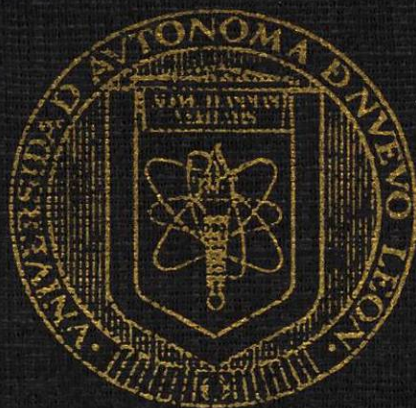


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**ESTUDIO SOBRE LA DISTRIBUCION Y CONTENIDO DE  
CARBONATOS DEL SUELO, EN EL EJIDO "PALMA PEGADA"  
MPIO. DE SALINAS DE HGO., S.L.P.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**P R E S E N T A :**

**JESUS VAZQUEZ ZUNIGA**

T

S593

V3

C. 1



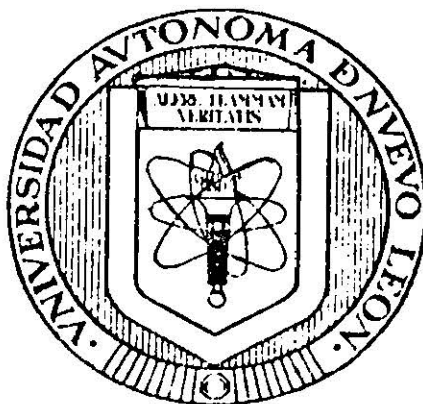


1080063161

# **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

---

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO SOBRE LA DISTRIBUCION Y CONTENIDO DE  
CARBONATOS DEL SUELO, EN EL EJIDO "PALMA PEGADA"  
MPIO. DE SALINAS DE HGO., S.L.P.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A :

**JESUS VAZQUEZ ZUNIGA**

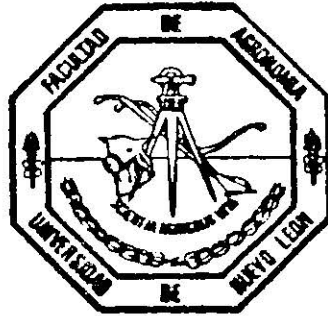
MARIN, N.L.

OCTUBRE 1989

10090



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO SOBRE LA DISTRIBUCION Y CONTENIDO  
DE CARBONATOS DEL SUELO, EN EL EJIDO "PALMA PEGADA".  
MPIO. DE SALINAS DE HGO., S.L.P.

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JESUS VAZQUEZ ZUNIGA

MARIN, N.L.

OCTUBRE DE 1989

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

TESIS

'ESTUDIO SOBRE LA DISTRIBUCION Y CONTENIDO  
DE CARBONATOS DEL SUELO, EN EL EJIDO "PALMA PEGADA",  
MPIO. DE SALINAS DE HGO., S.L.P."

Elaborada por:

**JESUS VAZQUEZ ZUNIGA**

Aceptada y aprobada como requisito parcial  
para obtener el título profesional de:  
**INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

Comité Supervisor de Tesis:

Director principal (externo):

DR. JOSE H. ADAN GOMEZ

Presidente:

ING. RONALD J. LECEA JUAREZ

Secretario

DR. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO

Vocal:

MC FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUITVEL



El presente trabajo se realizó en el Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas del Colegio de Postgraduados (CREZAS-CP), ubicado en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí; dentro del Programa de Tesis de Licenciatura en Agronomía y Biología, bajo la Dirección y Asesoría del Dr. José H. Adán Gómez.

## DEDICATORIA

Al Creador por permitirme ser

A mis Padres: Ma. Guadalupe Zúñiga  
Anastasio Vázquez  
-Seres que con su cariño y apoyo me han dado todo.

A mis Hermanos: Paty, Alma, Javi, Carmen, David.  
Juan, Sonia, Norma, Rubi, Irma y Doris.  
-Por la fortuna de compartir tristezas y alegrías en la vida, creciendo unidos por nuestras ilusiones y realidades. Porque a través de sus miradas enriquecen mis deseos de buscar y encontrar

A mis Abuelos: Ma. del Carmen Mendoza  
(+) Catarino Vázquez  
Cecilia Quiñones  
J. Guadalupe Zúñiga  
-Por el privilegio de compartir su cariño y experiencias

-A mis Tíos y Tías, en especial a Catarino Vázquez por su apoyo.

-A la Sra. Maximina Vigil por su incondicional apoyo durante mi estancia en la Universidad.

-A Elida Vázquez porque con sus enseñanzas inculcó en mi el espíritu de superación.

-A mis Primos(as) por las vivencias que nos unen.

-A tí con quien comparto los retos y logros del presente y junto a quien espero conquistar mis futuras satisfacciones.

-A los Seres Humanos que cumplen, sin limitar su existencia a ser individuos pasivos, trascendiendo en la vida sin más satisfacción que la alegría de vivir y dejar un mundo mejor.



## A G R A D E C I M I E N T O S

-Al Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas del Colegio de Postgraduados (CREZAS-CP) por su apoyo material y humano brindado en la realización del presente trabajo.

-A la Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, por permitir mi formación profesional y el conocimiento de la flama de la verdad.

-Al Departamento de Fitotecnia de la FAUANL, por las facilidades otorgadas en el presente trabajo, en especial al MC J. Elías Treviño.

-Al Dr. José H. Adán Gómez, autor intelectual del proyecto y cuya acertada dirección permitió su realización.

-Al Dr. Benjamín Figueroa Sandoval, Director del CREZAS-CP, por la confianza otorgada para el desarrollo del presente trabajo.

-Al MC José Isabel Méndez Pérez, por su amistad y apoyo.

-Al Ing. Ronald J. Lecea Juárez, asesor interno de la FAUANL por sus atinadas sugerencias.

-Al Dr. Rigoberto E. Vázquez Alvarado, integrante de la comisión revisora, por su incondicional participación.

-Al MC Francisco Rodríguez Esquivel, por la disponibilidad mostrada como participante en la comisión revisora de tesis.

-Al MC José Matilde Rodríguez Olvera, por el apoyo brindado en el análisis estadístico y en el manejo de la computadora.

-Al Sr. Merardo Contreras por su ayuda en el trabajo de campo.

-A los Ex-FAUANL compañeros y amigos, junto a quienes obtuve una victoria concientes de que aún quedan muchas por conquistar: Francisco Martínez, Francisco Vázquez, Francisco Reséndez, Oscar, Ruperto, Marcelo, Sergio, Luis, Sandra, Roberto, Mirthala, Benjamín, Rogelio, Jesús, Rosy, Martha, Josefa, en fin a todos aquellos que me brindaron su amistad en la Facultad.

-A los compañeros de responsabilidades y logros del CEE 87-88.

-A los amigos y compañeros del CREZAS-CP por la satisfacción de conocerlos y con quien compartí momentos imperecederos: Verónica, Angeles, Adrián, Benjamín, Alex, Oliverio, Erasmo, Rafael, Daniel, Isaías, Luis Antonio, César, Felipe, Ismael, Alejandro, Andrés y Heriberto.

-A las Sritas. Lety, Norma y Martha por la disposición y amabilidad mostrada para la culminación de las diferentes fases del trabajo.

-A la Sra. Ma. Guadalupe Estrada por su excepcional labor de mecanografía del escrito en las diferentes etapas, hasta lograr el presente escrito.

-Al personal del CREZAS-CP.

-A todas las personas que con su actitud permitieron la realización del presente trabajo.



4.1.1	Localización	32
4.1.2	Clima	32
4.1.3	Vegetación	34
4.1.4	Geología	34
4.1.5	Suelos	36
4.1.5.1	Tipo de suelo	36
4.1.5.2	Uso de suelo	37
4.2	Metodología	37
4.2.1	Uso de un método simple para la cartografía de suelos	40
4.2.2	Observación del paisaje	40
4.2.3	Muestreo de suelo preliminar	45
4.2.4	Descripción de perfiles y muestreo con barrena	45
4.3	Determinaciones en laboratorio	48
4.4	Análisis estadístico	48
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
5.1	Caracterización química de los sitios de muestreo	49
5.2	VARIABLES bajo estudio	50
5.2.1	Distribución de carbonatos	53
5.2.2	Contenido de carbonatos	55
5.2.3	Distribución de carbonatos - topografía	58
5.2.4	Contenido de carbonatos - topografía	60
5.2.5	Distribución de carbonatos - tipo de suelo	63
5.2.6	Contenido de carbonatos - tipo de suelo	67
5.2.7	Distribución de carbonatos - uso del suelo	70
5.2.8	Contenido de carbonatos - uso del suelo	74
5.2.9	Distribución de carbonatos - profundidad	77



5.2.9.1	Contenido de carbonatos - profundidad	78
5.3	Análisis estadístico	81
VI.	DISCUSION GENERAL	82
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
VIII.	RESUMEN	87
IX.	VALIDEZ DE LA HIPOTESIS	90
X.	LITERATURA CITADA	91
XI.	APENDICE	94

## INDICE DE FIGURAS

Fig. No.		Página
1.1	Factores de la formación del suelo.	4
1.2	Relación entre la precipitación y la profundidad del horizonte endurecido de carbonatos en los suelos loess.	18
1.3	Equilibrio de el pH en la actividad del $\text{CO}_3^{=}$ en equilibrio con 0.0003 atm de $\text{CO}_2$ (g).	22
4.1	Localización geográfica del área de estudios del CREZAS-CP.	33
4.2	Mapa geológico del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (CETENAL, 1971).	35
4.3	Tipo de suelo (FAO/UNESCO) en el área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (CETENAL, 1971).	38
4.4	Uso del suelo en el ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (CETENAL, 1971).	39
4.5	Curvas a nivel en el área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	41
4.6	Trazo de líneas paralelas en el mapa topográfico (1:50,000) del área de estudio. De acuerdo a método de Ortiz (1985).	42
4.7	Perfil topográfico del área de estudio, según las líneas paralelas trazadas en la Fig. 4.6.	43
4.8	Areas delimitadas en la zona de estudio.	44
4.9	Ubicación de los muestreos realizados en el ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	46
5.1	Comportamiento de la profundidad del suelo en el área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	54
5.2	Localización de perfiles y barrenas realizados en el ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	57
5.3	Distribución de carbonatos de acuerdo con la topografía.	59
5.4	Contenido y distribución de carbonatos totales expresado como promedios en los perfiles	61
5.5	Comportamiento de el contenido de carbonatos (%) respecto a la altitud.	64
5.6	Comportamiento del contenido de carbonatos para cada una de las áreas delimitadas en el ejido "Palma Pegada.	65

5.7	Comportamiento del contenido de carbonatos por tipo de suelo.	72
5.8	Representación gráfica de el contenido de carbonatos promedio para cada uso del suelo.	75
5.9	Comportamiento de el contenido de carbonatos respecto a la variable profundidad.	80
11.1	Aparato para la medición de carbonatos (método manométrico).	98
11.2	Representación gráfica de el contenido de carbonatos en cada uno de los perfiles realizados en el ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	105
11.3	Diagrama de la metodología utilizada en la realización del presente trabajo.	110

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1.1	Etapas de la acumulación de carbonatos.	17
5.1	pH y C.E. en capas de algunos perfiles y barrenas realizados en suelos del área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	51
5.2	Contenido de carbonatos (%) en capas de algunos perfiles y barrenas realizadas en suelos del área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	52
5.3	Contenido de carbonatos en suelos del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P., expresado como promedios del total en cada perfil y de las dos primeras capas.	79
5.4	Contenido de carbonatos promedio máximo en cada área, de acuerdo al tipo de suelo.	79
11.1	Algunas características de los perfiles de los suelos en las áreas bajo estudio del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (descripción de campo).	99
11.1.1	Algunas características de los muestreos con barrenas de los suelos en las áreas bajo estudio del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (descripción de campo).	102
11.2	Caracterización del suelo para cada perfil realizado en el área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.	104

## I. INTRODUCCION

Debido a que más del 50% de la superficie total del territorio nacional está constituida por zonas áridas y semiáridas, desde el punto de vista agrícola resulta necesario un mayor conocimiento de las características tanto físicas como químicas de los suelos de dichas zonas, a través del desarrollo de estudios in situ.

El éxito de dichos estudios para un conocimiento más profundo de las características mencionadas, así como el de los factores que de terminan su uso, ayudarán en el mantenimiento y mejoramiento de su fertilidad.

Aunque las zonas indicadas son consideradas de una gran riqueza agrícola potencial, la información existente sobre otros factores, diferentes del agua que influyen sobre su fertilidad es limitada.

Por ello, lo anterior se debe considerar un problema en estudio constante así como por sus implicaciones en la producción de alimen tos en las zonas áridas y semiáridas de México.

Dentro de las particularidades de estos suelos se menciona que la acumulación de carbonatos en uno o más horizontes es característico (Dregne, 1976), presentándose esto en el área de estudio del CREZAS-CP. Por lo anterior, dicha particularidad es de mayor importancia agronómica, por el papel que juegan en la disponibilidad de nutrien tes para los cultivos en zonas donde la humedad es la mayor limi tante.

En base a las consideraciones mencionadas, el presente trabajo pre tende generar información sobre la distribución y contenido de carbo natos en los suelos del ejido 'Palma Pegada', Mpio. de Salinas de

Hgo., S.L.P., con el fin de que haya un uso más racional de las áreas agrícolas de dicho ejido.

Asimismo se busca que los resultados obtenidos y la metodología considerada sean de utilidad en estudios posteriores sobre la presencia de carbonatos en el suelo en zonas con características similares.



## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del estudio del suelo

El suelo es uno de los factores más significativos en la vida del hombre por su efecto directo en la agricultura, y paradójicamente el menos conocido en nuestro medio, resultando indispensable el conocimiento de este recurso para la planeación del desarrollo (Ortiz, 1985).

En todo estudio tendiente a la caracterización del suelo es importante considerar aspectos que permitan un conocimiento mayor de los procesos de su formación; así como de las diferencias y similitudes entre el estado de sus perfiles actuales.

El estudio del perfil del suelo es importante ya que proporciona, información de las características físicas y químicas del suelo y su evolución, lo que permite obtener datos que orienten a su utilización, de acuerdo a dichas características (Buckman y Brady, 1977).

#### 2.1.1 Factores de formación del suelo

Buckman y Brady (1977) mencionan que en la formación del suelo actúan efectos meteorizantes, tanto físicos como químicos, así como constructivos y destructivos. Estos son, sin embargo, sólo manifestaciones activas de un número de factores que controlan ampliamente el desarrollo del suelo. Cinco de estos factores se mencionan a continuación:

- 1) Naturaleza del material (textura, estructura, composición química y mineralógica),
- 2) Clima (particularmente la temperatura y las lluvias),
- 3) Organismos vivientes (sobre todo la vegetación nativa),
- 4) Topografía de la región, y

5) Tiempo que los materiales originales han estado sujetos a la forma  
ción del suelo.

En la Figura 1.1. se muestra-un diagrama de los factores mencionados,  
anteriormente.

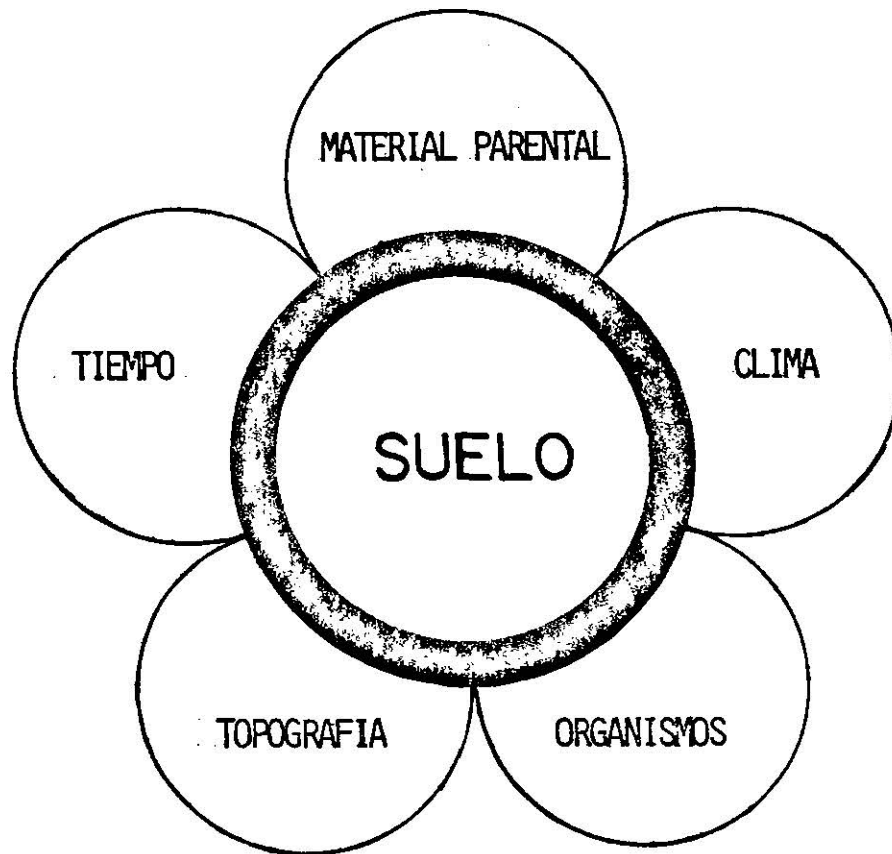


Fig. 1.1. Factores de la formación del suelo (tomado de Fitzpatrick, 1978).

1) Material madre o material parental

Jenny (1941) define material madre "como el estado inicial del sis  
tema del suelo". Aunque esta definición no se cuestiona, frecuente  
te se dificulta su interpretación al determinar el estado inicial del

suelo. En numerosos casos las características originales del material han sido cambiados marcadamente por un largo período de formación del suelo.

La materia mineral heredada de la roca recibe el nombre de material de origen o madre del suelo, porque es el principal ingrediente a partir del cual se forman la mayoría de los suelos. Por otra parte el material madre normalmente se encuentra sobre material mineral o materia orgánica, o una mezcla de ambos.

Los suelos heredan cientos de minerales diferentes de su roca madre. Esos minerales presentan gran variedad, tanto en lo referente a su composición química como a su velocidad de intemperización, por lo que las partículas individuales difieren mucho en forma y tamaño. Su ordenación y la magnitud de consolidación o mutua unión varía también de modo considerable.

La textura y la composición mineral son las dos propiedades más importantes del material de origen; estas persisten como características del suelo que forman. La textura está relacionada mucho con el tránsito de aire, agua y raíces a través del suelo.

El contenido mineral de los materiales de origen es de particular importancia en la determinación de los niveles de fertilidad en suelos jóvenes. La proporción elevada de minerales de calcio y magnesio, así como los contenidos altos en potasio total, son características asociadas con los suelos jóvenes y fértiles (Thompson y Troeh, 1980).

Los minerales asimismo, se presentan en rocas tales como granito, basalto y gneis, que son llamados minerales primarios. En el suelo estos minerales son descompuestos para formar los minerales secundarios.

Generalmente los minerales pueden ser divididos como no-silicatos y silicatos. Los no silicatos incluyen óxidos, hidróxidos, sulfatos, cloratos, carbonatos y fosfatos. La mayoría posee una estructura relativamente simple, por ello varían grandemente en su solubilidad y resistencia a la descomposición (Fitzpatrick, 1978).

## 2) El clima

La influencia del clima sobre la naturaleza de los suelos, es en parte directa a través de la temperatura y precipitación, y en parte indirecta a través de la vegetación y la topografía. Estas influencias son tan fuertes que el clima constituye el principal factor que controla la distribución geográfica de los tipos de suelo más importantes. Por lo tanto este es el principal factor que regula el tipo y forma de suelo en su formación. También es el principal agente que determina la distribución de la vegetación y en forma específica la temperatura y la precipitación afectan la formación del suelo.

Los efectos de la temperatura y la precipitación sobre los procesos químicos de intemperización son de considerable importancia en los procesos de formación del suelo. En regiones con temperatura alta y precipitación abundante simultánea la intemperización es más severa, mientras que en climas menos cálidos y lluviosos, los efectos son menos drásticos aunque siguen siendo reales.

La humedad contenida en el suelo, por otra parte, se debe principalmente a la precipitación como lluvia o como nieve; la cantidad de agua que se percola a través del perfil afecta en gran medida el proceso de formación del suelo. Por ello es que la presencia de agua es esencial tanto para la intemperización química como para la biológica. Este ele

mento es también el agente de transporte implicado en el lavado y el  
uviación de los minerales. Mientras que una porción forma parte de nu  
merosas reacciones químicas del suelo, otra es retenida; sin embargo,  
es significante la gran cantidad que contínuamente se pierde por per  
colación o por evapotranspiración.

### 3) Los organismos vivos

La relación entre el suelo y los organismos vivos es mutua. Estos influyen en la naturaleza de aquél, y aquél en la naturaleza de estos.

Por otra parte, la cubierta vegetativa natural actúa sobre una región dada como modificadora de las influencias climáticas.

La sedimentación contínua sobre la superficie de elementos minerales extraídos por las plantas desde varias profundidades del suelo, consti  
tuye una parte esencial de un proceso cíclico. Resulta evidente que la clase de plantas que estén presentes en este proceso, sus hábitos ra  
dicales, su composición mineral, etc., juegan un papel vital en el tipo de suelo que vaya a ser formado (Buckman y Brady, 1977).

La mayoría de los organismos que viven en la superficie de la tie  
rra, de una manera u otra, afectan el desarrollo de los suelos. La ve  
getación está lejos de ser el único factor incluido en los organismos vivos; existen además otros organismos tales como, bacterias, hongos, lombrices de tierra, insectos zapadores y topes. Otros animales que viven en el suelo como roedores, reptiles, también actúan sobre la in  
temperización y mezclado de minerales.

Además de esta última acción, existen dos procesos generales im  
plicados en la formación del suelo: (1) la producción de materia or  
gánica por las plantas superiores a partir de compuestos inorgánicos y (2) la descomposición de material orgánico por los animales y microor

ganismos para obtener su propio alimento y energía (Thompson y Troeh, 1980).

#### 4) La topografía

La topografía del terreno puede adelantar o retrasar el trabajo de las fuerzas climáticas. De esta manera, en una región suavemente llana, se puede observar que la rapidez con que el exceso de agua es eliminado es mucho menor que en un terreno inclinado.

La formación del suelo está muy influenciada por el movimiento del agua en el suelo y en el destino de los compuestos disueltos o partículas dispersas en éste. Ello trae como consecuencia que en los procesos de formación del suelo, de algún sitio particular, dependen de la posición de este sitio en la morfología del paisaje (Russell, 1980), de una manera u otra la topografía es un sistema dinámico.

Millar et al. (1979), mencionan que la topografía modifica el desarrollo de un perfil en tres formas:

- 1) Afectando la cantidad de precipitación absorbida y retenida en el suelo, e influyendo por lo tanto en las relaciones de humedad;
- 2) afectando la velocidad de eliminación del suelo por erosión; y
- 3) determinando el movimiento de materiales en suspensión y en solución de una área a otra.

#### 5) Tiempo

Los suelos se encuentran constantemente sufriendo cambios, aunque éstos se llevan a cabo en forma lenta. La formación del suelo es un proceso que requiere el paso de muchos millones de años. Los ciclos de vida incluyen los estados de material de origen considerando a los suelos según el grado de desarrollo del perfil como suelo inmaduro,



suelo maduro y suelo "viejo". Un material no consolidado puede considerarse como suelo joven cuando funciona como fuente de agua, oxígeno y nutrientes para el crecimiento vegetal y cuando comienza a mostrar influencias de organismos vivos.

En los suelos maduros, la fertilidad suele mantenerse a un nivel razonable gracias a la intemperización de los materiales primarios. Algunas pérdidas de nutrientes por lavado, erosión o absorción por los vegetales es inevitable, pero se compensa con la intemperización de los minerales.

