 (e) = modelo exponencial  
 (l) = modelo lineal ( $y = ax + b$ , variables en escala aritmética)

Como se observa en el cuadro anterior, la asociación del  $\text{SO}_4^{=}$  con los distintos cationes es generalmente mayor en los extractos más diluidos. Para distinguir los fenómenos reales de los artefactos introducidos por la no corrección de humedad en los extractos, de saturación y 1/2, se requiere un análisis adicional que considere este factor.

En el caso del  $\text{Ca}^{++}$ , el aumento de la correlación con la dilución parece indicar que en extractos concentrados, con alta relación  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{=}$ , la asociación entre ambos iones es baja. Sin embargo, a medida que disminuye esta razón el  $\text{Ca}^{++}$  va ya estrechamente ligado al  $\text{SO}_4^{=}$ , pues ambos provienen del yeso que va disolviéndose.

Para extractos diluidos (1/5 y 1/10) puede predecirse bien el  $\text{Ca}^{++}$  y el  $\text{SO}_4^{=}$ , uno a partir del otro, por medio de un modelo lineal simple con  $r = 0.944$ .

Finalmente, en lo que respecta a las relaciones entre los cationes de la solución, resaltar únicamente que la asociación  $\text{Ca}^{++}-\text{Mg}^{++}$  se mantiene constante con la dilución ( $r$  alrededor de 0.8). Lo mismo ocurre con las correlaciones por lo que

### XIII.7 APLICACIONES PRACTICAS DE LAS RELACIONES ESTUDIADAS

De todo lo expuesto se deduce que:

- 1º Podemos conocer con gran fiabilidad ( $r^2 > 0.9$ ) características importantes de un extracto de suelo en función de la C.E. de otro. Entre ellas están: CE, TSS, Fuerza iónica,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ . Los modelos de regresión que mejor predicen estas variables son de tipo potencial.
- 2º Es posible estimar con menor fiabilidad, a partir de la conductividad eléctrica, las concentraciones de  $\text{Mg}^{++}$  ( $r^2$  alrededor de 0.85),  $\text{K}^+$  ( $r^2$  en torno a 0.65),  $\text{Ca}^{++}$  ( $r^2$  alrededor de 0.65) y  $\text{SO}_4^-$  ( $r^2$  en torno a 0.65) en base a modelos simples.
- 3º Hemos constatado que es posible una mejora de las predicciones en base a modelos más complejos, que consideren conjuntamente varios fenómenos o que corrijan algunas fuentes de variabilidad no deseada que interfieren en los modelos simples. Complementando los ejemplos de las pág. presentamos uno adicional en la pág. En él se muestra que el modelo de regresión múltiple para la predicción de la concentración de  $\text{Na}^+$  en el extracto de saturación, a partir de la C.E. del 1/2, tiene un  $r^2=0.9608$ , frente a un  $r^2=0.9350$  que presentó el modelo simple.
- 4º Por otro lado, existe evidencia de que es posible mejorar la predicción de algunos iones considerando parámetros derivados, por ej. el índice de concentración ( $\text{IC}=\text{TSS}/\text{CE}$ ) que guarda una estrecha relación con los niveles de  $\text{SO}_4^-$  y, por extensión, con los de  $\text{Ca}^{++}$  (Fig. 21); el  $\text{SO}_4^-$  guarda una relación notable con una combinación lineal (doble logarítmica) del TSS y el  $\text{Cl}^-$  (Fig. 22). Así mismo, es posible predecir las concentraciones de iones poco relacionados con la CE a partir de la de otros de más fácil determinación, evaluados en otro extracto (tal es el caso del  $\text{SO}_4^-$  y  $\text{Ca}^{++}$ ). En todo caso, siempre es posible estimar, con  $r^2$  mayor de 0.90, la concentración de un ión en un extracto a partir de su concentración en otro.
- 5º La posibilidad de estimar con precisión las características químicas de un extracto en función de un parámetro de otro se traducirá en un ahorro en el número de determinaciones a realizar, especialmente en

los trabajos de seguimiento de la dinámica de las sales en el tiempo, que obligan a un muestreo repetido de los mismos puntos. Por otro lado, mientras no se constaten cambios en las relaciones fundamentales entre las sales, pueden realizarse las determinaciones completas en un porcentaje reducido de las muestras. Asimismo, la interconversión de datos que permiten las ecuaciones facilitarán la homogenización de resultados obtenidos en otros trabajos realizados, en últimos 50 años, en áreas colindantes, muchos de los cuales difieren en las relaciones suelo/agua empleadas o en el modo de caracterización de la salinidad.