Un suelo viejo está constituido por un medio menos adecuado para el crecimiento vegetal en su estadio de madurez. Su fertilidad ha declinado, debido a que la mayoría de sus minerales intemperizables ha desaparecido y los nutrientes liberados por la alteración de minerales en su mayor parte han sido lavados.

La aridez y la rápida eliminación del suelo por erosión en pendientes fuertes, pueden retrasar o evitar el desarrollo de los suelos.

Por una parte las condiciones que aceleran la velocidad de desarrollo del suelo son: a) clima caliente y húmedo, b) vegetación de bosque; c) material permeable no consolidado y bajo contenido de calcio; y d) topografía plana en lugares bajos con buen drenaje. Por otra parte las condiciones que retrasan el desarrollo son: a) clima frío y seco, b) vegetación de pastos, c) material impermeable consolidado y con alto contenido de calcio y d) topografía con pendientes fuertes (Millar et al., 1979).

Algunos trabajos como el de Jenny (1941) demostraron que el único factor que se puede considerar como una variable independiente en la formación del suelo es el tiempo, ya que los otros factores como topo

grafía, clima, organismos y material madre, dependen de la acción de uno y/o de otro, por lo que su acción conjunta no es improbable. En sí, el proceso de formación del suelo no ocurre por la acción aislada de un sólo factor, sino que requiere además de la acción conjunta de los diferentes factores para definir las características propias de cada suelo (Fitzpatrick, 1978).

## 2.2 Suelos de zonas áridas

Los suelos de regiones áridas están concentrados entre los 10° y 50° N y 15° y 50° S. Cerca del Ecuador, áreas significantes están confinadas en la costa y planicie de Perú, Noreste de Brasil, Kenia, Etiopía y Somalia en el este de Africa (Dregne, 1976).

### 2.2.1 Características de los suelos de zonas áridas

Algunos rasgos geomorfológicos del suelo sirven para distinguir una región árida de una región húmeda. La aridez está controlada por la edad del paisaje, tipo de material geológico, distribución e intensidad de la precipitación, y la alteración del ambiente físico y biológico por el hombre, para mejorar o empeorar el efecto de la aridez.

Debido a la carencia de lavado en suelos desarrollados bajo condiciones áridas y semiáridas, es frecuente la acumulación de  $\text{CaCO}_3$  en algunos puntos del perfil, casi siempre en el horizonte C. Al disminuir las lluvias, este piso de  $\text{CaCO}_3$ , reforzado por otras sales más solubles, tales como  $\text{SO}_4\text{Ca}$ , es encontrado cada vez más cerca de la superficie.

Algunos de los aspectos generales que caracterizan a los suelos de zonas áridas son los siguientes:

- 1) Su superficie tiene valores de pH altos (normalmente cerca de 7 o superiores)

- 2) Su estado nutrimental, sobre todo respecto a las bases, es más alto.
- 3) Se muestran bajos en contenido orgánico y nitrógeno en sus horizontes superficiales.
- 4) Contienen acumulación de  $\text{CaCO}_3$ , casi siempre en algún punto del perfil.
- 5) Presentan normalmente un perfil poco desarrollado.
- 6) Biológicamente los organismos son activos a mayores profundidades, pero a causa de las deficiencias de humedad existe una menor actividad microbiana superficial en el perfil de los suelos de regiones áridas (Buckman y Brady, 1977).

La presencia de horizontes endurecidos de carbonato de calcio y yeso representan características físicas únicas de las regiones áridas. Las capas endurecidas de carbonatos son llamados horizontes petrocálcicos o calcáreos y las capas endurecidas de yeso son horizontes petroyésicos. Ambos tipos de horizonte son normalmente horizontes superficiales por lo que pueden estar expuestos a los procesos de erosión. Son horizontes pedogénicos, no material geológico, y pueden ser usualmente reconocidos como pedogénicos por su no similitud con la superficie del suelo y su relativa profundidad (1 o 2 m o más), sobre diferentes materiales. Carbonatos y Yeso acumulado son los dos materiales menos solubles de las sales que comúnmente se encuentran en los suelos sufriendo generalmente un proceso de endurecimiento. Cuando ocurre la precipitación de carbonatos y yeso éstos ocupan los espacios entre nódulos formados previamente, y por deshidratación se produce un efecto cementante de los nódulos conjuntamente. El horizonte petrocálcico está diseminado mundialmente, y en muchas superficies (Dregne, 1976).

Una de las propiedades químicas que los suelos de las regiones áridas tienen en común es la de mostrar una moderada a alta saturación de bases bajo condiciones de lluvia ligera, por lo que la lixiviación de bases (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio) es lenta y no hay oportunidad para que los cationes ácidos (Aluminio e Hidrógeno) se acumulen en el complejo de intercambio catiónico. Una alta saturación de bases ocasiona un valor de pH del suelo cercano a 7, y una moderada saturación de bases generalmente resulta en un suelo con pH de 5.5. o más.

### 2.2.2 Propiedades químicas'

Cuando la cantidad de lluvia es menor de 250 mm, los suelos generalmente manifiestan una reacción neutra o alcalina y una saturación de bases del 90% o más, el contenido de materia orgánica es menor que 2%, tienen un horizonte calcáreo, son de ligeramente a extremadamente salinos y tienen un complejo arcilloso mineral, constituido principalmente por la illita y montmorillonita. Cuando la precipitación anual excede los 250 mm, las diferencias que se presentan están relacionadas con el incremento en la lluvia, variación en el patrón de distribución, posición de la caída de agua, y edad del suelo (Dregne, 1976).

Por otra parte la reacción del suelo se refiere a la acidez o alcalinidad del suelo. Los suelos ácidos son comunes en regiones húmedas cuando ocurre la lixiviación de cationes, mientras que los suelos alcalinos están ampliamente distribuidos en las zonas áridas.

La reacción del suelo está determinada por la concentración del ion hidrógeno en la solución del suelo y es expresado en términos de pH.

En los suelos el rango de pH está entre 4 (muy ácido) y 10 (fuertemente alcalino), y un pH de 7 representa la neutralidad. Una medición

indirecta del pH del suelo se puede hacer mediante la determinación de saturación de bases, la cual se entiende como el porcentaje de cationes intercambiables (Ca, Mg, K y Na). Los suelos de regiones áridas generalmente tienen una saturación de bases de entre 80-100%. Cuando la saturación de bases es alta la concentración del ion-hidrógeno en la solución es baja y el pH es alto (Millar et al., 1979).

#### a) Relación entre propiedades del suelo

Muchas propiedades del suelo pueden ser inferidas con cierta confiabilidad, a partir del pH. Por ejemplo, una pasta saturada de suelo con un pH cercano a 7 frecuentemente contiene cantidades considerables de Calcio, Magnesio y Potasio mientras que la acumulación de Fósforo, Fierro y Zinc se encuentra de moderada a baja; de igual manera, el número de microorganismos es alto si otros factores ambientales son favorables. Con un pH alto, por otra parte, el sodio intercambiable y el carbonato de sodio puede estar presente en exceso y causar condiciones físicas y químicas indeseables para el desarrollo del suelo (Dregne, 1976).

Millar et al. (1979) mencionan que en las regiones áridas algunos suelos se desarrollan bajo condiciones de drenaje pobre en algunos sitios y se evapora más agua de la que entra en el área como precipitación.

En estas condiciones las sales solubles y el sodio intercambiable puede acumularse en cantidades suficientes para impedir el crecimiento de las plantas, además de alterar las propiedades del suelo.

En estas condiciones esto dá lugar a tres clases de suelos: 1) salinos, 2) salino-sódicos y (3) sódicos.

### 1) Suelos salinos

Estos suelos contienen una cantidad relativamente alta de sales solubles, compuesto principalmente de cloruros, sulfatos y a veces citratatos, con pequeñas cantidades de bicarbonatos, pero los carbonatos solubles por lo general están ausentes; con frecuencia algunas sales relativamente insolubles, tales como el sulfato de calcio y los carbonatos de Calcio y Magnesio, también están presentes. El valor del pH de estos suelos es de 8.5 o menos, y el porciento de sodio intercambiable es menor de 15; tienen una estructura favorable debido a que sus coloides están altamente floculados.

### 2) Suelos salino-sódicos (alcalinos)

También se caracterizan por su alta concentración de sales solubles, pero difieren de los suelos salinos en que el porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15; el pH rara vez pasa de 8.5 El sodio causa la dispersión de los coloides y desarrolla una estructura desfavorable para la labranza.

### 3) Suelos sódicos (alcalinos)

Estos suelos no tienen una concentración de sales solubles tan alta como la de los otros grupos, pero el porcentaje de sodio intercambiable excede a 15; los valores de pH varían generalmente entre 8.5 y 10.

Como resultado del riego los suelos sódicos se desarrollan comúnmente. Debido al estado disperso de los coloides, estos suelos son difíciles para labrar y tienen baja permeabilidad al agua.

La solución del suelo en los suelos sódicos contiene sólo pequeñas cantidades de calcio y magnesio, pero grandes cantidades de sodio.



Por otra parte, la diferenciación de horizontes está grandemente determinada por el movimiento de la humedad. La que entra al suelo principalmente proviene de la precipitación pluvial, la cual contiene cantidades considerables de  $\text{CO}_2$  disuelto; por lo que es más correcto creer que la humedad que entra al suelo es una solución ácida débil que es más reactiva que el agua pura. Algo de esta humedad toma parte de las reacciones en el suelo y algo es retenida, pero la mayor parte se pierde por evapotranspiración (Fitzpatrick, 1978).

El desarrollo de ciertos horizontes en los suelos de zonas áridas es una indicación de la naturaleza del medio ambiente químico. Los horizontes bajo la superficie son de particular interés por que ellos son menos influenciados que la superficie del suelo por los eventos climáticos transitorios.

Los principales horizontes que se encuentran bajo la superficie de suelos de regiones áridas son: a) el cálcico, b) yésico, c) petrocálcico, d) sílico y e) nítrico. Por su importancia en el presente estudio sólo se explicarán los dos primeros.

a) Horizonte cálcico

Es un horizonte que está en el subsuelo, el cual contiene una apreciable acumulación de carbonatos de calcio (y en ocasiones carbonato de magnesio). El horizonte cálcico ordinariamente tiene más carbonato que el material parental (horizonte C) o que la capa superficial, y está formada por la lixiviación de carbonatos de la superficie del suelo o por el movimiento ascendente capilar de carbonatos.

Se usan varios términos en la literatura para referirse al horizonte de carbonatos: 1) endurecidos y, 2) no endurecidos. "Caliche" es un término generalmente muy utilizado. Otro de los términos usados en la literatura de la ciencia del suelo es el de "costra".

El desarrollo de un horizonte cálcico en sedimentos de grava y sin grava ha sido estudiado por Gile et al. (1966), (citado por Dregne, 1976). Dicho investigador estableció cuatro estados secuenciales de desarrollo y describió la naturaleza y grado de desarrollo de la acumulación de carbonatos para la formación del horizonte K, como se muestra en el Cuadro 1.1.

En cuanto a la relación existente entre la cantidad de lluvia y la profundidad del horizonte calcáreo, ésta fue examinada por Jenny y Leonard (1934) citados por Dregne (1976). En la Figura 1.2, se muestra el efecto de la precipitación en la profundidad del horizonte cálcico, en un transecto que cubre la gran planicie de E.U.A., de Colorado a Missouri, y con un rango de precipitación de 375 mm hasta 1000 mm anual.

Jenny (1980) señala que la profundidad del horizonte cálcico varía de manera irregular de un suelo a otro, probablemente debido a las diferencias en la permeabilidad, edad y material parental del suelo. Sin embargo, en la mayoría de los casos el subsuelo es más calcáreo que el suelo superficial. En la práctica se menciona que la profundidad del horizonte cálcico muestra una alta correlación con la precipitación, solamente cuando la comparación es hecha en suelos de similar material parental y edad.

Cuadro 1.1 Etapas de la acumulación de carbonatos<sup>1</sup> (tomado de Dregne, 1976).

Etapa	Diagnóstico morfológico de carbonatos		Superficie geomórfica más joven en la que se encuentra la etapa del horizonte <sup>2</sup>	
	Suelos con grava	Suelos sin grava	Superficie	Edad
I	Capas delgadas de grava	Algunos filamentos o capas cu-biertas	Fillmore	<1,00 a 2,600 años
II	Capas gruesas recu-biertas algunos re-llenos entre capas	Nódulos varios a comunes	Leasburg	>7,300 años Pleistoceno Tardío
III	Muchos rellenos en-tre capas	Muchos nódulos y rellenos interno-dulares	Picacho	Pleistoceno Tardío
IV	Horizonte laminar sobre horizonte -- arable (Láminas engrosa--das y horizonte -- arable)	(Incremento de la impregnación de carbonatos)	Picacho	Pleistoceno Tardío
			Jornada I	Pleistoceno Medio
		Horizonte laminar sobre horizonte - arable	La Mesa	Pleistoceno Medio

<sup>1</sup> Adaptado de Gile et al. (1966).

<sup>2</sup> En Las Cruces (Nuevo México).

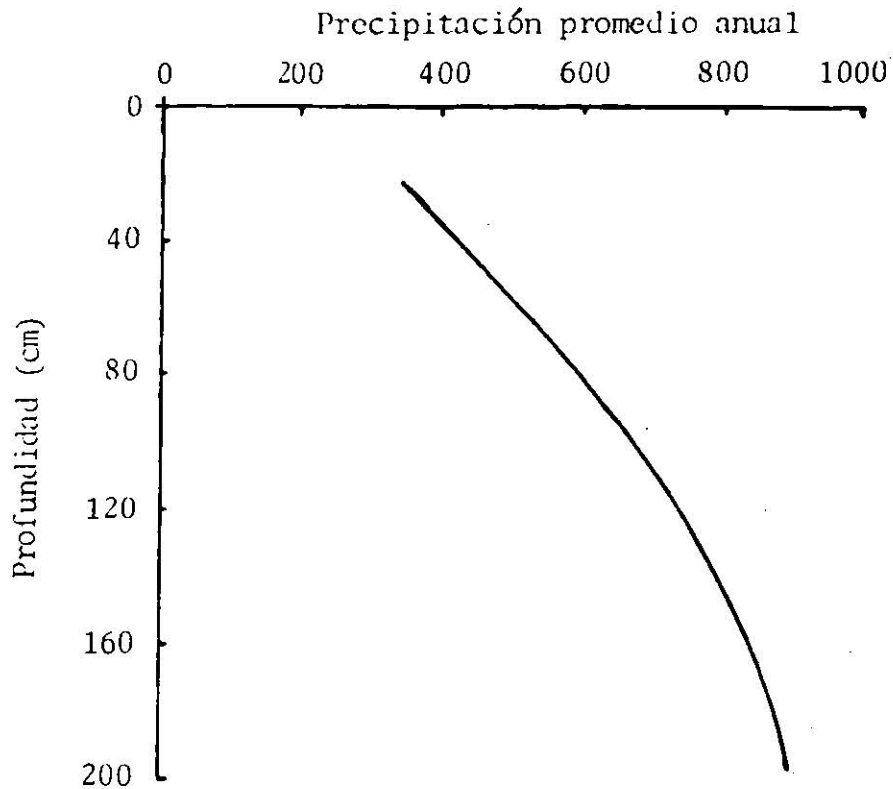


Fig. 1.2 Relación entre la precipitación y la profundidad del horizonte endurecido de carbonatos en suelos loess de la Gran Planicie de E.U.A. (tomado de Dregne, 1976).

#### b) Horizonte yésico

Es un horizonte en el cual la acumulación secundaria de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) se encuentra presente en exceso. El yeso es una sal moderadamente soluble, mucho más soluble que el carbonato de calcio, pero mucho menos soluble que las sales comunes como cloruro de sodio y cloruro de calcio; habitualmente la acumulación de yeso se encuentra a grandes profundidades en suelos que tienen carbonato de calcio, ya que éste es más rápidamente lixiviado. No es probable encontrar cantidades significativas de yeso en el subsuelo con un buen drenaje y/o alta permeabilidad, a menos que el material madre sea yesífero.

Hunt (1972) citado por Dregne (1976), realizó algunos estudios acerca de los mecanismos por los que el yeso se acumula en el suelo. Ilustró el efecto de la solubilidad en la distribución de sales, usando la relación de evaporación de una solución de una mezcla de sa

les en un plato. Por los procesos de evaporación, las sales menos solubles (carbonatos) son precipitadas primero formando un círculo alrededor de la cumbre del plato. Al continuar la evaporación, la siguiente sal más soluble (sulfatos) es precipitada, formando un círculo menor, y finalmente las sales más solubles (cloratos) son precipitados en el fondo del plato. Una similar secuencia vertical de sales es notada en suelos con un moderado o buen drenaje bajo condiciones de poca lluvia: los carbonatos son concentrados en la parte superior de el perfil. El yeso abajo de los carbonatos, y las sales más solubles se encuentran a mayores profundidades o filtrados hasta el final del perfil.

### 2.2.3 Propiedades físicas

La retención de humedad y el movimiento de la misma son factores importantes de discusión en estudios sobre regiones áridas, ya que su importancia radica en el crecimiento de las plantas y el manejo del suelo. Directa o indirectamente, el agua forma parte de los procesos químicos y físicos los cuales forman el paisaje; la aridez y las condiciones asociadas a ella, contribuyen significativamente en la intensidad de la erosión eólica e hídrica.

Las zonas áridas son generalmente susceptibles a la erosión por lo que este factor, relacionado con la presencia o no de carbonatos, influyen en la erosión del suelo y que puede depender del contenido y grado de cementación de éstos. Sin embargo cuatro propiedades físicas del suelo son de particular importancia en la determinación de la erodabilidad del suelo: textura, agregados, contenido de materia orgánica y cantidad y tipo de carbonatos de calcio (Chepil, 1955; citado por Dregne, 1976).

La conductividad hidráulica del suelo (permeabilidad), por otra parte, es uno de los principales factores en la determinación del uso para lo cual pueda estar dispuesto el suelo. La influencia del contenido de humedad, intercambio catiónico, y sales solubles en la conductividad hidráulica es significativa particularmente en regiones áridas (Dregne, 1976).

La formación de capas endurecidas de carbonatos inmediatamente sobre una vasta capa, fue descrita por Stuart y Dixon (1973), citado por Dregne (1976). Ellos asociaron la acumulación de silicio, carbonatos y otras sales con alta retención de humedad sobre la interfase y la deposición de los constituyentes disueltos, en este punto en que el agua es removida por evapotranspiración. La explicación de la razón de la acumulación de carbonatos sobre vastas capas es similar a la descripción temprana o anticipada de la acumulación de carbonatos en la superficie de lecho rocoso.

### 2.3 Carbonatos

#### Generalidades

Los carbonatos de calcio y magnesio, particularmente el primero, están ampliamente distribuidos en los suelos, presentándose por separado o asociado con otras sales. Las propiedades más importantes de los carbonatos son: (1) relativamente solubles en agua, que contenga  $\text{CO}_2$  disuelto y por lo tanto pueden ser rápidamente perdidos o retribuidos al suelo; (2) cuando se presenta en cantidad más o menos de 1% del suelo ellos pueden dominar el desarrollo del suelo, ya que esta cantidad es suficiente para elevar el pH, con valores arriba de la neutralidad y mantener un alto nivel de la actividad biológica; (3)



los carbonatos de calcio, son las primeras sustancias que empiezan a acumularse cuando el clima se vuelve árido; (4) tanto el calcio y el magnesio son nutrientes esenciales; (5) los carbonatos son regularmente adicionados a muchos suelos cultivados para elevar los valores de pH para un óptimo crecimiento de las plantas; (6) el calcio comprende aproximadamente 3.6% de la litosfera, el porcentaje contenido en los suelos es cerca del 1.37; es poco variable en el suelo y este contenido es muy influenciado por el material madre y la lluvia.

El suelo que se desarrolla sobre material parental calcáreo, frecuentemente tiene carbonatos de calcio en alguna parte del perfil. Con el paso del tiempo y una lluvia intensa, los carbonatos de calcio y otros minerales de calcio desaparecen del suelo.

Es común en las prácticas agrícolas, agregar calcio a los suelos que son altamente ácidos (Lindsay, 1979).

Debido a la actividad del  $\text{CO}_3^{=}$  en suelos ácidos es completamente baja (Fig. 1.3), muy pocos metales carbonatados pueden formarse. Sin embargo, en suelos alcalinos, los niveles de carbonatos tienden a formar muchos metales carbonatados. Consecuentemente, muchos minerales carbonatados se tornan importantes en suelos alcalinos e imponen límites en la solubilidad de muchos iones metálicos (Lindsay, 1979).

### 2.3.1 Origen de los carbonatos

Las fuentes de origen de los carbonatos pueden ser: i) El material parental del suelo, ii) deposición de la atmósfera conteniendo partículas de  $\text{CaCO}_3$  o con otras sales de calcio que reaccionan con el ácido carbónico en el suelo, para formar carbonatos de calcio, iii) el movimiento ascendente de carbonatos disueltos en el agua a unos cuantos metros de la superficie del suelo, iv) mineralización de residuos de

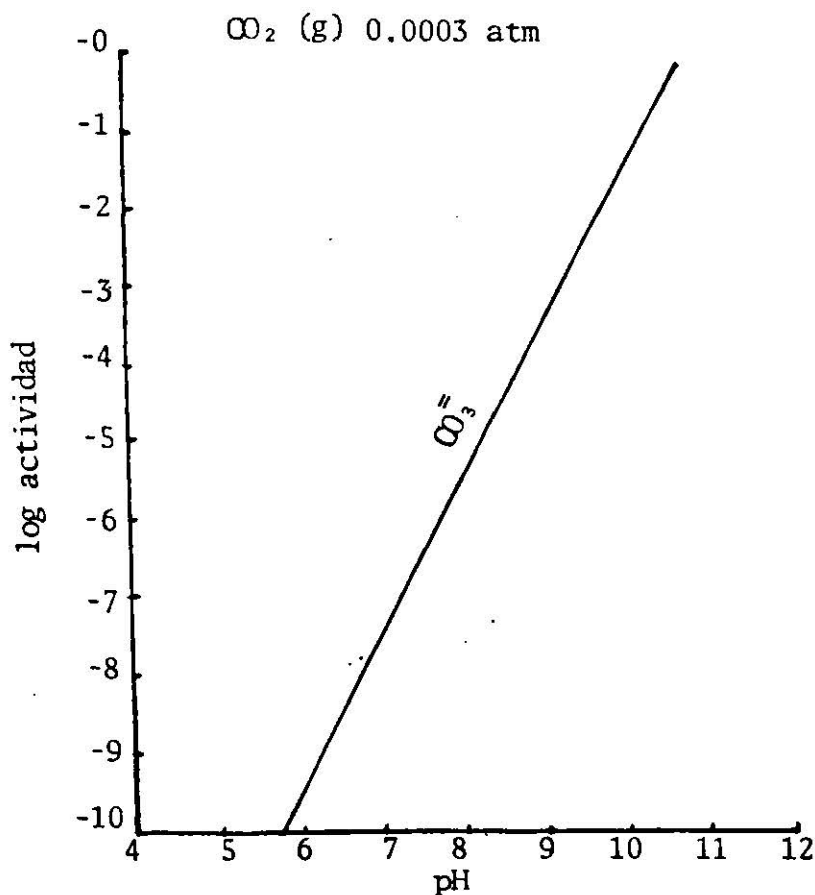


Fig. 1.3 Efecto de el pH en la actividad del  $\text{CO}_3^{=}$  en equilibrio con 0.0003 atm de  $\text{CO}_2(\text{g})$ . (Tomado de Lindsay, 1979).

planta y la formación de carbonatos de calcio y v) la deposición de carbonatos por aplicación de agua de riego con alto contenido de carbonatos (Rozanov, 1951) citado por Dregne (1976).

Mundialmente el material parental calcáreo y el calcio en el aire al parecer son la mayor fuente de carbonatos de suelo.

Durand (1959) citado por Dregne (1976), señala que el movimiento capilar ascendente de aguas subterráneas ricas en carbonatos es el responsable de la presencia de capas endurecidas de carbonatos en el subsuelo de planicies bajas y valles en el Sahara.

Lobova (1960) citado por Dregne (1976), cita algunas referencias de la literatura de la URSS en la cual indica que la acumulación de carbonatos en suelos del desierto, se deriva tanto del contenido de carbonatos del material madre, como de la mineralización de las plantas.

La deposición de carbonatos debido a la acumulación y desviación del agua en depresiones y el agua de irrigación, son procesos más retardados. El tipo de deposición usualmente tiende a ser más lenta por que la baja solubilidad de los carbonatos de Ca y Mg para la contribución puede ser significativa, si la geoquímica del agua favorece la precipitación de bicarbonatos (Bower' et al., 1965).

Eaten (1950) citado por Nunes (1984), menciona que los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) son los contribuyentes más importantes de la evaluación de la calidad de las aguas de riego. Una vez que la solución del suelo se concentra, por efecto de la evapotranspiración, los  $\text{CO}_3^{=}$  y  $\text{HCO}_3^-$  se precipitan en la forma de  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$  resultando un aumento del peligro del ion sodio debido a las altas concentraciones que alcanza por ausencia de concurrencia de los sitios de iones intercambiables divalentes ya que éstas se precipitan en presencia de una reacción alcalina.

### 2.3.2 Los carbonatos en la composición del suelo

#### 2.3.2.1 Importancia

Los efectos de los carbonatos en el suelo, particularmente del carbonato de calcio, se pueden considerar bajo tres formas:

- 1) Efectos físicos. En suelos ácidos la influencia de los carbonatos permite fomentar una estructura granular favorable, influyendo así para que se modifiquen otras características físicas, tales como textura, permeabilidad, aireación, etc.
- 2) Efectos químicos. De los efectos químicos de los carbonatos, de los más preciados es la reducción de la acidez; sin embargo los efectos indirectos sobre el aprovechamiento nutricional de otros elementos, son probablemente los más importantes.

3) Efectos biológicos. Dentro de los efectos biológicos se menciona, que estimulan el metabolismo general de los organismos heterótrofos del suelo.

La aminización, amonificación y oxidación sulfúrica son ayudadas por un aumento del pH (Buckman y Brady, 1977, Lindsay, 1984).

La importancia de los carbonatos en el suelo, es debido a la influencia que tienen de manera directa o indirecta en el desarrollo de las características de la fertilidad y formación de los suelos.

#### 2.3.2.2 Principales minerales carbonatados

Los carbonatos se presentan principalmente como calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) y en ocasiones como dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ).

Los carbonatos pueden estar repartidos en forma variable en las distintas fracciones minerales del suelo. La caliza que forma parte de las arenas es poco soluble y por tanto química y fisiológicamente inactiva. Por el contrario, la caliza químicamente activa se halla en estado muy fino y se encuentra en los limos.

Los dos compuestos importantes contenidos en las piedras calizas son el carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) y dolomita ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ), en varias proporciones. Cuando se encuentra presente poca o ninguna dolomita se producen las calizas dolomíticas y, finalmente, si hay muy poco carbonato cálcico-magnésico e impurezas, se usa la palabra dolomita (Buckman y Brady, 1977).

La calcita y dolomita son los carbonatos predominantes en los minerales del suelo. Ellos son frecuentemente agregados a suelos ácidos cuando sus contenidos son bajos, pero no en suelos neutros o alcalinos de los desiertos en donde el calcio se acumula en forma natural (Wallace, 1975).

El mineral más abundante en el suelo es la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), la cual se acumula en los horizontes bajos del suelo en las regiones áridas y semiáridas. Este horizonte de acumulación se presenta a profundidad variable y el cual refleja la profundidad promedio de la penetración de la humedad.

La calcita es comúnmente diseminada como cristales de sal, en el suelo, pero también se presentan de diferentes formas tales como nódulos y/o como capas de "caliche" y mezcla de sílice.

Otra forma endurecida de  $\text{CaCO}_3$  es la llamada "rhizo concreciones" (rhizomorfa), formada alrededor de las raíces, como capas concéntricas de calcita. Asimismo está también inherente a la roca caliza, y a la roca yesífera.

La dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), por otra parte, es inherente y heredada en suelos derivados de roca dolomita y caliza (Duchaufour, 1975); la siderita ( $\text{FeCO}_3$ ) es formada por la descomposición de minerales relacionados con el fierro; se encuentra frecuentemente con la calcita.

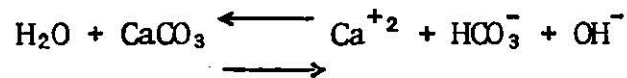
La presencia de  $\text{CaCO}_3$  dentro del material de origen delatará la madurez de un suelo si ésta depende de la lixiviación de las bases. Así, un suelo que proceda de una arenisca en un determinado tipo de ambiente climático, alcanzará su madurez mucho más rápidamente que otro procedente de piedras calizas (Buckman y Brady, 1977).

La caliza es una roca sedimentaria notable, formada por la precipitación química en mares y lagos poco profundos. La precipitación del agente cementante y componente principal, el carbonato cálcico, se desencadena gracias a la acción de vegetales que, como las algas cianofíceas, controlan el contenido de dióxido de carbono del agua (Thompson y Troeh, 1980).

### 2.3.2.3 Los carbonatos y sus reacciones físico-químicas en el suelo

En una lixiviación ambiental, los suelos carbonatados son gradualmente removidos por solución en agua carbonatada, de tal modo que la superficie del suelo contiene menos carbonatos que el subsuelo o el material madre. La lixiviación de carbonatos puede ser concentrada por precipitación química al profundizar en el perfil del suelo (Lindsay, 1979).

El carbonato de calcio (calcita) es el mayor constituyente de algunos suelos. Una suspensión de calcita en agua pura tiene un pH de 9.6 y la reacción de solubilidad se representa de la siguiente manera:



(Rhodes y Charles, 1979).

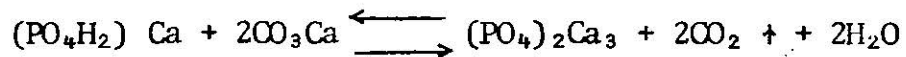
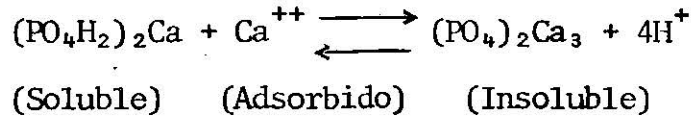
La reacción de los carbonatos está entre las más importantes reacciones químicas que ocurren en el suelo; desde el CO<sub>2</sub> (gas), que se puede escapar desde el suelo a la atmósfera y retornar al precipitarse como carbonatos minerales. El suelo, por lo tanto, debe ser considerado como un sistema abierto al considerar a los carbonatos (Lindsay, 1979).

i) Reacción con el CO<sub>2</sub>. Cuando la caliza, es aplicada a un suelo ácido, al disolverse tiende a cambiarse a la forma bicarbonatada debido a la presión parcial del anhídrido carbónico casi siempre varios centenares de veces mayor que la atmosférica. La reacción para la calcita sería la siguiente:



ii) Reacción con el ion fosfato. En suelos alcalinos, por ejemplo, la precipitación de fosfatos es producida sobre todo por los compuestos cálcicos. Estos suelos se abastecen grandemente de calcio intercambia

ble y, en muchos casos con  $\text{CaCO}_3$ . Los fosfatos aprovechables reaccionan tanto con el ion Ca como con su carbonato. Al añadir superfosfato concentrado a un suelo calizo las reacciones que tienen lugar son:



(Buckman y Brady, 1977).

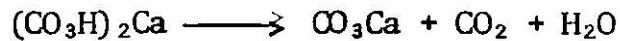
En el suelo alcalino o calcáreo el fósforo reacciona en la superficie de los  $\text{CaCO}_3$  formando precipitados de fosfatos de calcio, provocando así una fuerte fijación de fósforo en el suelo (Tisdale y Nelson, 1982).

La caliza fina, precipitada por la insolubilización de bicarbonato de calcio (horizonte Ca) puede desempeñar un papel no despreciable en la formación de los agregados formando película con el humus alrededor de los granos más gruesos; también puede evolucionar hacia una forma endurecida por cristalización (calcita, apatita) las que constituyen también concreciones o costras (Duchaufour, 1975).

Breazale (1934), citado por Adán (1986), notó un efecto decreciente de la fase sólida del  $\text{CaCO}_3$  y la roca fosfatada, con la formación de un nuevo compuesto que contiene más  $\text{CaCO}_3$  y tiene una menor solubilidad. El carbonato cálcico emigra en forma de bicarbonato soluble por influencia del ácido carbónico disuelto en el agua. El suelo puede sufrir una pérdida de carbonatos progresiva que produce la eliminación lenta de la caliza.

La actividad biológica, al liberar  $\text{CO}_2$ , desempeña una misión importante en este proceso; en ciertos suelos calcáreos, el arrastre de

los carbonatos puede ser total, a pesar de la débil humedad del clima. A una mayor profundidad del suelo, como la actividad biológica es más débil, la tensión del CO<sub>2</sub> disminuye y se produce la reacción



El horizonte así enriquecido de CaCO<sub>3</sub> se designa como "horizonte cálcico" y puede presentar aspectos y tipos de estructura diferentes. En ocasiones como formaciones pulverulentas blanquecinas (seudo micelinos), que presentan el aspecto de filamentos blancos a consecuencia de la precipitación dentro de las fisuras o grietas. Otras veces aparecen concrecionamientos: como el caso de las costras calizas, endurecidas y cristalizadas mediante disoluciones y precipitaciones sucesivas y que pueden ser continuas o discontinuas (Duchaufour, 1978).

Haas (1942) citado por Longoria (1973), indica que las condiciones de excesiva humedad en los suelos calcáreos, favorecen el ascenso del pH (resultado de la hidrólisis del CaCO<sub>3</sub>), lo cual motiva la insolubilidad del hierro en dichos suelos.

Cajuste (1977), señala que en suelos con grandes cantidades de sitios potenciales de fijación (suelos de textura fina, conteniendo altas cantidades de CaCO<sub>3</sub> o de óxidos hidratados de Fe y Al) al aplicar P, éste será fijado fuertemente.

Brady (1984), menciona que un exceso de CaCO<sub>3</sub> tiene efectos perjudiciales, para los cultivos tales como deficiencias en la disponibilidad de fierro, y manganeso, cobre y/o zinc.

Cole (1953) citado por Miramontes (1972), observó que en suelos calcáreos que contenían carbonato de calcio libre en pequeñas partículas, al aplicar fertilizantes fosfatados se formaba una película de fosfato dicálcico, alrededor de cada partícula del carbonato, y que la magnitud



del proceso estaba en proporción directa con el tamaño de las partículas por su gran superficie activa, más que por el propio contenido de carbonato de calcio en estos suelos.

Hopkins (1953) citado por Amante (1985), observó en Canadá que los suelos con alto contenido de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) libre, o cal, y materia orgánica, son erosionados severamente por el viento.

Finalmente, el mismo investigador afirma que la presencia en los suelos de grandes cantidades de calcio usualmente presente en la forma de  $\text{CaCO}_3$  tiende a desarrollar una estructura de suelo granular. Si los granos son suficientemente pequeños, serán erosionados fácilmente por el viento.

#### 2.3.2.4 Algunos factores que influyen en el contenido y distribución de carbonatos

El contenido de carbonatos y distribución de diferentes períodos está influenciado por diferentes factores tales como la fuente y condiciones de acumulación, topografía, disponibilidad de agua de lluvia y composición química del agua subterránea (Buyanovsky, 1979).

Chepil (1954), citado por Amante (1985) menciona que la capa endurecida de carbonatos de calcio situada abajo del suelo, es a menudo traída a la superficie por los implementos de labranza. La exposición de la capa de  $\text{CaCO}_3$  incrementa el peligro de erosión eólica.

#### 2.3.2.5 Relación entre los carbonatos y la vegetación

Rzedowski (1965) señala que la distribución de las asociaciones vegetativas se encuentra influenciada principalmente por factores del sustrato. De esta manera se ha observado que el contenido de carbonato de calcio en un suelo, se encuentra asociado con el tipo de vegetación presente. Por ejemplo el matorral crasicale se encuentra en suelos con contenidos de  $\text{CaCO}_3$  bajos o nulos. El matorral rosetófilo y matorral desértico, se localizan donde el contenido de  $\text{CaCO}_3$  es alto, y los pastizales se encuentran donde el contenido de  $\text{CaCO}_3$  son moderados o bajos (Lagunes, 1985).

### III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

El presente estudio se llevó a cabo esperando cumplir con los objetivos e hipótesis siguientes:

#### 3.1 Objetivos

1. Conocer la distribución lateral y vertical de los carbonatos del suelo, y evaluar su contenido a través del perfil en suelos del ejido "Palma Pegada", municipio de Salinas de Hidalgo, S.L.P.
2. Proponer un procedimiento para estudios sobre la distribución lateral y vertical de los carbonatos en el suelo.

#### 3.2 Hipótesis

La variación de la distribución lateral y vertical, así como el contenido de los carbonatos a través del perfil del suelo, está influenciada por el tipo de suelo, uso del suelo y topografía.

#### IV. MATERIALES Y METODOS

##### 4.1 Características generales del área de estudio

El ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P., se en encuentra inmerso dentro del área de estudio del Centro Regional para Estudios de Zonas Aridas y Semiáridas (CREZAS-CP) (Figura 4.1).

La actividad agrícola en el citado ejido se caracteriza por ser de temporal; en su mayoría dedicada a básicos como frijol y maíz.

La labranza del suelo se realiza mecánicamente en la mayor parte del ejido.

##### 4.1.1 Localización

El presente trabajo se realizó en suelos del ejido "Palma Pe gada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P., comprendido entre las coor denadas  $22^{\circ}45'06''$ ,  $22^{\circ}42'11''$  N y  $101^{\circ}57'02''$ ,  $101^{\circ}46'01''$  O. Con una altitud en la parte más elevada de 2330 msnm, en la cima de algunos cerros, y en la parte más baja de 2100 msnm (CETENAL, 1971).

##### 4.1.2 Clima

Comprende la clase BS<sub>0</sub>kw; lo cual indica una clima sub-tipo seco templado con verano cálido; la precipitación media anual es de 300-400 mm, concentrándose en verano el 90% del total anual de la pre cipitación pluvial. Es característico un período de sequía intraesti val y oscilaciones térmicas extremosas durante todo el año (García, 1981).

La temperatura media anual es de  $16.7^{\circ}\text{C}$ , con una precipitación me dia anual de 351.83 mm (Estación Meteorológica, SARH. Distrito # 127).

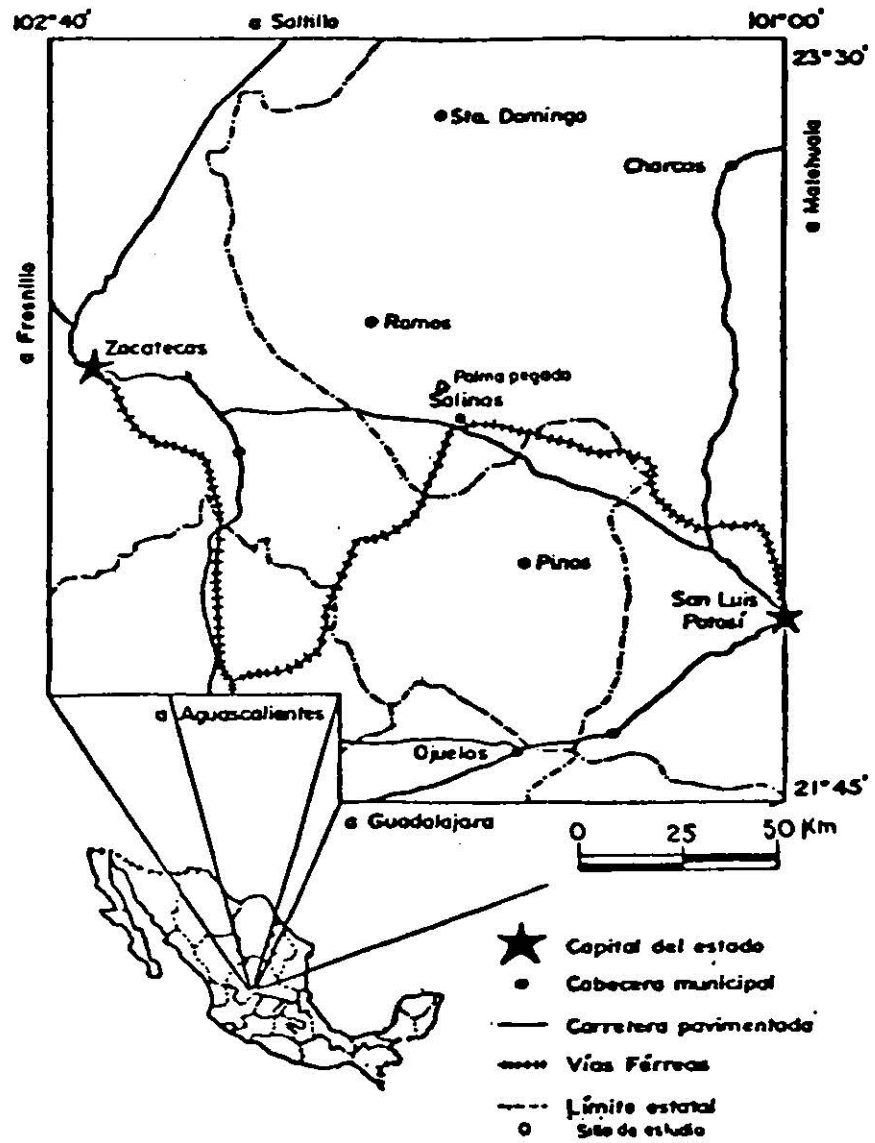


Fig. 4.1- Localización geográfica del área de estudio del CREZAS-CP.

#### 4.1.3 Vegetación

Se observa el matorral desértico micrófilo, vegetación con especies arbustivas y con hojas o folíolos pequeños. Entre las especies características se encuentran Larrea tridentata, Prosopis glandulosa, Flourensia sp. y otras en menor proporción.

Se encuentra también matorral desértico rosetófilo (Rzedowski, 1965) que se caracteriza por que su fisonomía está dada por especies, generalmente sub-arbustivas, tal como Agave lecheguilla, Hechtia glomerata y Yucca spp., un tipo de vegetación que también se encuentra en el área es el zacatal o pastizal, la cual corresponde a plantas herbáceas de tipo graminiforme (Flores, 1985).

#### 4.1.4 Geología

Predominan terrenos mostrando dos tipos de relieve: 1) relieve irregular, y 2) localizadamente se aprecian lomas, o sea un relieve ondulado. El primero está relacionado con cerros constituidos por material de naturaleza ígnea-basalto y riolita, mientras que el segundo ondulado se relaciona con material sedimentario. CETENAL (1971) señala que muchos de estos lomeríos están cubiertos por material que domina como suelo aluvial; ésto es, material agradacional reciente (Fig. 4.2).

Por otra parte, el drenaje superficial se nota poco desarrollado, los arroyos son cortos y pierden su cauce al descender a porciones con menor inclinación (Flores, 1985); en cuanto a pendientes, éstas predominantemente se ubican en el rango de 2-5%; sin embargo en los cerros la pendiente es de 10 a 35%.



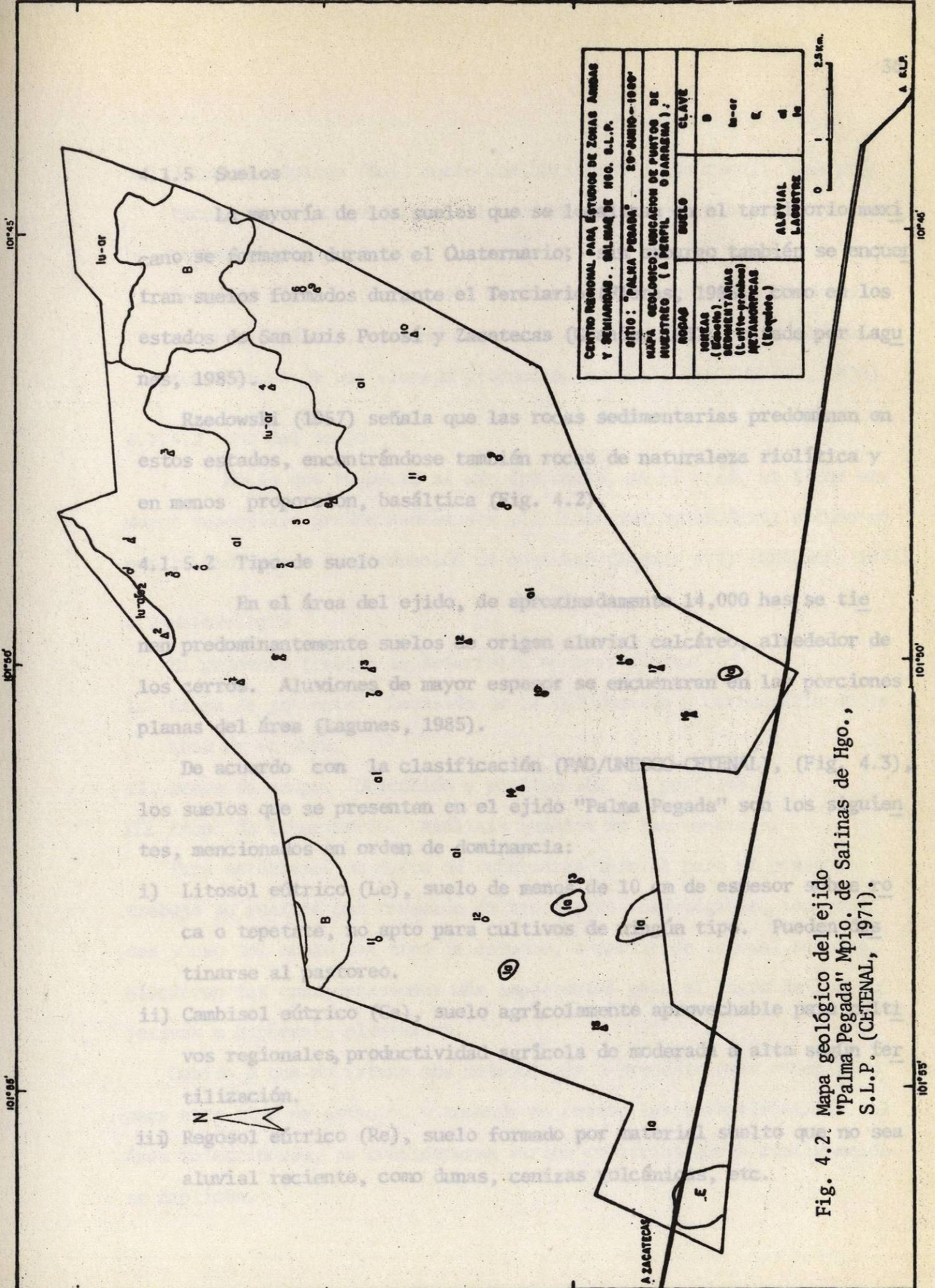


Fig. 4.2. Mapa geológico del ejido "Palma Pegada" Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (CETENAL, 1971).



#### 4.1.5 Suelos

La mayoría de los suelos que se localizan en el territorio mexicano se formaron durante el Cuaternario; sin embargo también se encuentran suelos formados durante el Terciario (Flores, 1985), como en los estados de San Luis Potosí y Zacatecas (Grande, 1967; citado por Lagunes, 1985).

Rzedowski (1957) señala que las rocas sedimentarias predominan en estos estados, encontrándose también rocas de naturaleza riolítica y en menor proporción, basáltica (Fig. 4.2).

##### 4.1.5.2 Tipo de suelo

En el área del ejido, de aproximadamente 14,000 has se tienen predominantemente suelos de origen aluvial calcáreo, alrededor de los cerros. Aluviones de mayor espesor se encuentran en las porciones planas del área (Lagunes, 1985).