Esperamos que la investigación de los comportamientos iónicos en los diferentes extractos, la toma en consideración de los fenómenos de disolución-precipitación y pares de iones, el estudio estadístico de las propiedades de cambio y su relación con las de la solución, la aplicación más extensa de los modelos de regresión múltiple y polinomial, etc., permitan optimizar y aumentar la fiabilidad de los aquí presentados.

GE 5  
 MOPR - MULTIPLE LINEAR REGRESSION  
 11-JUN-86 AT 17:56:47  
 REGRESSION TITLE IS  
 PREDICCIÓN ECÉ EN FUNCIÓN DE XCE Y FS

DEPENDENT VARIABLE. . . . . 93 LOENA  
 TOLERANCE . . . . . 0.0100  
 ALL DATA CONSIDERED AS A SINGLE GROUP

MULTIPLE R 0.9802 STD. ERROR OF EST. 0.0576  
 MULTIPLE R-SQUARE 0.9808

ANALYSIS OF VARIANCE

	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F RATIO	P(TAIL)
REGRESSION	3.0395	2	1.5442	465.961	0.0000
RESIDUAL	0.1257	38	0.0033		

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. RES COEFF	T	P(2 TAIL)	TOLERANCE
INTERCEPT	2.83397					
OZCE 107	1.12354	1.03931	1.033	29.722	0.0000	0.85393
OPS 106	-0.77017	1.15542	-0.171	-4.921	0.0000	0.85393

NUMBER OF INTEGER WORDS OF STORAGE USED IN PRECEDING PROBLEM 3714  
 CPU TIME USED 0.450 SECONDS

FIG 20 - Predicción de la concentración de  $NO_2^+$  en el extracto  
 de saturación en función de la CE ( $1/2$ )



MULTIPLE LINEAR REGRESSION  
 JUN-88 AT 1:14:03  
 REGRESSION TITLE IS  
 SIGCHIEN SO4 EN-FUNCION TSS Y CL

DEPENDENT VARIABLE . . . . . 81 LOSS04  
 TOLERANCE . . . . . 0.0100  
 DATA CONSIDERED AS A SINGLE GROUP

MULTIPLE R . . . . . 0.9491      STD. ERROR OF EST. . . . . 0.1080  
 MULTIPLE R-SQUARE . . . . . 0.9703

ANALYSIS OF VARIANCE

	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F-RATIO	P(TAIL)
REGRESSION	4.0293	2	2.0146	172.621	0.0000
RESIDUAL	0.4435	33	0.0117		

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. RES	T	P(2 TAIL)	TOLERANCE
PERCENT	-1.55027					
UNSS 161	-4.59324	1.46896	4.129	-3.788	0.0000	0.01532
SLC 79	-3.48085	1.43581	-3.261	-3.788	0.0000	0.01532

NUMBER OF INTEGER WORDS OF STORAGE USED IN PRECEDING PROBLEM 3704  
 CPU TIME USED 0.470 SECONDS

Fig 22 - SO4 en funcion de TSS y Cl para el abstracto p. 5

#### XIV. CONCLUSIONES

- 1ª La topografía de la zona estudiada es extremadamente plana, no permitiendo la fotointerpretación estereoscópica para la diferenciación de unidades cartográficas de suelos, en base a variaciones del relieve.
- 2ª No obstante lo anterior, los suelos guardan una estrecha relación con la microtopografía del terreno, pudiéndose diferenciar por este elemento los Lucios, Caños y Vetas con ayuda del plan topográfico 1:5.000.
- 3ª La vegetación y sus variaciones dependen de las pequeñas diferencias topográficas, siendo el elemento de campo de mayor utilidad para la diferenciación de la unidades de mapeo.
- 4ª Independientemente de que pueden haber variaciones en la vegetación anual, por variaciones de la pluviometría, al estudiarse varios años puede considerarse para fines prácticos como constante, en las unidades de mapeo que se establezcan.