De acuerdo con la clasificación (FAO/UNESCO-CETENAL), (Fig. 4.3), los suelos que se presentan en el ejido "Palma Pegada" son los siguientes, mencionados en orden de dominancia:

- i) Litosol eútrico (Le), suelo de menos de 10 cm de espesor sobre roca o tepetate, no apto para cultivos de ningún tipo. Pueden destinarse al pastoreo.
- ii) Cambisol eútrico (Ce), suelo agrícolamente aprovechable para cultivos regionales, productividad agrícola de moderada a alta según fertilización.
- iii) Regosol eútrico (Re), suelo formado por material suelto que no sea aluvial reciente, como dunas, cenizas volcánicas, etc.



- iv) Solonetz háplico (Sn), suelo con horizonte B (Natrico); son prácticamente irre recuperables. Algunos de ellos soportan pastos resistentes al sodio.
- v) Yermosol háplico (Yn), suelo de zonas áridas con contenido bajo de materia orgánica, en condiciones de agua y fertilización adecuada; son capaces de una elevada producción agrícola (FAO/UNESCO, 1970).

#### 4.1.5.2 Uso del suelo

En lo que respecta al uso del suelo, en el ejido se tiene una mayor superficie predominantemente utilizada como agostadero, siendo menor la dedicada a la producción de cosechas (Figura 4.4) (CETENAL, 1971).

#### 4.2 Metodología

El presente trabajo se desarrollo en tres etapas:

- I. Etapa de gabinete: Revisión de la información y cartografía de la zona de estudio.
- II. Etapa de campo. Ubicación y realización de perfiles.
- III. Etapa de laboratorio. Análisis químico de las muestras.

Para establecer un marco de referencia inicial para el presente trabajo se realizó una revisión de las cartas edafológicas, topográficas y uso del suelo del área de estudio, a partir de lo cual se establecieron las consideraciones más importantes para el logro de los objetivos e hipótesis planteados.

Debido a que no existe una metodología o procedimiento específico para este tipo de estudio, y tomando en cuenta las características del área seleccionada, se consideraron varios criterios que a continuación se explican.



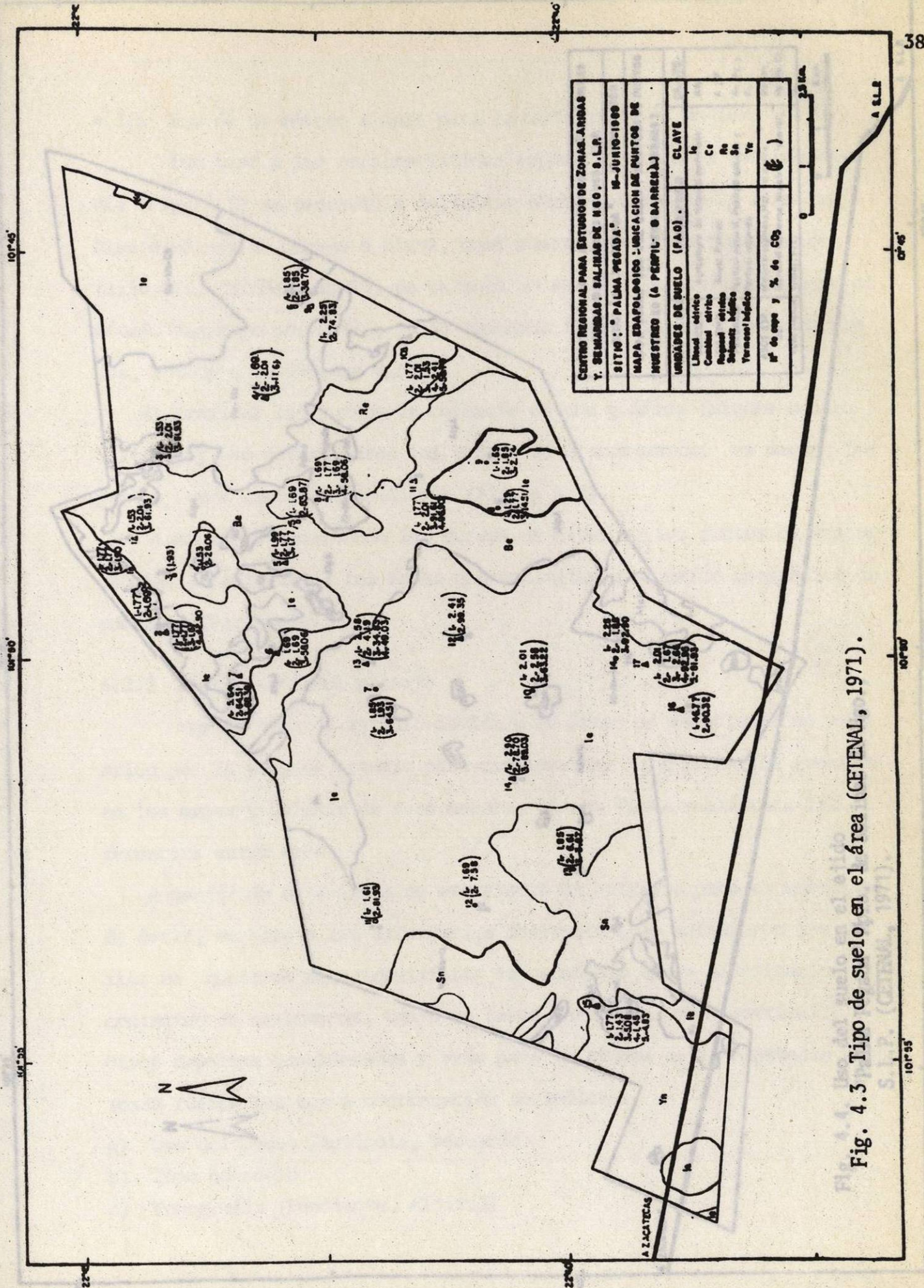


Fig. 4.3 Tipo de suelo en el área (CETENAL, 1971).



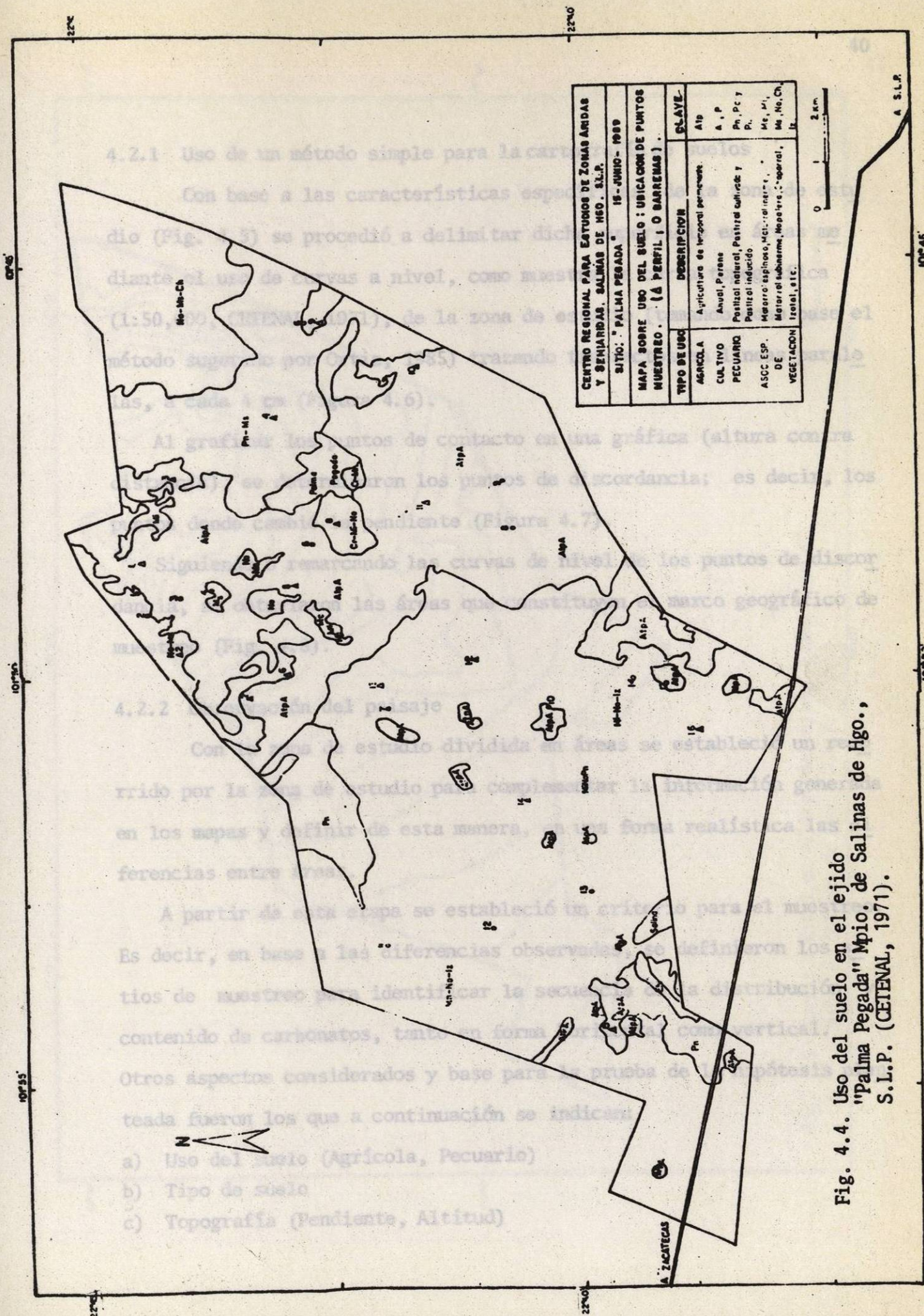


Fig. 4.4. Uso del suelo en el ejido "Palma Pegada" Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (CETENAL, 1971).

4.2.1 Uso de un método simple para la cartografía de suelos. Con base a las características espaciales de los suelos (Fig. 4.3) se procedió a delimitar dichos suelos en el terreno mediante el uso de curvas a nivel, como muestra el método sugerido por el autor (Fig. 4.6).

Al graficar los puntos de contacto en una gráfica (altura contra distancia) se obtienen los puntos de concordancia; es decir, los puntos de igualdad de elevación (Fig. 4.7).

4.2.2 Cartografía de suelos. Como el estudio de suelos se estableció un criterio de clasificación de suelos que se aplicó en los mapas y que se muestra en esta manera. En forma realista las diferencias entre los tipos de suelos se establecieron en base a las diferencias observadas en el terreno. A partir de esta mapa se estableció un criterio para la clasificación de suelos. Es decir, en base a las diferencias observadas en el terreno se establecieron los tipos de suelos que se aplicaron en los mapas de distribución de los tipos de suelos. Otros aspectos considerados y base para la clasificación de suelos que se establecieron fueron los que a continuación se indican:

- Uso del suelo (Agrícola, Pecuario)
- Tipo de suelo
- Topografía (Pendiente, Altitud)



#### 4.2.1 Uso de un método simple para la cartografía de suelos

Con base a las características específicas de la zona de estudio (Fig. 4.5) se procedió a delimitar dicha superficie en áreas mediante el uso de curvas a nivel, como muestra la carta topográfica (1:50,000, CETENAL, 1971), de la zona de estudio (tomando como base el método sugerido por Ortiz, 1985) trazando transectos en líneas paralelas, a cada 4 cm (Figura 4.6).

Al graficar los puntos de contacto en una gráfica (altura contra distancia), se determinaron los puntos de discordancia; es decir, los puntos donde cambió la pendiente (Figura 4.7).

Siguiendo o remarcando las curvas de nivel de los puntos de discordancia, se obtuvieron las áreas que constituyen el marco geográfico de muestreo (Fig. 4.8).

#### 4.2.2 Observación del paisaje

Con la zona de estudio dividida en áreas se estableció un recorrido por la zona de estudio para complementar la información generada en los mapas y definir de esta manera, en una forma realística las diferencias entre áreas.

A partir de esta etapa se estableció un criterio para el muestreo. Es decir, en base a las diferencias observadas, se definieron los sitios de muestreo para identificar la secuencia de la distribución y contenido de carbonatos, tanto en forma horizontal como vertical. Otros aspectos considerados y base para la prueba de la hipótesis planteada fueron los que a continuación se indican:

- a) Uso del suelo (Agrícola, Pecuario)
- b) Tipo de suelo
- c) Topografía (Pendiente, Altitud)



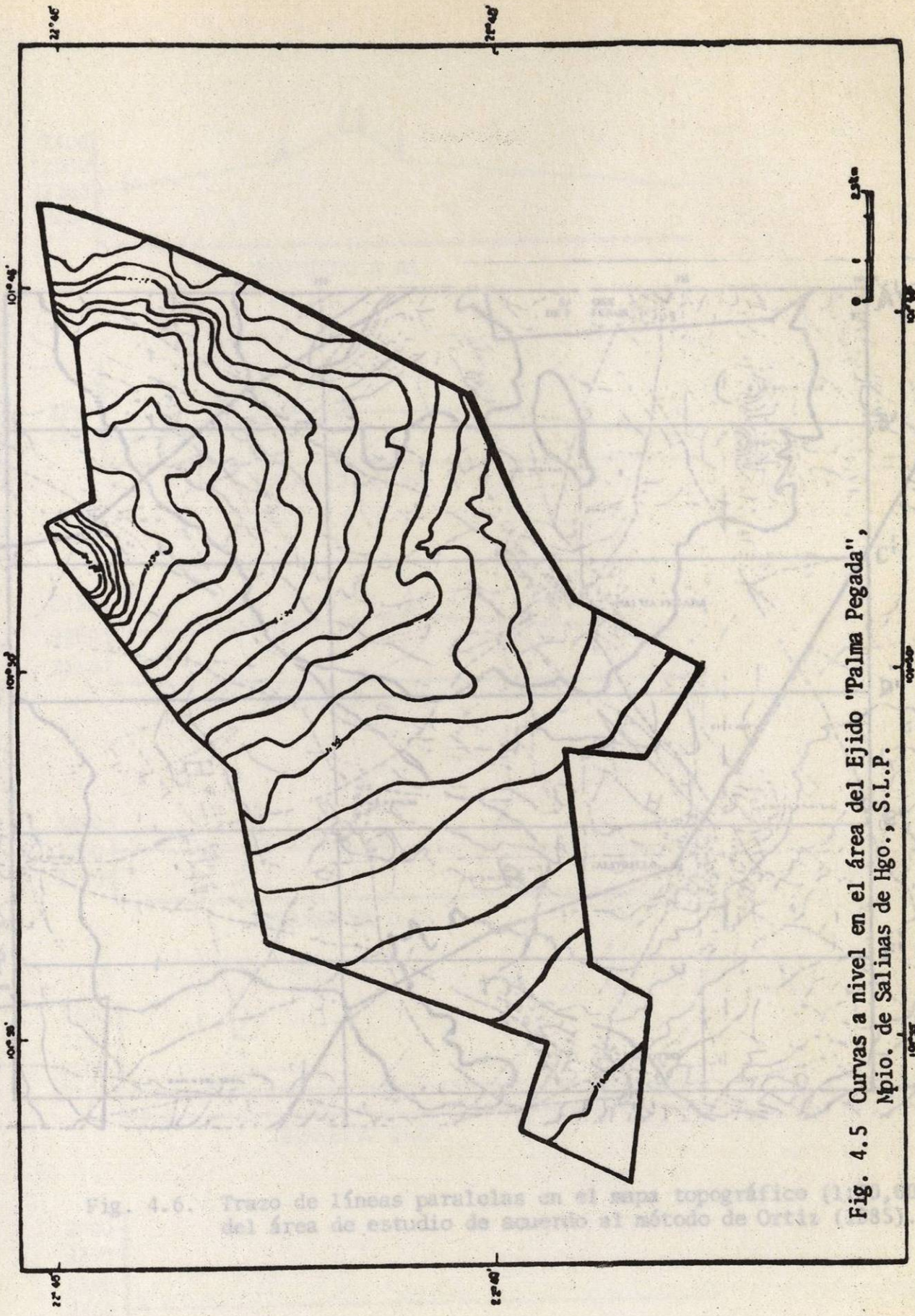


Fig. 4.5 Curvas a nivel en el área del Ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.

Fig. 4.6. Trazo de líneas paralelas en el mapa topográfico (1:50,000) del área de estudio de acortio al método de Ortiz (1955)



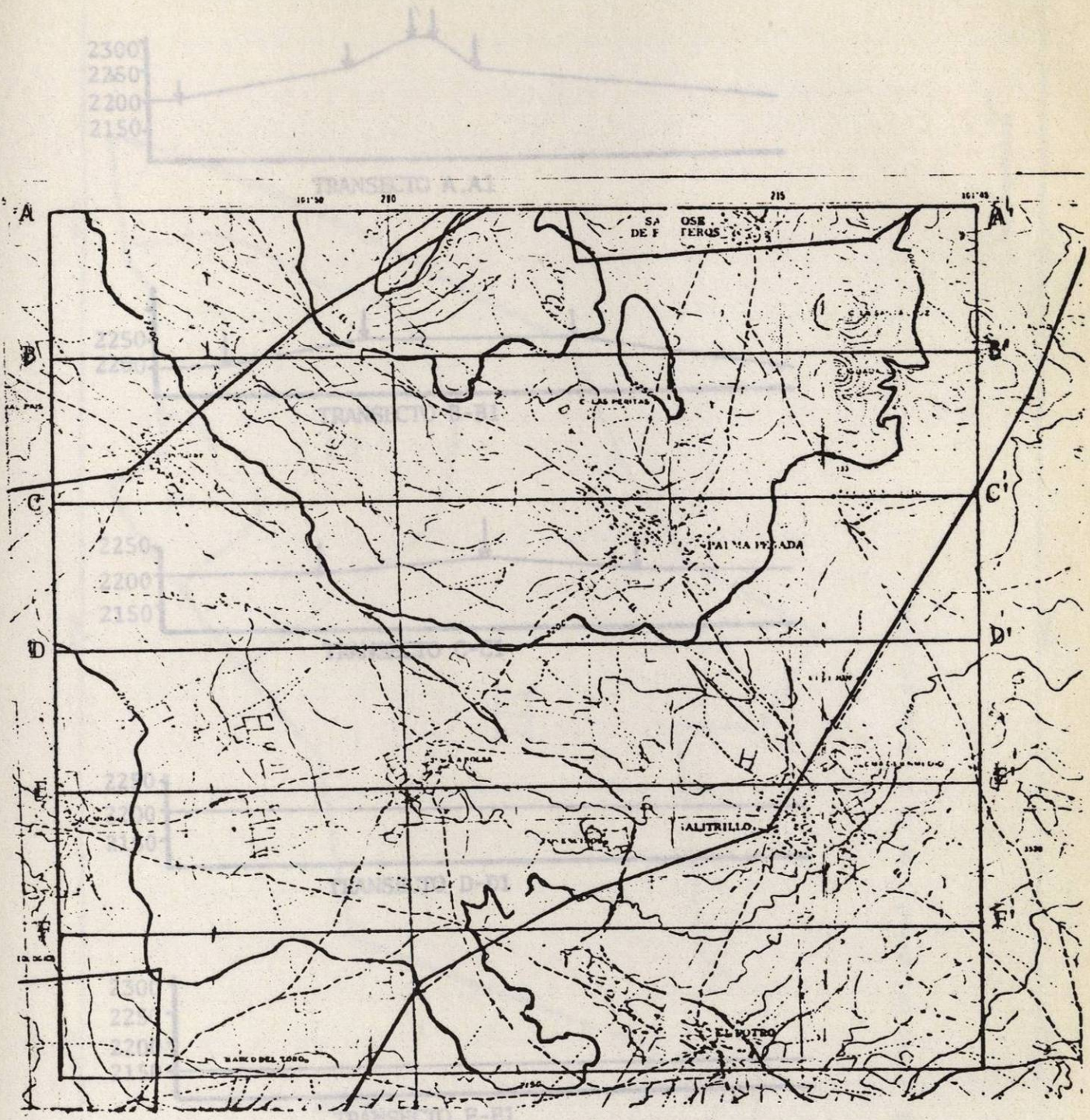


Fig. 4.6. Trazo de líneas paralelas en el mapa topográfico (1:50,000) del área de estudio de acuerdo al método de Ortiz (1985).

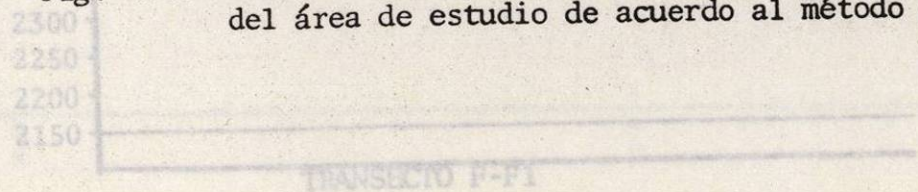


Fig. 4.7. Perfil topográfico del área de estudio según las líneas trazadas en la Fig. 4.6.



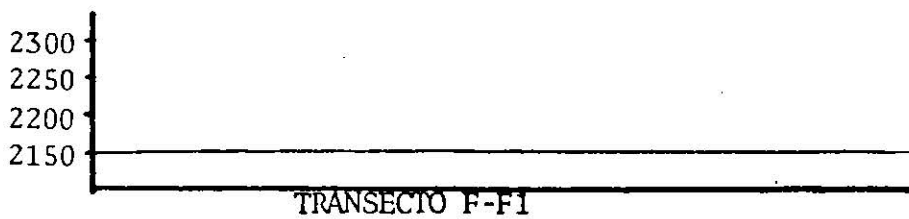
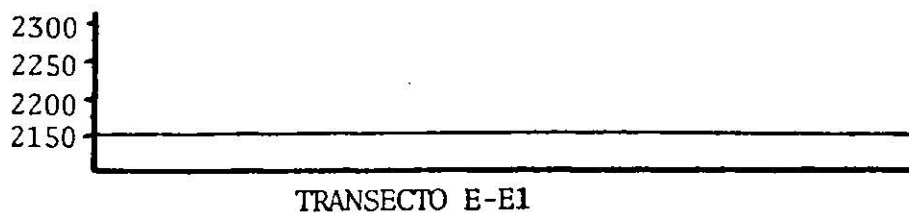
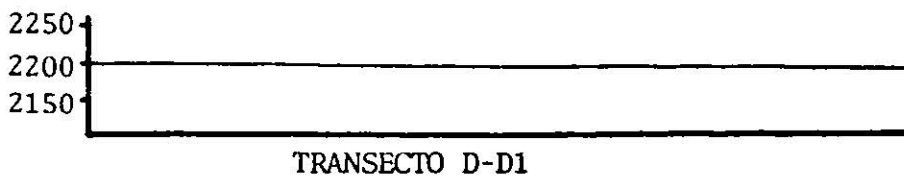
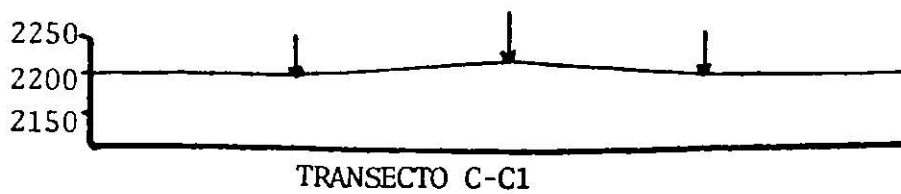
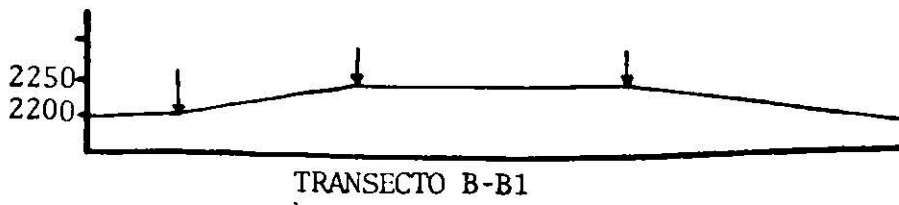
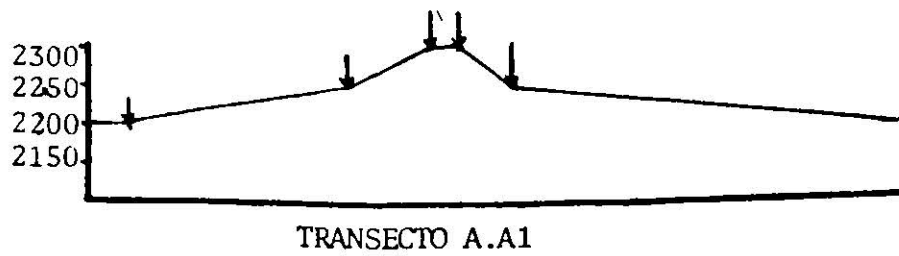


Fig. 4.7. Perfil topográfico del área de estudio según las líneas trazadas en la Fig. 4.6.

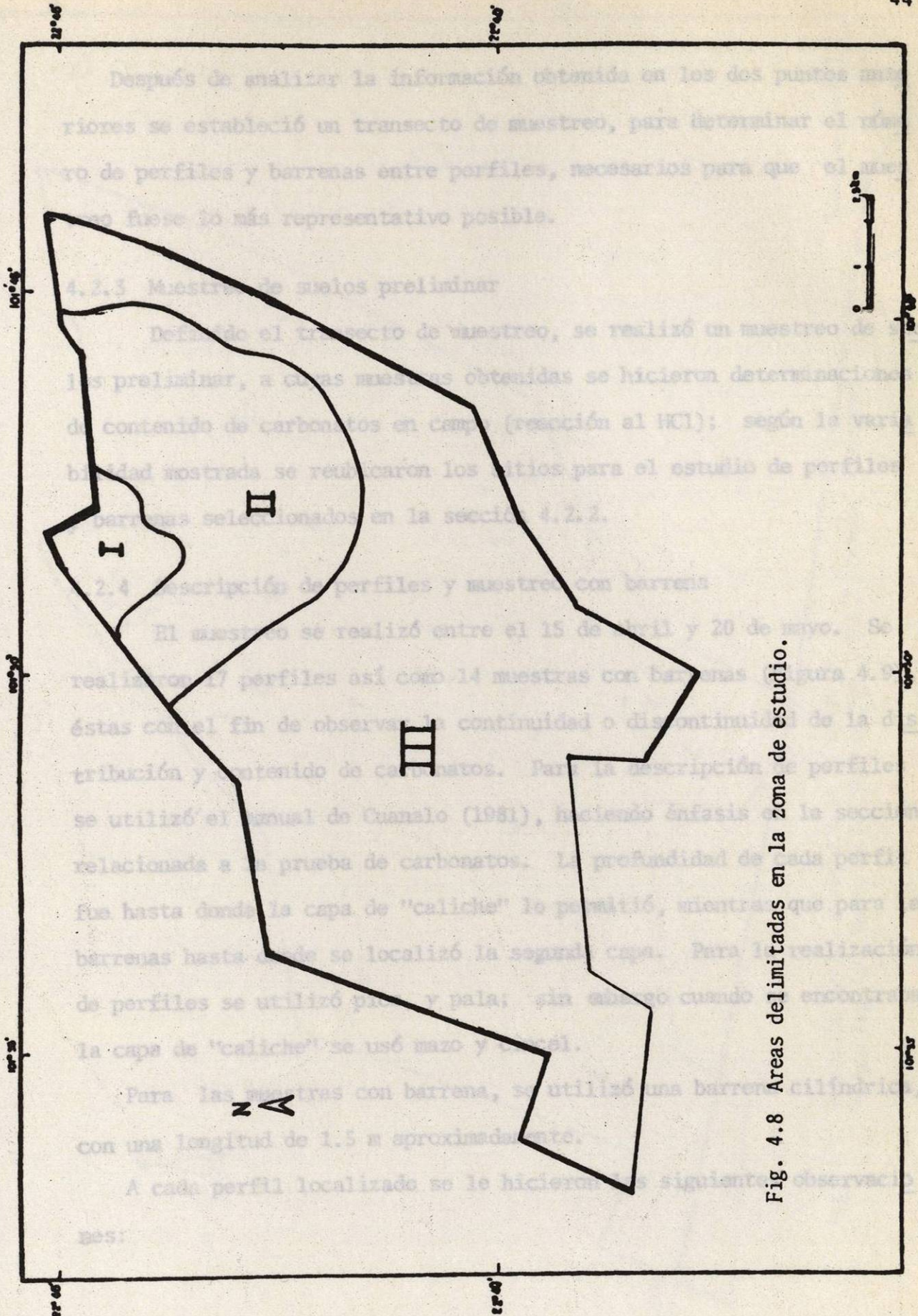


Fig. 4.8 Areas delimitadas en la zona de estudio.



Después de analizar la información obtenida en los dos puntos anteriores se estableció un transecto de muestreo, para determinar el número de perfiles y barrenas entre perfiles, necesarios para que el muestreo fuese lo más representativo posible.

#### 4.2.3 Muestreo de suelos preliminar

Definido el transecto de muestreo, se realizó un muestreo de suelos preliminar, a cuyas muestras obtenidas se hicieron determinaciones de contenido de carbonatos en campo (reacción al HCl); según la variabilidad mostrada se reubicaron los sitios para el estudio de perfiles y barrenas seleccionados en la sección 4.2.2.

#### 4.2.4 Descripción de perfiles y muestreo con barrena

El muestreo se realizó entre el 15 de abril y 20 de mayo. Se realizaron 17 perfiles así como 14 muestras con barrenas (Figura 4.9), éstas con el fin de observar la continuidad o discontinuidad de la distribución y contenido de carbonatos. Para la descripción de perfiles se utilizó el manual de Cuanalo (1981), haciendo énfasis en la sección relacionada a la prueba de carbonatos. La profundidad de cada perfil fue hasta donde la capa de "caliche" lo permitió, mientras que para las barrenas hasta donde se localizó la segunda capa. Para la realización de perfiles se utilizó pico, y pala; sin embargo cuando se encontraba la capa de "caliche" se usó mazo y cincel.

Para las muestras con barrena, se utilizó una barrena cilíndrica, con una longitud de 1.5 m aproximadamente.

A cada perfil localizado se le hicieron las siguientes observaciones:

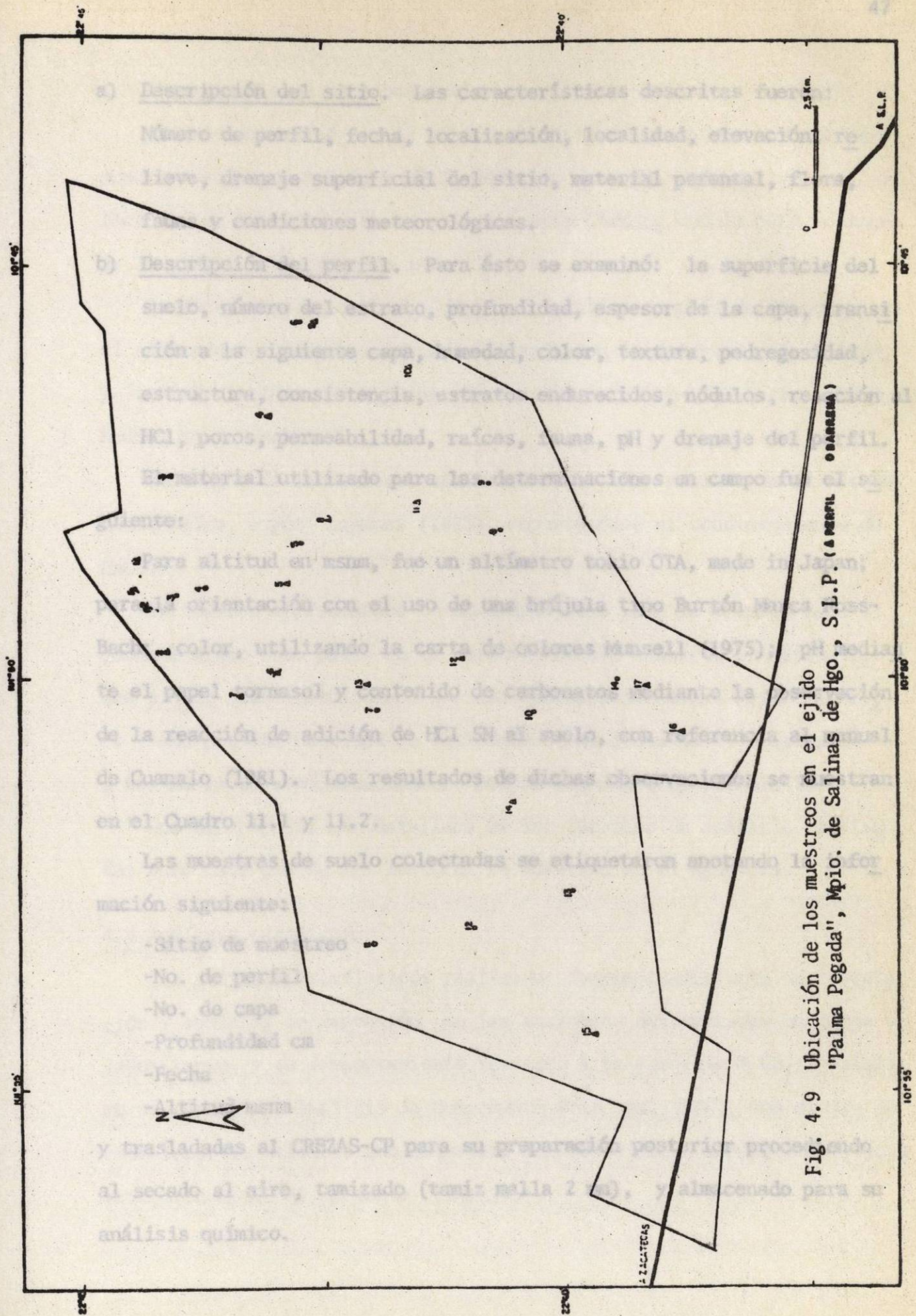


Fig. 4.9 Ubicación de los muestreos en el ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P. (▲ PERFIL ○ BARRENA)



- a) Descripción del sitio. Las características descritas fueron: Número de perfil, fecha, localización, localidad, elevación, relieve, drenaje superficial del sitio, material parental, flora, fauna y condiciones meteorológicas.
- b) Descripción del perfil. Para ésto se examinó: la superficie del suelo, número del estrato, profundidad, espesor de la capa, transición a la siguiente capa, humedad, color, textura, pedregosidad, estructura, consistencia, estratos endurecidos, nódulos, reacción al HCl, poros, permeabilidad, raíces, fauna, pH y drenaje del perfil. El material utilizado para las determinaciones en campo fue el siguiente:

Para altitud en msnm, fue un altímetro tokio OTA, made in Japan; para la orientación con el uso de una brújula tipo Burtón Marca Ross-Bach; color, utilizando la carta de colores Munsell (1975); pH mediante el papel tornasol y contenido de carbonatos mediante la observación de la reacción de adición de HCl 5N al suelo, con referencia al manual de Cuanelo (1981). Los resultados de dichas observaciones se muestran en el Cuadro 11.1 y 11.2.

Las muestras de suelo colectadas se etiquetaron anotando la información siguiente:

- Sitio de muestreo
- No. de perfil
- No. de capa
- Profundidad cm
- Fecha
- Altitud msnm

y trasladadas al CREZAS-CP para su preparación posterior procediendo al secado al aire, tamizado (tamiz malla 2 mm), y almacenado para su análisis químico.

#### 4.3 Determinaciones en laboratorio

pH. Se determinó por el método electrométrico en una suspensión acuosa suelo-agua 1:2.5, y suelo solución de  $\text{CaCl}_2$  0.01 M, 1:2.5. Las lecturas se efectuaron en un potenciómetro Corning modelo 610A, después de 30 minutos de agitación intermitente.

Conductividad eléctrica (C.E.). Se realizó después de 24 horas, en el sobrenadante de las muestras utilizadas en la determinación del pH, se tomó la lectura en un puente de Wheatstone; Lab-Line Lectro Mho-Meter. Modelo MC-1. Marca IV.

Contenido de carbonatos totales ( $\% \text{CO}_3^{=}$ ). Se realizó por el método manométrico, según Lagunes (1985), reportándose el contenido en  $\%$  de  $\text{CaCO}_3$ .

El fósforo aprovechable se determinó sólo para la primera capa de cada muestreo como parte de la caracterización mediante el Método Olsen et al. (1954) modificado que usa  $\text{NaHCO}_3$  conteniendo ácido ascórbico y una pequeña cantidad de antimonio. Las lecturas se efectuaron a 880 nm en un espectrofotómetro Bausch and Lomb, Spectronic 20.

Una descripción más detallada de las técnicas de análisis utilizadas para cada una de las lecturas se muestran en el Apéndice.

#### 4.4 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos realizados fueron coeficiente de correlación y análisis de regresión de las variables determinadas en campo y laboratorio, y su comportamiento respecto a la variable  $\% \text{CO}_3$ ; Asimismo se efectuó el Análisis de Componente Principal (ACP), con el fin de establecer la variable que estuviera más relacionada con el  $\% \text{CO}_3$ , objetivo principal del presente trabajo.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Caracterización química de los sitios de muestreo

Se realizaron algunas determinaciones para cada una de las capas encontradas en los 31 sitios muestreados (17 perfiles y 14 barrenas). Las muestras fueron secadas al aire y pesadas a través de un tamiz de 2 mm de abertura. Las determinaciones efectuadas y sus valores se muestran en los Cuadros 5.1 y 5.2.

El comportamiento general de los valores de pH en los 31 sitios muestreados mostraron una tendencia a situarse en un rango que va desde 6.0 a 8.7 para la determinación en agua destilada mientras que con  $\text{CaCl}_2$  0.01 M los valores obtenidos variaron desde 5.6 a 8.1; estos valores abarcan los resultados obtenidos para todas las muestras, tanto para los diferentes sitios como para las diversas profundidades.

Respecto a los resultados de pH para la capa superficial (1a. capa), los valores mostraron un rango desde 6.3 hasta 8.5 en agua destilada mientras que con  $\text{CaCl}_2$  los valores de pH variaron desde 5.6 a 8.1. De acuerdo con estos resultados se puede observar que el pH de los suelos del ejido "Palma Pegada" tiene valores que los clasifican como suelos alcalinos de manera general.

La variable C.E., se determinó utilizando los sobrenadantes después de la medición de pH. Los valores encontrados mostraron que con agua destilada se presentaron valores que van desde 0.05 mmho/cm hasta 1.64 mmho/cm, con la excepción de un muestreo en donde la lectura fue de 3.03 mmho/cm; sin embargo la mayoría se agrupó en el rango mencionado. De acuerdo a esto los suelos del ejido "Palma Pegada" se consideraron suelos no salinos según la clasificación de USDA (1951). Son suelos aptos para un buen desarrollo de la mayoría de los cultivos.

Los valores con  $\text{CaCl}_2 \cdot 0.01\text{M}$  por otro lado, fueron desde 1.15 mmho/cm hasta 2.57 mmho/cm, y como con la solución anterior el muestreo único que dió un valor por arriba de los demás fue de 4.86 mmho/cm.

De lo anterior se desprende, que aún y cuando se tenía una solución de  $\text{CaCl}_2 \cdot 0.01\text{M}$ , la C.E. registrada en cada una de las muestras, resultó ser menor a 4 mmho/cm, considerándolos aún así como suelos no salinos.

Debido a que la disponibilidad de fósforo en los suelos alcalinos está íntimamente relacionada con el pH, la determinación de este elemento se consideró de importancia. El análisis mostró que en la capa superficial (capa arable) el contenido de este varió desde 1.84 a 13.80 ppm (Olsen et al., 1954). Sin embargo la mayoría de los sitios mostraron valores menores de 5 ppm. Esto indica que los suelos pueden considerarse deficientes en este elemento (Cuadro 11.2).

Finalmente se determinó el contenido de carbonatos, cuya variable es parte central del presente estudio.

## 5.2 Variables bajo estudio

A continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis de cada una de las variables en estudio. Estas fueron las que se consideraron de importancia para el logro de los objetivos e hipótesis planteados en el presente trabajo. Sin embargo la variable carbonatos, como centro del trabajo, fue relacionada con el resto de las variables con el fin de encontrar la mayor incidencia de estos en la distribución y contenido de los carbonatos. El orden de presentación de los resultados será, primero mostrar la distribución y contenido de carbonatos en el área I hasta el área III, en ese orden se presentarán para cada variable.

Cuadro 5.1. pH y conductividad eléctrica en capas de algunos perfiles y barrenas realizados en suelos del Ejido "Palma Pegada", Municipio de Salinas de Hgo., S.L.P.

Tipo de muestreo*	Muestra	Profundidad (cm)	pH		C.E. mmho/cm H <sub>2</sub> O	Tipo de muestreo*	Muestra	Profundidad (cm)	pH		mmho/cm CaCl <sub>2</sub>	Tipo de muestreo*	Muestra	Profundidad (cm)	pH		mmho/cm H <sub>2</sub> O	Tipo de muestreo*	Muestra	Profundidad (cm)	pH		mmho/cm CaCl <sub>2</sub>			
			H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>					H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>					H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>					H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	
P1	1	0-14	7.0	6.4	.92	P11	1	0-10	7.3	6.7	1.79	B4	1	0-25	7.1	6.2	1.19	B4	1	0-25	7.1	6.2	1.19	1.73		
	2	14-30	6.8	6.6	.12		2	10-30	8.0	7.0	1.92		2	25+	8.2	7.5	1.64		2.02							
	3	30+	8.0	7.3	3.03		3	30-38	8.0	7.4	1.87															
P2	1	0-13	7.5	6.3	.13	P12	4	38+	8.1	7.5	.30	B5	1	0-12	7.7	6.6	.70	B5	1	0-12	7.7	6.6	.70	1.76		
	2	13-38	6.6	5.6	.10		1	0-18	7.8	7.3	.29		2	12-24	8.0	7.5	.75		2.22							
	3	38-52	7.0	6.3	.10		2	18-38	8.2	7.6	.75		2	0-14	8.5	8.1	.10		1.40							
	4	52+	8.0	7.4	.30		1	0-15	7.3	7.0	.24		2	14-24	7.6	7.1	.10		1.86							
P3	1	0-25	7.6	6.2	.12	P13	1	15-45	7.4	7.0	.17	B7	1	0-12	7.1	6.7	.07	B7	1	0-12	7.1	6.7	.07	2.09		
	2	25-31	7.1	6.2	.06		2	45-65	7.5	7.3	.16		2	12-22	7.4	7.1	.07		1.82							
	3	31+	8.3	7.5	.21		4	65-125	7.7	7.1	.17		3	22+	7.7	7.3	.35		1.83							
P4	1	0-17	6.9	6.5	.09	P14	1	0-15	7.6	7.2	.19	B8	1	0-15	7.1	6.6	.01	B8	1	0-15	7.1	6.6	.01	1.74		
	2	17-50	6.6	6.1	.10		2	15-45	7.7	7.4	.50		2	15-25	7.2	6.6	.08		1.78							
	3	50+	7.6	6.7	.21		3	45	8.1	7.5	.90		3	25+	7.9	7.2	.18		1.80							
P5	1	0-18	7.3	6.8	.14	P15	1	0-10	6.3	5.6	.13	B9	1	0-12	7.0	6.2	.11	B9	1	0-12	7.0	6.2	.11	1.77		
	2	18-38	7.5	6.9	.17		2	10-25	7.8	7.2	.15		2	12-20	7.0	6.4	.10		1.95							
	3	38-80	7.8	6.9	.05		3	25-48	8.0	7.8	.15		3	20+	7.5	6.3	.07		1.67							
P6	1	0-21	6.6	6.9	.07	P16	4	48-95	7.6	7.6	.27	B10	1	0-20	7.7	7.7	.14	B10	1	0-20	7.7	7.7	.14	1.80		
	2	21-14	7.3	6.9	.10		5	95+	7.8	7.7	.35		2	20-40	7.8	7.1	.14		1.72							
	3	41+	8.0	7.4	.33		1	0-9	7.6	7.1	.20		3	40+	8.2	7.6	.26		2.10							
P7	1	0-19	7.5	7.2	.16	P17	2	9+	7.9	7.4	2.3	B11	1	0-15	7.3	6.8	.12	B11	1	0-15	7.3	6.8	.12	1.74		
	2	19-56	7.8	7.3	.50		1	0-10	7.5	7.1	.23		2	15+	7.8	7.5	.37		1.90							
	3	56+	8.4	7.5	.43		2	10-20	7.5	7.1	.25		1	0-25	7.1	6.5	.08		1.87							
P8	1	0-20	7.2	6.6	.19	P17	3	20-45	7.6	7.1	.37	B12	1	0-25	7.9	7.0	.18	B12	1	0-25	7.9	7.0	.18	1.87		
	2	20-50	6.0	5.8	.10		4	45-55	7.5	7.3	.72		2	25+	7.5	7.2	.22		1.82							
	3	50-75	6.7	5.7	.64		5	55+	7.9	7.4	.43		1	0-18	7.5	7.2	.22		1.82							
P9	1	0-15	7.3	6.9	.15	B1	1	0-15	7.0	6.4	.50	B1	1	0-15	7.9	7.3	.23	B1	1	0-15	7.9	7.3	.23	1.89		
	2	15+	7.8	7.3	.22		2	15-25	6.8	6.5	.82		2	18-36	7.8	7.3	.18		1.82							
	3	8-25	7.4	7.0	.78		3	25+	6.8	6.6	.57		3	36+	7.9	7.3	.23		1.89							
P10	1	0-8	7.4	7.0	.78	B2	1	0-13	6.6	6.2	.10	B2	1	0-15	7.6	7.2	.13	B2	1	0-15	7.6	7.2	.13	1.79		
	2	8-25	7.4	7.0	.78		2	13-26	7.5	6.3	.10		2	15-40	7.6	7.2	.13		1.79							
	3	25-40	7.4	6.5	.10		1	0-20	7.4	7.0	.14		3	40+	7.8	7.4	.41		1.87							
P10	4	40-55	7.7	7.1	.22	B3	1	0-20	7.4	7.0	.14	B3	1	0-20	7.4	7.0	.14	B3	1	0-20	7.4	7.0	.14	1.85		
	5	55+	8.0	7.4	.27		2	1.84																		

\* P - Perfil B - Barrera

Cuadro 52. Contenido de carbonatos (%) en capas de algunos perfiles y barrenos realizados en suelos del área del Ejido "Palma Pegada", Municipio de Salinas de Hgo., S.L.P.

Tipo de muestreo*	Perfil A			Perfil B		
	Profundidad (cm)	Contenido de CO <sub>3</sub> (%)	Altitud (msnm)	Profundidad (cm)	Contenido de CO <sub>3</sub> (%)	Altitud (msnm)
P1	1	1.53	2260	1	1.77	2190
	2	2.01		2	2.01	
	3	61.93		3	91.61	
P2	1	1.77	2270	1	92.90	2175
	2	1.77		2	92.90	
	3	1.61		3	99.35	
	4	42.90		4	2.58	2185
P3	1	1.53	2250	1	4.19	
	2	2.01		2	4.19	
	3	61.93		3	34.83	
	4	1.69		4	49.03	
P4	1	1.69	2215	1	2.90	2145
	2	2.01		2	2.90	
	3	11.61		3	89.03	
	4	1.93		4	1.77	2110
P5	1	1.93	2230	1	1.46	
	2	1.77		2	5.08	
	3	1.77		3	1.45	
	4	1.69		4	4.83	
P6	1	1.69	2210	1	46.77	2145
	2	2.01		2	90.52	
	3	58.06		3	2.01	2150
	4	5.64		4	1.61	
P7	1	5.64	2210	1	2.66	
	2	64.51*		2	92.25	
	3	68.38		3	81.93	
	4	1.77		4	81.93	
P8	1	1.69	2270	1	1.77	2270
	2	1.77		2	1.77	
	3	1.69		3	1.93	
	4	58.06		4	1.77	
P9	1	2.25	2170	1	1.77	2270
	2	2.25		2	1.93	
	3	71.83		3	1.93	
	4	1.77		4	1.77	
P10	1	1.77	2175	1	1.69	2285
	2	2.01		2	1.69	
	3	1.53		3	1.93	
	4	2.41		4	1.69	
5	56.77		5	1.93	2225	

\* P - Perfil B - Barrera



### 5.2.1 Distribución de carbonatos

Como se puede observar en la Figura 5.1 existe una menor distribución en las partes altas (área I) ya que la presencia de capas endurecidas de carbonatos y un menor espesor del suelo indican una menor dispersión de carbonatos. En las partes bajas (área III) la distribución es mayor debido al mayor número de capas mostradas por cada uno de los perfiles, observándose una mayor dispersión de carbonatos.