- 5ª Las diferentes especies vegetales y/o su ciclo de desarrollo en las anuales, está en dependencia de las inundaciones, siendo indirectamente una causa de tal variación el contenido de sales en los horizontes superficiales.
- 6ª Las diferentes asociaciones de la vegetación dan tonalidades de color y formas fácilmente delimitables en la mayoría de los casos. En ocasiones similares estructuras en las fotos son de unidades disímiles, pudiéndose diferenciar con ayuda del mapa topográfico, unidad a la que está asociada y en última instancia con las observaciones de campo.
- 7ª Hay diferencias en los contenidos de sales de las aguas freáticas, dentro de la profundidad estudiada (1,1 - 2,2 m). Los valores menores de sales están en la proximidad al Brazo La Torre, seguido por el Caño Travieso y los más altos en los Pasiles, Vetas y Quebradas.
- 8ª Hay variaciones en la profundidad del manto freático en las distintas unidades y con variable influencia en la dinámica de las sales. En la veta las variaciones en los contenidos de sales, durante un año, están alrededor de los primeros 50 cm y en las restantes unidades alrededor de 30 cm.
- 9ª El tipo de salinidad, tanto en las aguas freáticas como en la solución del suelo, es clórica-sódica.
- 10ª Con la aplicación de la informática, a los resultados de sales en la solución del suelo, es posible obtener ecuaciones predictivas de gran uso práctico.
- 11ª En el área del transecto hay diferencias texturales y características morfológicas de los perfiles con rangos de variaciones poco marcados, siendo el contenido de sales el elemento más contrastante.

- 12<sup>a</sup> Es necesario ampliar el número de determinaciones realizada e incluir otras en la continuación futura del trabajo.
- 13<sup>a</sup> Todas las determinaciones futuras que se realicen deben ser homogéneas en cuanto a la toma de muestras y métodos para su cuantificación.
- 14<sup>a</sup> Cuando estén concluidos los trabajos de caracterización de los suelos y su dinámica en el año, se podrán relacionar con los factores del medio que la provocan, con un detalle suficiente para poder predecir el futuro de la vegetación y fauna que sustenta y paralelamente dar las mejores opciones de manejo del área, para los fines propuestos en el Parque.

XV. BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, F. 1971. Ionic concentrations and activities in soil solutions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 35.
- ALLIER, C.; BRESSET, V.; LACOSTE, A. y GONZALEZ-BERNALDEZ, F. 1978. Le Marisme de la Reserve Biologique de Doñana (Espagne). Monografía 18. M<sup>o</sup> de Agricultura. ICONA.
- BAONZA, E.; PLATA, A. y SILGADO, A. 1981. Hidrología isotópica de las aguas subterráneas del Parque Nacional de Doñana y zona de influencia. Servicio de Aplicaciones Nucleares del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid, 171 pp.
- BELLAS RIVERA, R. 1982. Basic information about the marshes at the low Guadalquivir river (Sevilla - Spain). Polders of the Wold. Vol. 1. Oct. 1982 - NL.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. Fitosociología. Ediciones Blume. Madrid.
- BRESLER, E.; McNEAL, B.L. y CARTER, D.L. 1982. Saline and Sodic Soils
- CASTROVIEJO, S. y COELLO, P. 1980. Datos cariológicos y taxonómicos sobre la Salicorniinae A.J. Scot ibericas. Anales del Jardín Botánico de Madrid 37 (1): 41-73.
- CASTROVIEJO, S. y CIRUJANO, S. 1980. Sarcocornietea en la Mancha (España). Anales del Jardín Botánico de Madrid 37 (1): 143-154.