Lo anterior se explica porque en las partes elevadas se manifiesta una erosión continua a través del arrastre y transporte de las partículas más finas a las partes más bajas. En las figuras mencionadas también se puede observar que en función de la pendiente del área puede presentarse una variación de dicha distribución. Independientemente del contenido de carbonatos, se pudo observar que una mayor distribución de éstos se presentó a medida que la profundidad del suelo es mayor. El límite de la distribución de los carbonatos se consideró tomando en cuenta la presencia de la capa endurecida.

Por otra parte, la distribución en el área de estudio se observó claramente que también esto se debe a que la clara presencia de capas endurecidas superficiales en las partes altas contribuyen grandemente a la presencia de carbonatos en las partes bajas. Ello por efecto, tanto de la erosión eólica como hídrica. La primera es la que se manifiesta con mayor frecuencia. El campesino como otro factor modificante del medio, también se observó que contribuye a la variación de dicha distribución. Esto durante el desarrollo de las prácticas de manejo de los suelos; para su incorporación al cultivo como forma de captar recursos.

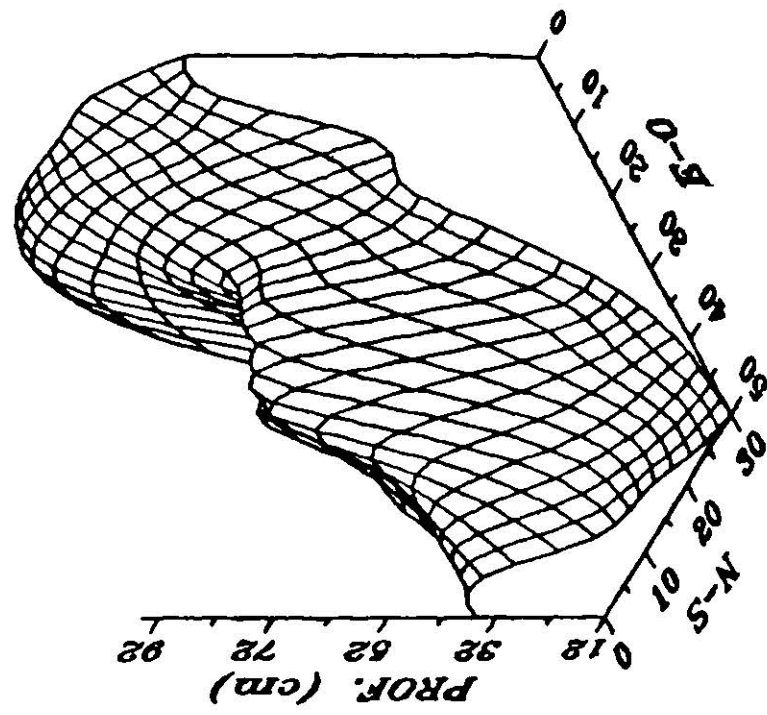


Fig. 5.1 Comportamiento de la profundidad del suelo en el area.

### 5.2.2 Contenido de carbonatos

Los resultados obtenidos del análisis químico de las muestras de cada perfil y sus correspondientes capas, así como de las muestras colectadas en cada barrena, mostraron algo contrario a lo esperado, ya que al observar la presencia de capas endurecidas (caliche) superficialmente lo normal hubiera sido encontrar mayor contenido de carbonatos. Sin embargo ésto no fue así. Ello podría explicarse por la presencia de otros materiales rocosos combinados con el carbonato.

Los contenidos mostrados en el área I corresponden a los perfiles 1, 2 y 3 y a las barrenas 1, 2, 3 y 4. En el Cuadro 5.2 los valores encontrados muestran menores contenidos de carbonatos en los perfiles de dicha área. Ello puede ser explicado por el hecho de que aunque la presencia de la capa endurecida se encuentra superficialmente, esta descansa sobre otros materiales que impiden su lixiviación hacia las partes más profundas, y la acumulación y distribución no se presente. Asimismo debido al constante efecto erosivo, la concentración de  $CO_3$  no aumenta ya que se presenta un lavado o desgaste de dicha capa de manera contínua. Este proceso que da origen al abastecimiento de carbonatos hacia las partes bajas es claro en este ejido La Palma Pegada. En este caso en las partes altas se manifiesta un desgaste de estas capas superficiales y no una acumulación de dichos carbonatos. Esto será posteriormente mostrado cuando se presente el análisis tridimensional.

Los contenidos de carbonatos encontrados en el área II corresponden a los perfiles 4, 5, 6, 7 y 8 y a la barrena 5. En el Cuadro 5.2 se muestran los valores correspondientes.

Como se puede observar existe una similitud en cuanto al contenido

mostrado en el área I, con la diferencia de que el espesor del suelo era mayor y por lo tanto la capa endurecida se encontró a mayor profundidad. En esta área algunos muestreos estuvieron localizados en suelos bajo cultivo y otros en suelos con vegetación nativa al igual que en el área I. En este caso es necesario hacer notar que el tipo de vegetación presente en ambas áreas es similar, así como su predominancia, lo que muestra que no existe una influencia importante de la profundidad del sustrato.

Con respecto a lo observado en el área III, y aunque cuya superficie es mayor a la I y II, el número de perfiles y barrenas fue menor debido a los datos obtenidos del procedimiento adoptado para la determinación de sitios de muestreo. La razón principal fue la menor variación del área en cuanto a su pendiente, uso y tipo de suelo, características que básicamente fueron consideradas como factores de influencia sobre la distribución y contenido de carbonatos.

Los perfiles y barrenas correspondientes a esta área y mostrados en la Figura 5.2 son los identificados desde el 9 al 14 y del 16 al 14, respectivamente. En el Cuadro 5.2 se muestran los contenidos detectados en los sitios de muestreo seleccionados.

Los contenidos de carbonatos encontrados en el área III corresponden a los perfiles 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 y las barrenas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

Como se puede observar los valores obtenidos para el área III son mayores respecto a los obtenidos en las áreas I y II; asimismo se observó que los muestreos fue posible hacerlos a mayor profundidad y con un número mayor de capas. Lo anterior mostró que aún y cuando se tienen mayores contenidos de  $\text{CO}_2$ , estos están distribuidos en un mayor volumen y número de capas de suelo.



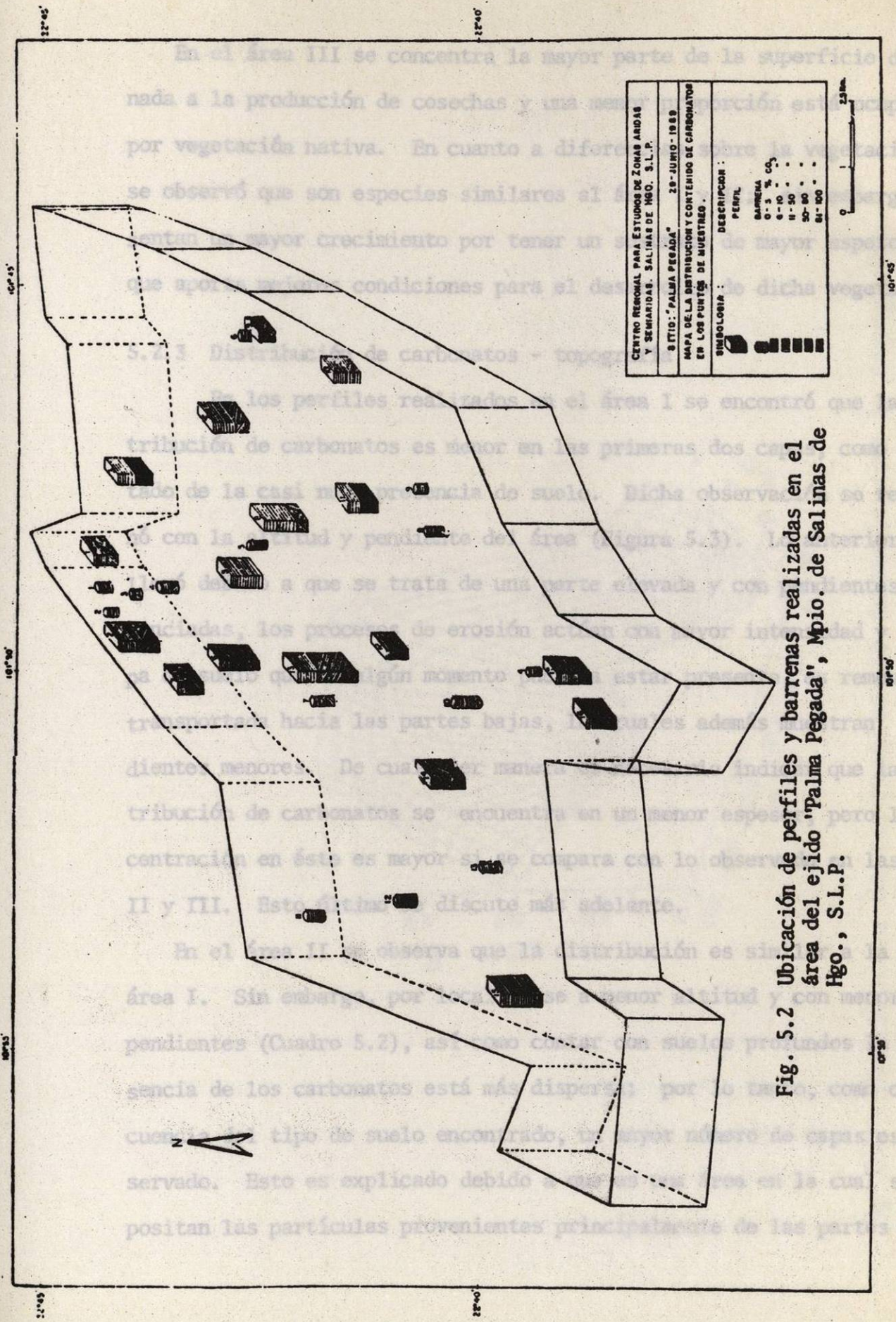


Fig. 5.2 Ubicación de perfiles y barrenas realizadas en el área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.

CENTRO REGIONAL PARA ESTUDIOS DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS. SALINAS DE HGO. S.L.P.	
ESTUDIO: "PALMA PEGADA" 29-JUNIO-1989	
MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN Y CONTENIDO DE CARBONATOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	
SIMBOLOGÍA:	DESCRIPCIÓN:
PERFIL	BARRENA
0-3 % CO <sub>2</sub>	0-10
4-10	11-50
11-50	51-80
51-80	81-100



En el área III se concentra la mayor parte de la superficie destinada a la producción de cosechas y una menor proporción está ocupada por vegetación nativa. En cuanto a diferencias sobre la vegetación, se observó que son especies similares al área I y II; sin embargo presentan un mayor crecimiento por tener un sustrato de mayor espesor lo que aporta mejores condiciones para el desarrollo de dicha vegetación.

### 5.2.3 Distribución de carbonatos - topografía

En los perfiles realizados en el área I se encontró que la distribución de carbonatos es menor en las primeras dos capas, como resultado de la casi nula presencia de suelo. Dicha observación se relacionó con la altitud y pendiente del área (Figura 5.3). Lo anterior se llevó debido a que se trata de una parte elevada y con pendientes pronunciadas, los procesos de erosión actúan con mayor intensidad y la capa de suelo que en algún momento pudiera estar presente, es removida y transportada hacia las partes bajas, las cuales además muestran pendientes menores. De cualquier manera es necesario indicar que la distribución de carbonatos se encuentra en un menor espesor, pero la concentración en éste es mayor si se compara con lo observado en las áreas II y III. Esto último se discute más adelante.

En el área II se observa que la distribución es similar a la del área I. Sin embargo, por localizarse a menor altitud y con menores pendientes (Cuadro 5.2), así como contar con suelos profundos la presencia de los carbonatos está más dispersa; por lo tanto, como consecuencia del tipo de suelo encontrado, un mayor número de capas es observado. Esto es explicado debido a que es una área en la cual se depositan las partículas provenientes principalmente de las partes altas,

tal como el área I, contribuyendo a un mayor espesor del suelo y variación en su composición.

Como se indicó en la sección 5.2.3 el área III comprende la mayor superficie del ejido. En esta se observan grandes diferencias con respecto a las áreas I y II, ya que el espesor de distribución es mayor debido principalmente a la composición diferente y presencia de otro tipo de materiales que facilitan su transporte a través del suelo, como, por la deposición continua de materiales, ocasionada por los procesos eólicos e hídricos. Otro factor considerado que juega un papel importante sobre este aspecto, es el hombre, lo cual se explicará en la sección referente a la influencia del tipo de uso del suelo.

Por todo lo anterior se puede concluir que la distribución de carbonatos en el ejido Palmar es influenciada por la topografía, apoyada por el viento. En las partes más elevadas (área I y II) se tienen contenidos promedio de carbonatos de 37.04 y 15.80 (%), en un espesor de suelo de 0.62 m, encontrándose en un espesor de hasta 68.41 por ciento de carbonatos en el suelo (Fig. 5.3). Existen excepciones de esta regla, como la zona de la zona de la zona, lo que se explica por algunas características particulares de los terrenos de la superficie.

5.2.4 Contenido de carbonatos - topografía

Al relacionar el contenido de carbonatos con la topografía se observó que en las partes más elevadas (área I) el contenido de carbonatos, presenta valores promedio máximos de 37.04 y de carbonatos (Fig. 5.3) en un espesor de suelo máximo de 0.62 m, encontrándose el contenido de carbonatos concentrado en un menor número de capas (3). Asimismo fue

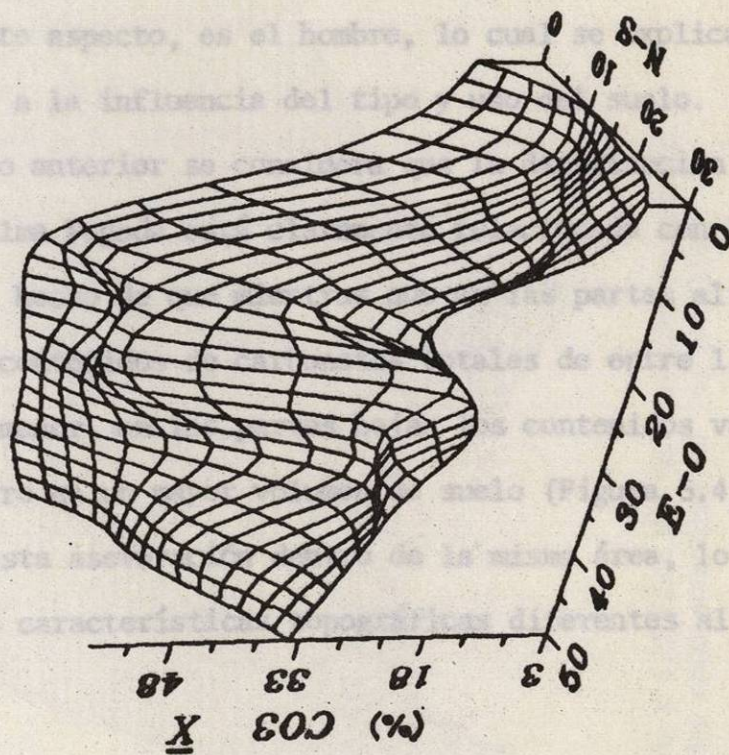


Fig. 5.3 Distribución de carbonatos de acuerdo con la topografía.



tal como el área I, contribuyendo a un mayor espesor del suelo y varia  
ción en su composición.

Como se indicó en la sección 5.2.2 el área III comprende la mayor superficie del ejido. En esta se observan grandes diferencias con res  
pecto a las áreas I y II, ya que el espesor de distribución es mayor de  
bido principalmente a la composición diferente y presencia de otro tipo  
de materiales que facilitan su transporte a través del suelo, como, por  
la deposición continua de materiales, ocasionada por los procesos eóli  
cos e hídricos. Otro factor considerado que juega un papel muy impor  
tante sobre este aspecto, es el hombre, lo cual se explicará en la sec  
ción referente a la influencia del tipo y uso del suelo.

Por todo lo anterior se considera que la distribución de carbonatos  
en el ejido Palma Pegada está claramente relacionada con la topografía,  
apoyada por el hecho de que mientras que en las partes altas (área I y  
II) se tienen contenidos de carbonatos totales de entre 1.82 a 15.80 (%),  
en un espesor menor, en las partes bajas los contenidos van desde 20.48  
hasta 68.45 pero en un mayor volumen de suelo (Figura 5.4). Existen ex  
cepciones de esta aseveración dentro de la misma área, lo que se expli  
ca por algunas características topográficas diferentes al resto de la  
superficie.

#### 5.2.4 Contenido de carbonatos - topografía

Al relacionar el contenido de carbonatos con la topografía se ob  
servó que en las partes más elevadas (área I) el contenido de carbonatos,  
presenta valores promedios máximos de 37.04 y de carbonatos (Figura 5.3)  
en un espesor de suelo máximo de 0.62 m, encontrándose el contenido de  
carbonatos concentrado en un menor número de capas (3). Asimismo fue



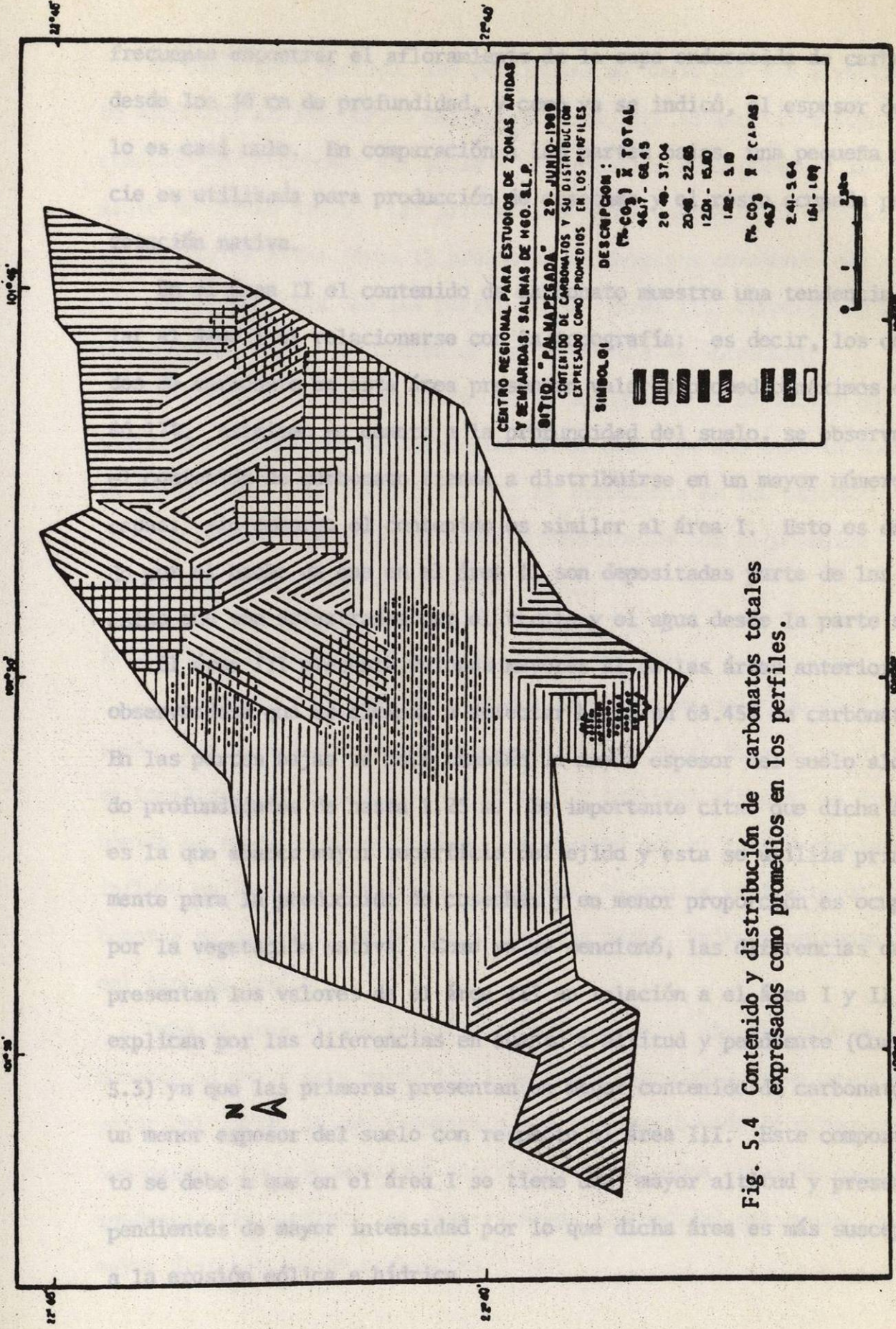


Fig. 5.4 Contenido y distribución de carbonatos totales expresados como promedios en los perfiles.



frecuente encontrar el afloramiento de la capa endurecida de carbonato desde los 30 cm de profundidad, y como ya se indicó, el espesor del suelo es casi nulo. En comparación a las partes bajas, una pequeña superficie es utilizada para producción de cosechas y el resto ocupada por vegetación nativa.

En el área II el contenido de carbonato muestra una tendencia similar al área I al relacionarse con la topografía; es decir, los contenidos de carbonato en esta área presentan valores promedio máximos de 46.17%. Asimismo en cuanto a la profundidad del suelo, se observa que el contenido de carbonato tiende a distribuirse en un mayor número de capas; sin embargo el contenido es similar al área I. Esto es explicado por el hecho de que en el área II son depositadas parte de las partículas que son arrastradas por el viento y el agua desde la parte superior.

El área III presenta valores mayores al de las áreas anteriores, observándose que se alcanza a detectar hasta un 68.45% de carbonatos. En las partes bajas se nota también un mayor espesor del suelo alcanzando profundidades de hasta 1.25 m. Es importante citar que dicha área es la que abarca mayor superficie del ejido y esta se utiliza principalmente para la producción de cosechas y en menor proporción es ocupada por la vegetación nativa. Como ya se mencionó, las diferencias que presentan los valores de el área III en relación a el área I y II, se explican por las diferencias en cuanto a altitud y pendiente (Cuadro 5.3) ya que las primeras presentan un menor contenido de carbonatos y un menor espesor del suelo con respecto al área III. Este comportamiento se debe a que en el área I se tiene una mayor altitud y presenta pendientes de mayor intensidad por lo que dicha área es más susceptible a la erosión eólica e hídrica.

Al darse este proceso, las partículas de suelo que son arrastradas, se depositan en las partes más bajas (área III), lo que tiene como consecuencia que el espesor del suelo y el contenido de carbonatos se incrementen en dichas áreas. Las diferencias en el contenido de carbonatos, en las partes altas (área I) presentan un desgaste constante del suelo el cual se deposita en las partes bajas (área III) ocasionando que el espesor del suelo y el contenido de carbonatos se incrementen.

De lo anterior se considera que la topografía es un factor que influye en el contenido de carbonatos en el suelo ya que como lo muestran los resultados (Figuras 5.5 y 5.6), la incidencia de los carbonatos en un área determinada está íntimamente relacionada con la posición y pendiente que ésta tenga, en un sitio dado.

#### 5.2.5 Distribución de carbonatos - tipo de suelo

Respecto a la distribución de carbonatos en relación al tipo de suelo, los resultados obtenidos muestran que en el área I, en el que se localizan los suelos Litosol eútrico y Cambisol eútrico, la distribución es menor en ambos suelos. Se observó que el tipo de suelo no influye en la distribución de carbonatos, ya que la presencia de carbonatos se encuentra en las tres primeras capas, independientemente del tipo de suelo.

Para el área II los resultados indican que la distribución de carbonatos es mayor para ambos tipos de suelo presentándose un mayor espesor del suelo, lo que favorece a que la distribución de carbonatos sea mayor. Como se mencionó anteriormente en ambos tipos de suelo la tendencia fue similar; se observa mayor profundidad del suelo y una mayor distribución de carbonatos.

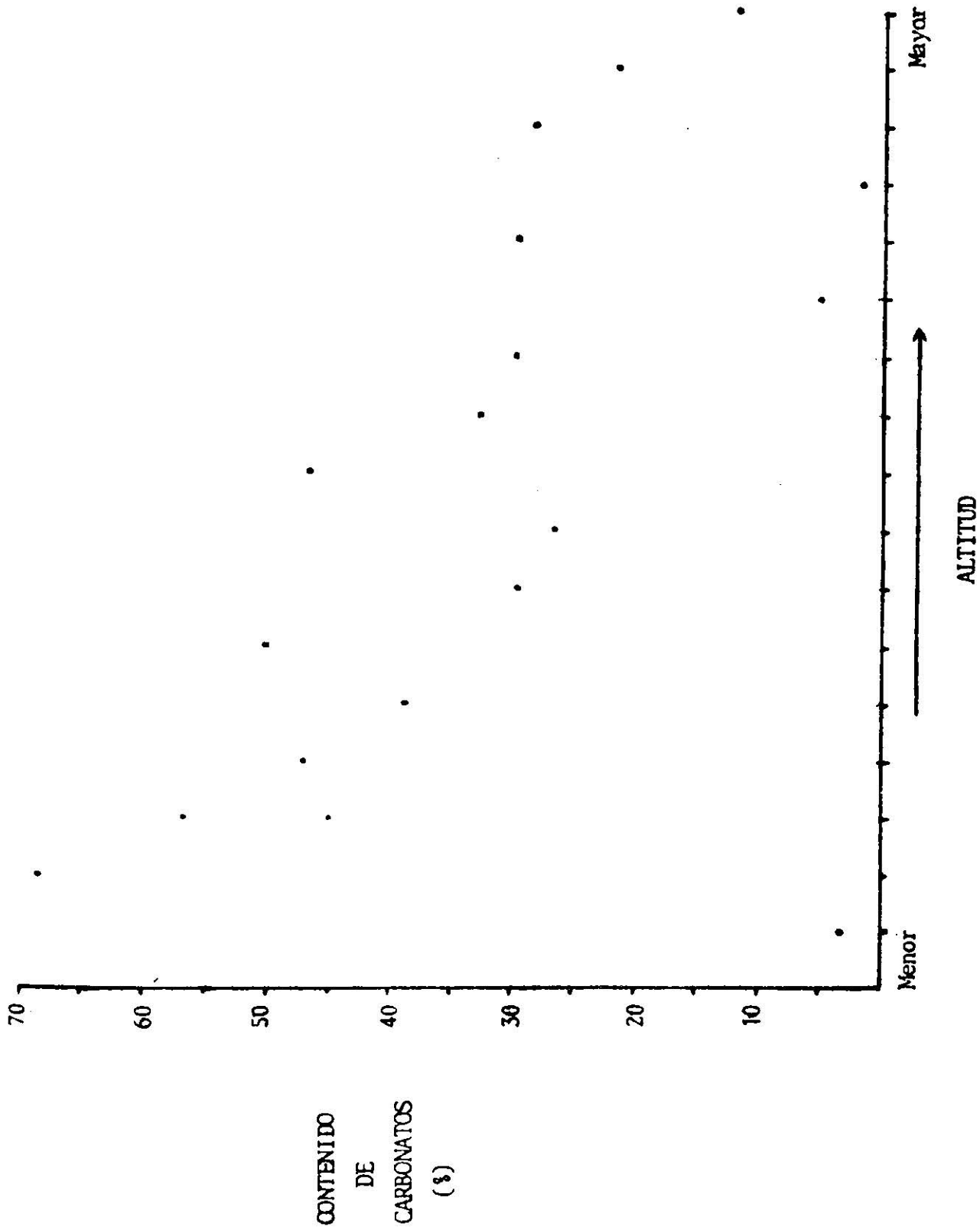


Fig. 5.5 Comportamiento de el contenido de carbonatos (%) respecto a la altitud.

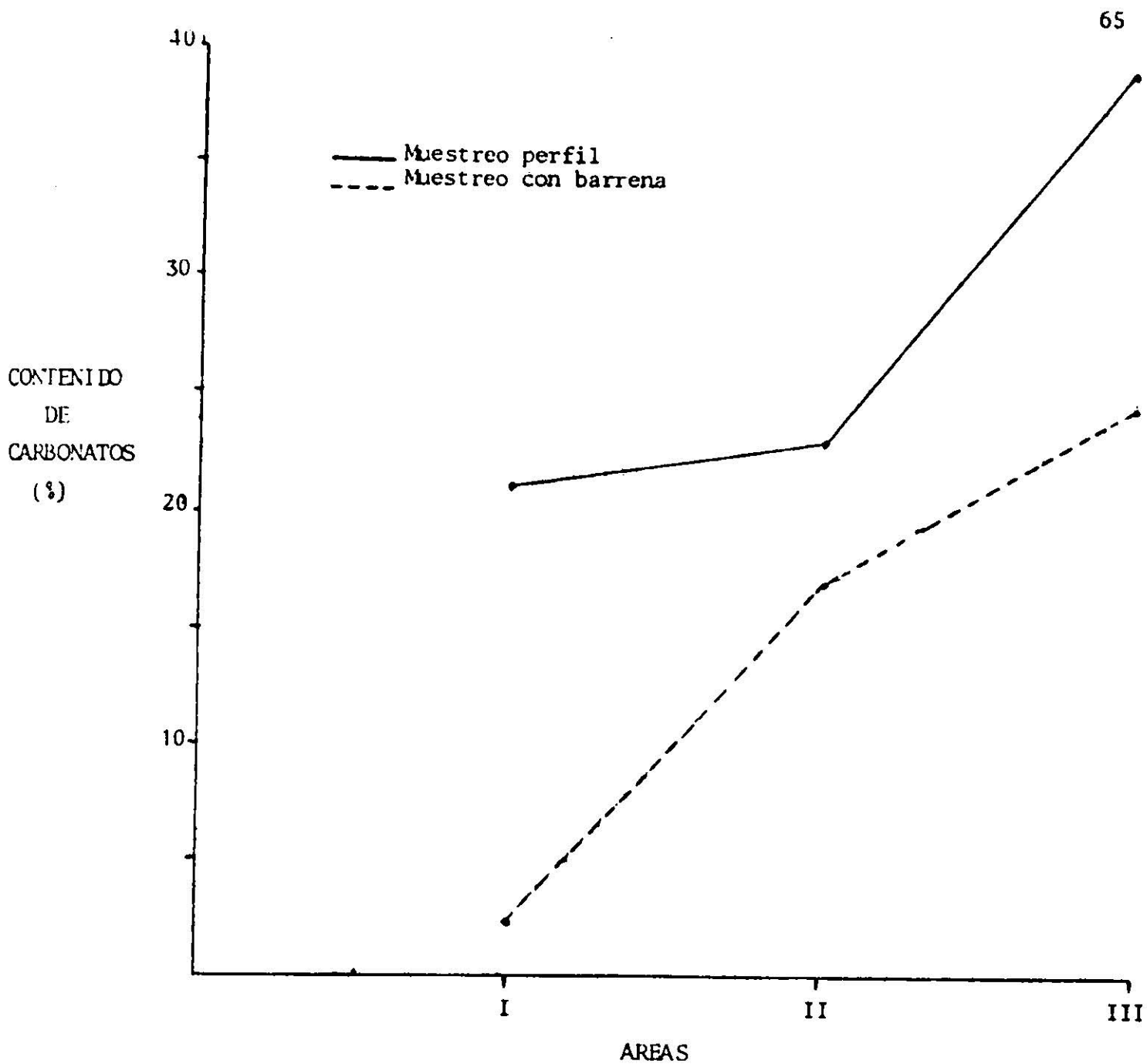


Fig. 5.6 Comportamiento del contenido de carbonatos para cada una de las áreas delimitadas en el ejido "Palma Pegada".

En el área III se localizan cuatro tipos de suelo: además de los dos encontrados en el área I y área II se encuentran también el Regosol eútrico y el Yermosol háplico.

La distribución de carbonatos para esta área es mayor en comparación con las dos anteriores, observándose de la misma manera un mayor espesor del suelo.

Tanto en el Litosol eútrico como en el Cambisol eútrico (suelos predominantes en las tres áreas) se observó de manera general que en el área III existe una mayor distribución de carbonatos y la cual es favorecida para las condiciones de actuar como área receptora.

En el Regosol eútrico la distribución de carbonatos es mayor acompañada de un bajo contenido de carbonatos y un mayor espesor de la capa de suelo.

Por último, en el área III se tiene también que el Yermosol háplico presentó una profundidad, así como distribución de carbonatos mayor; sin embargo se observó un menor contenido de carbonatos en este tipo de suelos.

Cabe mencionar que en el área III se observan algunos sitios en los que la distribución disminuye por el menor espesor de suelo, pero esto sólo se presenta en sitios muy específicos que de ninguna manera se deben considerar como predominantes. En términos generales se observó que la distribución de carbonatos en los diferentes tipos de suelo, se incrementa al aumentar el espesor de la capa de suelo, como se observó en las partes más bajas (área II y III). En base a esto el comportamiento en la distribución de carbonatos, está influenciado por las características topográficas del lugar específico en que se ubican, más que por el tipo de suelo; es decir, independientemente del tipo de suelo de que se trate, la distribución de carbonatos está más relacionada con las características topográficas.



### 5.2.6 Contenido de carbonatos - tipo de suelo

Respecto al tipo de suelo se localizan cinco tipos de acuerdo con la clasificación (FAO/UNESCO). Se observó una amplia dominancia del Litosol eútrico, en el cual, aún y cuando está clasificado como un suelo no apto para cultivos (FAO/UNESCO), este es utilizado actualmente para la producción de cosechas; además de encontrarse también ocupado por vegetación nativa. Cabe mencionar que la mayor parte de los sitios de muestreo se ubicaron en este tipo de suelo, representando un 71% del total. Dentro del área de estudio en el Cambisol eútrico, se realizó el 20% de los muestreos; dentro del Regosol eútrico 3%, Yermosol háplico 3% y Solonetz háplico 3%.

En el área I, se localizan dos tipos de suelo: (1) el Litosol eútrico y (2) el Cambisol eútrico; los resultados que se muestran en el Cuadro 5.1 dan pauta para establecer que el contenido de carbonatos en ambos suelos presenta gran similitud, tanto en la capa superficial como en las capas subsecuentes. Se encontraron valores máximos de 28.49% y 21.82% de carbonatos totales a una profundidad de 0.62 m y 0.30 m para el Litosol eútrico y el Cambisol eútrico respectivamente (Cuadro 5.4). Aquí la profundidad tuvo un comportamiento contrario a lo que menciona la literatura (FAO/UNESCO), donde se establece que el espesor de los suelos Litosol eútrico es de alrededor de 10 cm y menor al mostrado por el Cambisol eútrico. Sin embargo respecto a contenido de carbonatos, no se observa una diferencia significativa; es decir, el comportamiento tiende a mantenerse de manera similar para ambos suelos.

Para el área II se observan los mismos tipos de suelo que en el área I. Los resultados del Cuadro 5.4 muestran que el contenido de

carbonatos promedio máximo para dicha área alcanza valores de 46.17% y 28.48% para una profundidad de 0.75 m y 0.80 m para Litosol eútrico y Cambisol eútrico, respectivamente; se observó una variación en cuanto al contenido de carbonatos, el cual fue mayor en el Litosol eútrico.

En cuanto a la profundidad de la capa de suelo, ésta no presenta mayor diferencia entre ambos. Es necesario señalar que a pesar de que el suelo Litosol eútrico se caracteriza por presentar espesores de 0.10 m, la realidad es que dicho espesor en la actualidad ya presenta un mayor grosor por encontrarse en una parte baja en la que se acumulan los arrastres de partículas de la parte superior (área I) permitiendo que la capa de suelo sea de mayor espesor. En el área III, se encontraron cuatro tipos de suelos, cuyos valores del contenido de carbonatos se muestran en el Cuadro 5.2. Se observa que en esta área se tienen los valores más altos de carbonatos 68.45% y profundidad del suelo hasta de 1.25 m.

El Litosol eútrico presentó valores máximos promedio de contenido de carbonato de 68.45% y profundidades máximas de 1.25 m. Cabe mencionar que esta profundidad del suelo fue una excepción ya que en este sitio se coincidió con la presencia de aguas subterráneas, lo que permite mantener el suelo húmedo y la presencia de carbonatos en solución. Además, ésto explica el porqué se haya alcanzado esta profundidad; sin embargo la profundidad máxima normalmente observada, exceptuando la anterior fue de 0.55 m.

El Cambisol eutrico por otra parte, presentó valores máximos de contenido de carbonatos de 47.07% alcanzando una profundidad máxima de 0.38 m que como se observa con respecto al Litosol eútrico, es menor el espesor del suelo lo que contradice lo citado por la literatura

(FAO/UNESCO). Sin embargo, ésto se explica por lo que se ha mencionado insistentemente, que es la constante agregación de partículas a las partes bajas, provenientes de las áreas más altas (I y II).

El muestreo en el Regosol eútrico reporta valores máximos promedio de 12.89% de contenido de carbonatos. Y con respecto a la profundidad observada, ésta fue de 0.55 m.

Aquí se observa una diferencia en cuanto a contenido para los suelos anteriores, ya que este tipo de suelo presenta un valor muy pequeño con respecto a los anteriores. En cuanto a la profundidad, ésta mostró un comportamiento similar a los anteriores.

El Yermosol háplico muestra contenidos máximos promedio de carbonatos de 2.91% hasta una profundidad que se observó ser de 0.95 m. Esto comparado con los tres suelos anteriores permiten señalar que el menor contenido de carbonatos se presenta en el suelo Yermosol háplico; asimismo la mayor profundidad se observa en este tipo de suelo; exceptuando como ya se citó, el sitio donde se coincidió con una corriente subterránea.

De acuerdo con los resultados anteriores se tiene que el tipo de suelo que mostró un menor contenido de carbonatos es el Yermosol háplico, presentando además una profundidad mayor que la encontrada por los otros tipos de suelos.

De esta manera al relacionar el contenido de carbonatos con los diferentes tipos de suelo, se observan diferencias, tanto en el contenido como en la profundidad de cada uno de ellos. Comparando el contenido de carbonatos detectado en cada una de las áreas delimitadas se tiene que:

En el área III el Litosol eútrico presentó un mayor contenido de carbonatos lo cual era esperado ya que la acumulación de partículas se observó en las partes bajas; en este caso el área III. En cuanto a profundidad del suelo, la máxima que se tiene para el Litosol eútrico, es también observada en el área III.

Para el Cambisol eútrico se observaron en áreas diferentes, valores máximos en cuanto al contenido de carbonatos y profundidad. El mayor contenido para este suelo se localizó en el área III y la mayor profundidad se observó en el área II, aún y cuando esta profundidad no se encuentra en la parte más baja (área III). En esta se tiene una pendiente de poca intensidad lo que permite que el suelo sea profundo contribuyendo a ésto el arrastre de partículas de la parte superior (área I) depositadas en partes bajas.

El Regosol eútrico y el Yermosol háplico, localizados ambos en el área III, presentan valores bajos de contenido de carbonatos (12.98% y 2.91%, respectivamente).

#### 5.2.7 Distribución de carbonatos - uso del suelo

De acuerdo con lo observado en el campo, en el área de estudio se establecieron dos tipos de uso:

- 1) la superficie utilizada para la producción de cosechas, y
- 2) la superficie ocupada por la vegetación nativa.

En cuanto al primero se detectó que la producción de cosechas se realiza bajo condiciones de temporal, siendo los cultivos básicos el frijol y el maíz. En cuanto a la vegetación nativa se observan pastos, matorral espinoso, matorral inerme, matorral subinerme, nopalera, chaparral, etc.

En cuanto a su profundidad se observó que ésta es de 0.55 m y 0.95 m para ambos tipos de uso, respectivamente, considerándose estos valores como normales, ya que en esta área los suelos tienden a ser más profundos en relación con las partes altas.

Tomando en consideración lo anterior, se nota un comportamiento más o menos regular del contenido de carbonatos para un mismo suelo en una misma área, observando variación sólo al hacer comparaciones entre áreas; esto debido a diferencias particulares tales como la topografía de cada una. Los suelos Yermosol háplico y Regosol eútrico mostraron una mayor diferencia con respecto al Litosol y Cambisol eútrico en relación al contenido de carbonatos (Figura 5.7). Sin embargo, para estos tipos de suelo la tendencia observada en las diferentes áreas fue similar; es decir, que a medida que se presentaba una mayor altitud y menor pendiente el contenido de carbonatos en ambos suelos se incrementaba.

Como resultado de la integración de los criterios aplicados para la selección de sitios de muestreos, se observó que aún sin tener un patrón definido para situarlos, éstos presentaron una ubicación que estuvo relacionada estrechamente con el tipo de suelo presente en el área estudiada (Figura 4.3). Ello apoya la confiabilidad del procedimiento utilizado en el presente estudio pues el muestreo realizado fue bastante representativo de la distribución y contenido de carbonatos presentes.

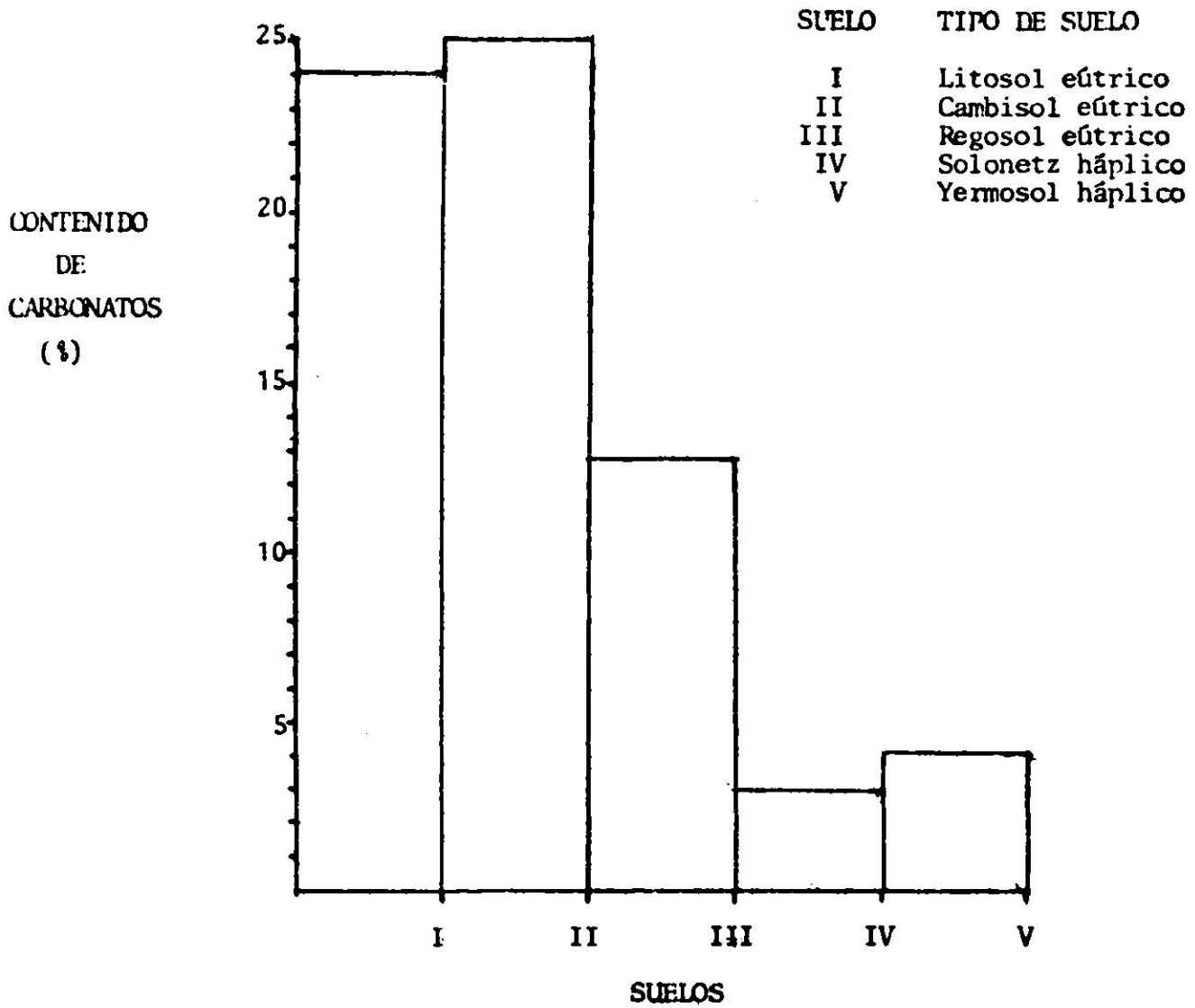


Fig. 5.7. Comportamiento del contenido de carbonatos por tipo de suelo.

El 58% de los muestreos realizados fueron en suelos utilizados para la producción de cosechas, mientras que el 42% restante correspondió a suelos ocupados por vegetación nativa.

Para el área I en la que se observan los dos usos, se nota que en el suelo utilizado para la producción de cosechas la distribución de carbonatos es mayor presentando además una mayor profundidad del suelo, respecto a aquel suelo ocupado por vegetación nativa, en que la distribución de carbonatos es menor.

En el área II se observó que una mayor proporción del área es destinada para la producción de cultivos siendo el resto ocupada por la vegetación nativa. La distribución de carbonatos presenta un comportamiento semejante para ambos usos del suelo, observándose una mayor distribución con respecto al área I, lo cual se explica debido a que la profundidad del suelo de el área II es mayor que la profundidad del área I.

En el área III es en donde se concentra la mayor superficie dedicada a la producción de cosechas. El comportamiento de la distribución de carbonatos, muestra una mayor dispersión tanto en suelos utilizados para la producción de cosechas como en suelos ocupados por vegetación nativa. Se observó también un mayor espesor en los suelos del área III que en los del área I y II, independientemente del uso que se le da al suelo.

Así, en términos generales, ello se explica por el hecho de que son las partes más bajas donde se depositan la mayor parte de las partículas arrastradas de las partes altas (área I), lo que ocasiona que, aún y cuando el uso es distinto, la acumulación de partículas se presenta de manera similar, además de los suelos utilizados para la



producción de cosechas en la parte alta presentan una menor pendiente, en comparación con las ocupadas por vegetación nativa que se encuentran en sitios con una mayor pendiente.

#### 5.2.8 Contenido de carbonatos - uso del suelo

Los resultados del contenido de carbonatos muestran que para el área I en la que se localizan los dos usos del suelo, para el suelo dedicado a la producción de cosechas el contenido de carbonatos fue de 28.59% y para el suelo ocupado por la vegetación nativa el contenido fue de 21.82%, observándose que la diferencia no es amplia; es decir, se notan contenidos de carbonatos similares para ambos usos del suelo (Figura 5.8). La diferencia observada se puede explicar por las diferencias topográfica, ya que aún y cuando se encuentran en una área alta (respecto al área II y III) la pendiente que se observa es diferente, lo que muestra que dado que la pendiente del suelo para la producción de cosechas es menor, se tienen menores pérdidas de partículas del suelo.