- CASTROVIEJO, S. y col. 1980. Novedades florísticas de Doñana. Anales del Jardín Botánico de Madrid 36: 203-244.
- CLEMENTE, L. y col. 1983. Dinámica geomorfológica de los Llanos de Apure (Venezuela). VI Reunión del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario. Santiago.
- COTA GALAN, H.; GARCIA NOVO, F. y POU ROYO, A. 1977. Estudio de las marismas del Parque Nacional de Doñana, utilizando imágenes del satélite ERTS I. Bol. Est. Centr. Ecología. Inst. Const. Nat. (ICONA), 6(12): 29-40.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. 1983. Hidrología subterránea. 2 Tomos, Omega, S.A. 2347 pp.
- F.A.O. 1970. Estudio hidrogeológico de la cuenca del Guadalquivir. Informe técnico núm. I. AGL:SF/SPA 9. Roma, 115 pp.
- F.A.O. 1972. Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la Cuenca del Guadalquivir. Anteproyecto de transformación en regadío de la zona Almonte-Marismas (margen derecha). Informe técnico I. AGL:SF/SPA 16. Madrid, 2 vol. 163 pp.
- F.A.O. 1973. Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la Cuenca del Guadalquivir. Finca Piloto "Las Marismas". Informe técnico 6. AGL:SF/SPA 16. Roma, 137 pp.
- F.A.O. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. (segunda edición). Roma.
- FONT QUER, P. y col. 1953. Diccionario de Botánica. Ed. Labor. Barcelona.
- GARCIA ROLLAN, M. 1981. Claves de la Flora de España (Península y Baleares). 2 vol. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona.
- GONZALEZ-BERNALDEZ, F.; RAMIREZ DIAZ, L.; TORRES MARTINEZ, A. y DIAZ PINEDA. 1977. Estructura de la vegetación de Marisma de la Reserva Biológica de Doñana (Huelva).
- GONZALEZ GARCIA, F. y CHAVES SANCHEZ, M. 1956. Contribución al estudio de los suelos salinos de la zona baja del Guadalquivir. I. An. Edaf. y Fisiol. Veg., 15 (2): 115-160.
- GRANDE COVIAN, R. y BELLOS RIVERA, R. 1960. The evolution et marshland vegetation in consequence et decreased salinity. Publicaciones del IV Congreso Internacional de Riegos y Drenaje. Madrid.

- GRANDE COVIAN, R. 1967. Las Marismas del Guadalquivir y su rescate. Est. Min. Agric. Inst. Nac. Colón (I.N.C.), 5 (29): 62 p.
- GRANDE COVIAN, R. 1973. Las Marismas del Guadalquivir. Drenaje subterráneo como medio de saneamiento de suelos salinos y alcalinos. Boletín IRYDA, M<sup>º</sup> de Agricultura.
- GRANDE COVIAN, R. 1976. Experiencias en España con el drenaje subterráneo. Estudios sobre riego y avenamiento. El drenaje de los suelos salinos. FAO, Roma.
- GRANDE COVIAN, R. 1978. El estuario del Guadalquivir y su problemática agrosocial. I.R.Y.D.A. (Min. Agricultura): 47 p.
- GRIFFIN, R.A. y JURINAK, J.J. 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. Vol. 116. No. 1.
- HEYWOOD y col. 1976. Flora Europea. Vol. V. Cambridge University Press.
- HEYWOOD y col. 1966. Flora Europea. Vol. I. Cambridge University Press.
- I.G.M.E. 1983. Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno. Colección informe. Madrid, 120 pp.
- I.R.Y.D.A. 1976. Informe final de sondeos de la zona regable de Almonte-Marismas (Huelva-Sevilla). Memoria, Anejos y Planos. Sevilla, 110 pp.
- LEYVA, F. y PASTOR, F. 1975. Mapa Geológico de España. E: 1:50.000. Palacio Doñana. 1033. 2ª serie I.G.M.E.
- LEYVA, F. y PASTOR, F. 1976 a. Memoria Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. El Abalarío, 1017. 2ª serie I.G.M.E. 1ª ed.: 34 p.
- LEYVA, F. y PASTOR, F. 1976 b. Memoria Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. El Rocío. 1018. 2ª serie I.G.M.E. 1ª ed. 38 p.
- LEYVA, F. y RAMIREZ, J. 1976. Memoria del Mapa Geológico de España, 1:50.000. Sanlúcar la Mayor. 983 (2ª serie). I.G.M.E.
- LE BRUSQ, J.Y. y LOYER, J.Y. 1982. Relations entre les mesures de conductivités sur des extraits de sols de rapports sol/solution variables, dans la vallée du fleuve Sénégal. Soil Science. Vol. XIX. No. 3.

- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona.
- MARION, G.M. y BABCOCK, K.L. 1976. Predicting specific conductance and salt concentration in dilute aqueous solutions. *Soil Science*, Vol. 122. No. 4.
- MENANTEAU, L. 1980. *Les Marismes du Guadalquivir. Exemple de transformation d'un paysage alluvial au cours du Quaternaire recente*. Tesis (36. cycle). Universidad de Paris-Sorbonne. 2 Tomos.
- M.O.P.U. 1979. Informe hidrogeológico y de recursos hidráulicos desagües y vertidos y posibles incidencias de los mismos en el Parque Nacional de Doñana. Direc. Gral. de Obras Hidráulicas. Madrid.
- MONTES, C.; AMAT, J.A. y RAMIREZ-DIAZ, L. 1982 a. Distribución temporal de las características físico-químicas y biológicas de las aguas de algunos ecosistemas acuáticos del Bajo Guadalquivir (SW España) a lo largo de un ciclo anual. *Anales de la Univ. de Murcia*, vol. XXXVIII, nº 1-4. Fac. Ciencias. Curso 1979-80.
- MONTES, C.; AMAT, J.A. y RAMIREZ-DIAZ, L. 1982 b. Ecosistemas acuáticos del Bajo Guadalquivir (SW España). I. Características generales, físico-químicas y biológicas de las aguas. *Studia Oecologica*, III, pp. 129-158.
- MONTES, C.; AMAT, J.A. y RAMIREZ-DIAZ, L. 1982 c. Ecosistemas acuáticos del Bajo Guadalquivir (SE España). II. Variación estacional de los componentes físico-químicos y biológicos de las aguas. *Studia Oecologica*, III, pp. 159-180.
- MURILLO, J.M. 1981. La marisma del Guadalquivir como zona natural de pastoreo. II. Vegetación espontánea.
- PAHAUT, P.E. 1968. Utilisation des travaux de Pedologie de I.N.C. et C.E.B.A.C. dans la bonification des sols salines de las Marismes del Guadalquivir. Informe Técnico F.A.O. - I.G.M.E.
- PONNAMPERUMA, F.N.; TIANCO, E. y LOY, T. 1966. Ionic strengths of the solutions of flooded soils and other natural aqueous solutions from specific conductance. *Soil Science*, Vol. 102, No. 6.
- RISSEUW, I.A. 1972. Relación entre la permeabilidad, la salinidad y la vegetación natural de 15.000 ha de la zona norte de las Marismas de Hinojos (Huelva) y Aznalcázar (Sevilla). Proyecto Guadalquivir. F.A.O.
- RIVAS MARTINEZ, S.; COSTA, M.; CASTROVIEJO, S. y VALDES, E. 1980. Vegetación de Doñana (Huelva-España). *Lazaroa*, 2: 5-190.

- RODRIGUEZ AREVALO, J. 1984. Estudio Hidrogeológico de la zona de contacto entre los depósitos eólicos y de marisma en el Area de Doñana (La Vera-Retuerta). Tesis de Licenciatura. Univ. Autónoma de Madrid.
- SILJESTRÖM, P. 1985. Geomorfología y Edafogénesis de las Arenas del Parque Nacional de Doñana. Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.
- TANJI, K.K. 1969. Predicting Specific Conductance from Electrolytic Properties and Ion Association in Some Aqueous Solution. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol. 33.
- TENAJAS, J. 1984. Contribución a la hidrogeología e hidrogeoquímica de las marismas del Parque Nacional de Doñana con aplicación del análisis de imágenes Landsat. Tesis de Licenciatura.
- U.S.D.A. 1975. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S.D.A. Agric. Handbook 436, U.S. Govm. Printing Office, Washington D.C.
- VALVERDE, J.A. 1960. Vertebrados de las Marismas del Guadalquivir. Arch. Inst. Actimat. Almería, 9: 1-168.
- VALVERDE, J.A.; DIAZ DE LOS REYES, A. y TORRES FAGUAS, J. 1978. Coto de Doñana. Ed. Olivo, 129 pp.
- VANNEY, J. 1970. L'hydrologie du Bas Guadalquivir. Publ. Depto. Geografía Aplicada. C.S.I.C. Madrid, 176 pp.