En el área II se notan valores promedio máximos de contenido de carbonatos de 46.17% y 15.80% para suelos de producción de cosechas y con vegetación nativa, respectivamente. El comportamiento, de manera similar al área I, además de mostrar una mayor diferencia del contenido de carbonatos entre ambos tipos de suelo, se observa al menos para el primer uso del suelo, que el contenido es mayor respecto al del área I y no así para el suelo bajo vegetación nativa, el cual muestra un valor menor al del área II; de esta manera se puede explicar que las diferencias de contenido entre ambos suelos obedece a: a) Que los suelos utilizados para la producción de cosechas se localicen en sitios con menor pendiente. Ello permite que los arrastres de las par

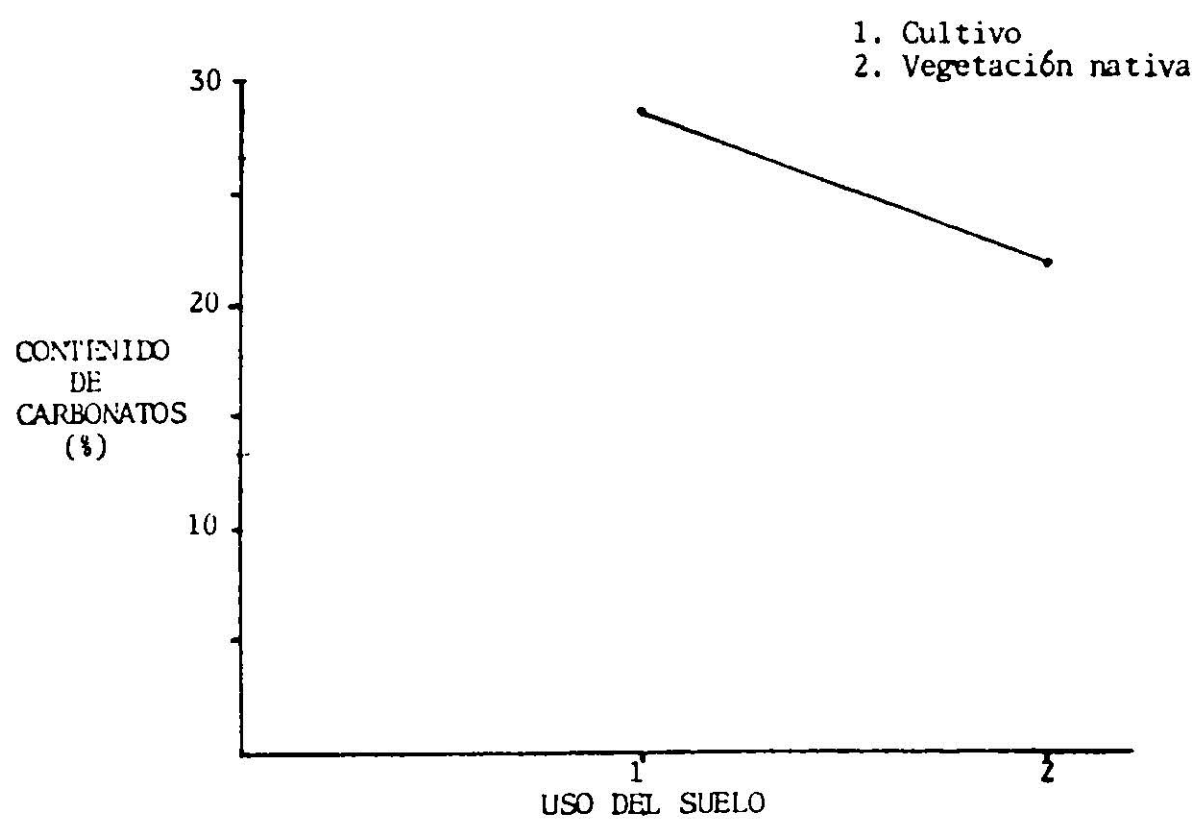


Fig. 5.8. Representación gráfica contenido de carbonatos promedio para cada uso de suelo.

tes altas se concentren en mayor proporción en dichos sitios; b) Que el suelo utilizado para la producción de cultivos, es modificado por el hombre y con ello se permite que dicho suelo presente condiciones favorables para que el contenido de carbonatos se incremente, al contrario de los suelos ocupados por vegetación nativa, los cuales no son alterados tendiendo a mostrar un contenido menor. Es decir, que presentan condiciones menos favorables para que los arrastres sean depositados en dichos suelos, además de que el proceso de lixiviación es casi nulo.

En cuanto al comportamiento observado contrario a lo esperado en el suelo bajo vegetación nativa, el cual muestra un valor menor al observado en el área I, se puede indicar que dado que en esta área se encuentra una superficie dedicada principalmente al cultivo, los suelos con una menor profundidad y una mayor pendiente son los que se dejan ocupados por vegetación nativa, por lo que aún y cuando se encuentran en una área con mayor susceptibilidad a captar arrastre de partículas, por ubicarse en pendientes fuertes, esta deposición no se da. Ello explica el porqué el contenido sea menor, ya que en lugar de ser una área receptora se comporta como área donadora.

En el área III, se encuentra la mayor proporción de la superficie utilizada para producción de cosechas. Los contenidos observados fueron: 47.07% y 68.45% para suelo utilizado para producción de cultivos y bajo vegetación nativa, respectivamente. Los valores como se observa fueron mayores, y el contenido entre suelos presentó un comportamiento contrario al observado entre ambos usos; es decir, se observa un valor mayor para suelos bajo vegetación nativa.

El incremento en contenido de carbonatos en las áreas anteriores

fue el esperado, ya que el área III es la más baja y es en la que se depositan la mayor parte de las partículas arrastradas de las partes altas.

En cuanto a el comportamiento observado entre ambos tipos de uso de suelo, como se mencionó, se observó que el suelo con vegetación nativa presentó valores superiores a los de el suelo bajo cultivo, lo cual tiene un comportamiento diferente al observado en las áreas anteriores. Esto se debe a que aún y cuando se ubican en el área en que se da la mayor acumulación de arrastres, los suelos que presentan un mayor espesor en esta área son los utilizados para la producción de cosechas y los ocupados por la vegetación nativa, con aquellos que presentan menor profundidad. Comparando ambos se puede destacar que el mayor contenido de carbonatos se observa en los suelos que presentan una menor profundidad, es decir la acumulación de carbonatos que se da en el área III, muestra en general un mayor contenido en aquellos suelos, que aunque muestran un menor espesor, la acumulación de carbonatos es mayor como se indicó para los suelos ocupados por la vegetación nativa.

#### 5.2.9 Distribución de carbonatos - profundidad

Aún y cuando la variable profundidad no está considerada para la prueba de la hipótesis, se consideró adecuado hacer un pequeño análisis de ello.

En cuanto a la distribución de carbonatos y la profundidad observada, en el área I se establece, que la profundidad máxima observada fue de 0.62 m; sin embargo, la capa de suelo en esta área es de menor profundidad de manera general.

Aquí la distribución de los carbonatos es menor; es decir, tiende a presentarse sólo en las primeras tres capas de suelo.

En el área II, en la que se observó una profundidad máxima de 0.80 m, se notó una mayor distribución de carbonatos en virtud de que el espesor del suelo, tiende a ser mayor. Lo anterior se explica por el factor topografía ya mencionado ampliamente en secciones anteriores.

En el área III el valor máximo de la profundidad fue de 1.25 m, lo que indica que al localizarse suelos de mayor profundidad, la distribución también tenderá a ser mayor; es decir, los carbonatos tendieron a presentarse más dispersos en las diferentes capas de suelo.

Lo anterior, tomando en cuenta los resultados ya mencionados, permite establecer que la distribución de carbonatos está relacionada con la profundidad del suelo, observándose una mayor distribución en suelo con mayor espesor con capa de mayor espeso (área II y III), mientras que en suelos poco profundos la distribución se presentó en las tres primeras capas (30 cm).

#### 5.2.9.1 Contenido de carbonatos - profundidad

La relación entre el contenido de carbonatos con la profundidad mostró de manera general una tendencia similar en el 88% de los muestreos. A continuación se analizan por áreas.

En el área I se observó que el mayor contenido de carbonatos se concentró en la última capa; sin embargo la incidencia de carbonatos tendió a mostrar un incremento a medida que la profundidad era mayor (Figura 5.9), coincidiendo con lo señalado por Dregne (1976) y Westeringh (1980).

En el área II se observó una tendencia similar. El contenido de carbonatos fue mayor a medida que se incrementó la profundidad.

Para el área III en donde se observaron las mayores profundidades, el contenido de carbonatos aumentó al incrementar la profundidad.



Así, en términos generales como ya se ha señalado, la tendencia del contenido de carbonatos fue la de aumentar a medida que la profundidad fue mayor (Figura 5.9). Esto permite indicar que la capa superficial contiene un menor porcentaje de carbonatos que el subsuelo. Asociado a lo anterior se observó también que las partes bajas mostraron un mayor contenido de carbonatos al compararlo con las partes altas (Cuadro 5.3). Esto obedeció en gran manera a las características topográficas que permiten que la acumulación de carbonatos se concentre en las partes bajas.

Cuadro 5.3 Contenidos de carbonatos en suelos del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P., expresado como promedios del total en cada perfil y de las dos primeras capas.

Perfil No.	Rango $\bar{X}$ total (% CO <sub>2</sub> )	Perfil No.	Dos capas $\bar{X}$ (% CO <sub>2</sub> )	Profundidad (cm)
4,5,15	1.82- 5.10	1,2,3		
2,8,10	12.01-15.80	4,5,6		
1,6,13	20.48-22.65	8,10,11	1.61-1.89	0-50
3,9,17	28.49-37.04	15,17		
7,11,12,14,16	46.17-68.45	2,9,12		
		13,14	2.41-5.69	0-50
		16	46.7	0-9

Cuadro 5.4 Contenido de carbonato promedio máximo en cada área, de acuerdo al tipo de suelo.

Area	Tipo de suelo	(%) CaCO <sub>2</sub> $\bar{X}$	Profundidad (m)
I	Litosol eútrico	28.49	0.62
	Cambisol eútrico	21.82	0.30
II	Litosol eútrico	46.17	0.75
	Cambisol eútrico	28.48	0.80
III	Litosol eútrico	68.45	1.25
	Cambisol eútrico	47.07	0.38

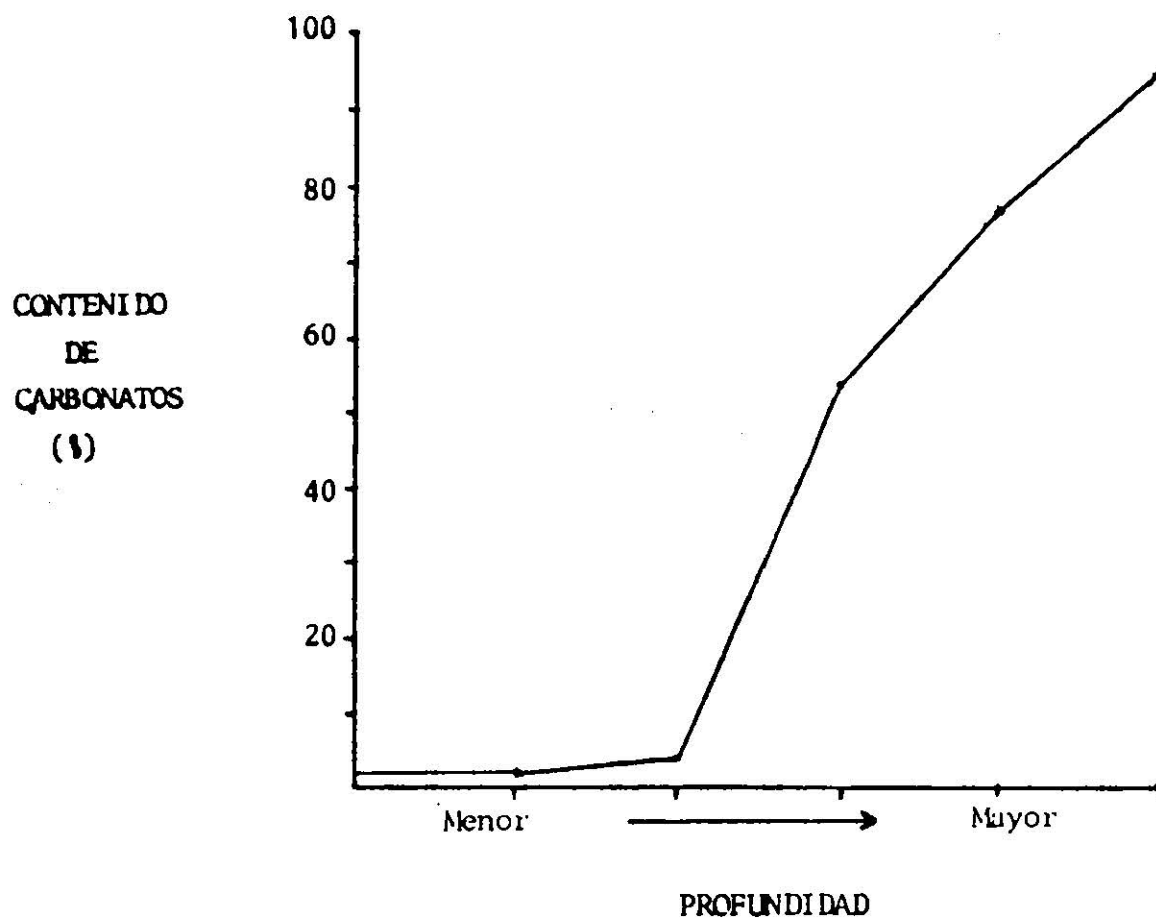


Fig. 59 Comportamiento del contenido de carbonatos respecto a la variable profundidad.

### 5.3 Análisis estadístico

Con la finalidad de observar estadísticamente el comportamiento de cada variable estudiada, con respecto al contenido y distribución de carbonatos, se realizaron algunos análisis estadísticos, tales como análisis de componentes principales, coeficientes de correlación y análisis de regresión. No se encontró en los resultados una relación significativa, lo que indicó que las variables observadas no presentan relación estrecha con el contenido y distribución de carbonatos.

Se observó que aunque los resultados muestran que el contenido y distribución de carbonatos presentan una relación con la topografía, profundidad del suelo y tipo de suelo, estadísticamente dicha relación no es significativa.

Debido a lo anterior la explicación del presente trabajo se funda menta en el comportamiento observado en los resultados de cada una de las variables estudiadas.

## VI. DISCUSION GENERAL

Como se puede observar el comportamiento de las diferentes variables observadas, para las diferentes áreas delimitadas en el ejido, no mostraron una relación bien definida con respecto al contenido de carbonatos, excepto para el factor topográfico, en el que se observó una tendencia a influir en el contenido y distribución de carbonatos.

A continuación se hace una discusión de los resultados en relación observados en el presente trabajo. Se encontró que el contenido y distribución de carbonatos está más influido por el factor topográfico. La explicación del comportamiento de las variables se constató en los resultados en laboratorio como en la información obtenida para las diferentes muestras en campo, relacionando ésto con la información de uso y manejo del suelo.

Es importante señalar que se realizó una evaluación de la precipitación presentada durante un período de 10 años, observándose que la precipitación promedio es de 351.83 mm, lo anterior aunque es un valor bajo de precipitación presenta cierta influencia en la distribución de carbonatos, ya que se observa que existe cierto transporte de carbonatos de las partes altas a las partes bajas, por medio de los escurrimientos que se dan por la precipitación pluvial.

Los tipos de suelo presentes en el ejido, generalmente no son originados por el material parental ya que las características mostradas por cada una de las capas de suelo son similares a aquellas partículas que se observan en las partes altas. En cuanto a la distribución de carbonatos, los resultados no indican una relación que muestre influencia alguna del tipo de suelo sobre la distribución de carbonatos en el área, explicándose la variación por el factor topográfico.

El contenido de carbonatos en los diferentes suelos muestreados, aportan información con la cual se establece que el tipo de suelo sí influye en el contenido de carbonatos. Esto se explica ya que, las diferencias en cuanto a contenido de carbonatos se debe en gran parte a el material parental de cada suelo, lo que indica a la vez que son las áreas de mayor deposición de los materiales de arrastre de las partes altas; ya sea por efecto de la erosión eólica o por la erosión hídrica. Estos dos tipos de erosión son los que presentan una mayor incidencia en el área, siendo cada uno de ellos muy intensos, observándose una predominancia de la erosión eólica, durante los primeros cinco meses del año (Amante, 1985).

Es común en el área de estudio las tolváneras y remolinos que sirven de transporte y mezcla de las partículas más finas. Sin embargo, dependiendo de la intensidad de éstas, el tamaño y peso de las partículas mezcladas es diferente.

Con respecto al transporte del material por efecto de la intensidad de la precipitación pluvial, tanto el transporte como el desgaste de las partes superficiales del suelo, puede determinar bajo estas condiciones la distribución y concentración de carbonatos en los diferentes suelos.

El factor humano es también importante en este estudio debido al tipo de implementos relacionados con el uso, manejo y tipos de cultivos en los suelos del ejido. Una gran proporción del área se caracteriza por mostrar en la superficie grandes trozos de piedras calcáreas ("caliche"), por efecto del rompimiento de dichas capas en áreas en las que se encuentra muy superficialmente, al llevar a cabo los agricultores las prácticas convencionales de la preparación del terreno. De esta manera el transporte y disolución de los carbonatos contenidos en dichas capas es acelerado por la alteración realizada por el hombre.



El factor topográfico, como ya se mencionó, presenta una influencia en el contenido y distribución de carbonatos, ya que según la pendiente que mostró el terreno, la distribución y contenido se incrementó o disminuyó. Sin embargo, no es conveniente generalizar, ya que la presencia de vegetación nativa y su variabilidad y tipo de ésta actúan en determinado momento como barreras que pueden en determinado momento retener cierto tipo y cantidad de materiales de arrastre. De esta manera la densidad y tipo de vegetación nativa puede presentarse variable o similar en áreas con diferente profundidad del suelo.

Con la finalidad de observar la asociación de la variable contenido de carbonatos respecto a las variables tipo de suelo, profundidad de muestreo y topografía se realizaron algunas pruebas estadísticas de correlación simple y correlación múltiple. No se encontró ninguna relación estadísticamente significativa, para alguna de las variables. De lo anterior se desprende que aún y cuando estadísticamente no se observó una relación estrecha, los resultados sí muestran una tendencia definida. Con base en esto se rechazará o aceptará la hipótesis planteada.

Finalmente, es necesario señalar que el procedimiento utilizado para la ubicación de los sitios de muestreo en gran medida puede ser útil si se aplica en áreas similares a las del ejido "Palma Pegada", que como se indicó la fuerte presencia de carbonatos es predominante.

Una de las implicaciones agronómicas más importante que tiene el presente estudio es el de contribuir con un procedimiento que apoye en la evaluación del contenido de carbonatos, ya que el efecto que tiene éste sobre la disponibilidad de algunos nutrimentos tales como fósforo y hierro, puede verse favorecido con la aplicación de algunos fertilizantes químicos o bien de materiales orgánicos.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aún y cuando los resultados del análisis estadístico no muestran una relación significativa entre las variables, la tendencia observada en los resultados permite hacer las siguientes observaciones.

1. La topografía es el factor que mostró una relación más estrecha con el contenido y distribución de carbonatos para la zona de estudio.
2. La distribución de los carbonatos en el suelo muestra una relación con la altitud y pendiente que caracterizan a un determinado lugar. Como se observó en el presente estudio, lugares altos con pendiente fuerte presentan menor distribución de carbonatos.
3. La distribución de carbonatos es mayor, cuando se muestra un mayor espesor del suelo.
4. El contenido y distribución de carbonatos presenta un comportamiento bien definido, con respecto a la variable profundidad. Se concluye que una mayor profundidad relaciona un mayor contenido y una mayor distribución de carbonatos, en la zona de estudio.
5. Los resultados no muestran una relación, entre el tipo de suelo y la distribución de carbonatos. Sin embargo, esta variable sí tiene una relación con el contenido de carbonatos.

6. Suelos que sustentan vegetación nativa y suelos utilizados para la producción de cosechas no explican la variación observada en cuanto al contenido y distribución de carbonatos. Sin embargo, al relacionarlo con el factor topográfico los sitios presentan un mayor o menor contenido y distribución de carbonatos.
7. La presencia de capas endurecidas no necesariamente indica un mayor contenido de carbonatos, ya que en ocasiones éstas son de poco espesor y/o están combinadas con otro tipo de materiales.

Por otra parte se recomienda para estudios posteriores:

- 1) Tratar de establecer los muestreos lo más sistemáticamente posible con la finalidad de facilitar el análisis estadístico.
- 2) La toma de muestras se haga tomando un patrón en cuanto a la profundidad, es decir, 0-20, 20-40 cm, etc. sin tomar en cuenta las diferencias morfológicas entre los estratos que se presenten en el muestreo. Lo anterior con la finalidad de uniformizar la profundidad de muestreo y obtener resultados que indiquen de manera más clara el contenido y distribución de carbonatos a una determinada profundidad del suelo. Asimismo ello coadyuva a que los datos sean de fácil manejo al momento de realizar el análisis estadístico.

Y por último,

- 3) Se recomienda hacer trabajos tendientes a observar la dinámica de carbonatos para predecir el comportamiento de la distribución y contenido.

## VIII. RESUMEN

El suelo es uno de los recursos más importantes en la vida del hombre; sin embargo el conocimiento de sus características presenta grandes limitaciones para un uso adecuado del mismo.

Siendo los suelos de zonas áridas y semiáridas los que ocupan más del 50% del territorio nacional, el desarrollo del presente estudio fue el de generar información sobre el contenido y distribución de carbonatos en el suelo, cuya presencia en el perfil de dichos suelos los caracteriza como típicos de las zonas mencionadas (Dregne, 1976).

Asociado a lo anterior se espera que el procedimiento utilizado sea una guía para estudios posteriores sobre la caracterización de los suelos con carbonatos y similares al área de estudio.

El presente trabajo se desarrolló dentro del área de influencia del CREZAS-CP, en el ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P., México, localizado entre los 22°45'06" N y 22°42'11" N latitud y 101°57'02" W y 101°46'01" W, longitud.

El procedimiento utilizado consistió de tres etapas:

- I. Trabajo de gabinete. Acopio y análisis de información sobre el área, así como revisión de las cartas edafológicas, topográficas, geologicas, etc. para en base a ello, ubicar el área de estudio y hacer la delimitación respectiva de la misma.
- II. Trabajo de campo. Recorrido y observación del paisaje en campo, medante lo cual se ubicó el transecto de muestreo; así como la realización y caracterización de perfiles en base a la ubicación anterior.

III. Trabajo de laboratorio. Se realizaron análisis de pH, C.E., fósforo aprovechable y el objetivo central, la determinación del contenido de carbonatos (método manométrico, Lagunes, 1985).

Análisis estadístico. Con la finalidad de observar la relación de las diferentes variables con la distribución y contenido de carbonatos se realizarán análisis de componentes principales, coeficientes de correlación simple y análisis de regresión.

De los resultados obtenidos los aspectos más relevantes fueron:

Por una parte que el contenido de carbonatos en el área del ejido mostró una tendencia a incrementarse en las partes más bajas por efecto del arrastre de materiales y por otra que

La distribución de carbonatos mostró un comportamiento asociado con el contenido. Es decir en las partes más altas el contenido fue menor al igual que la distribución, observándose también una menor profundidad del suelo, en las partes más altas.

También se observó que el contenido y distribución de carbonatos muestra una relación con la profundidad del suelo, observándose que a una mayor profundidad de éste se encuentra un alto contenido y una mayor distribución de carbonatos.

En cuanto a la relación entre el contenido de carbonatos con el tipo de suelo se observó una tendencia bien definida. Sólo muestra cierta relación respecto al contenido.

Al considerar la influencia sobre el contenido y distribución de carbonatos de la variable uso del suelo, no se observó relación alguna que permita establecer una asociación con esta variable. Sin embargo, al considerar uso del suelo conjuntamente con la topografía dicha relación sí existe.

Por lo tanto, el contenido y distribución de carbonatos en el área tiene una relación bien definida con la variable topografía ya que la



altitud y pendiente de las áreas delimitadas muestran un comportamiento definido, dependiendo de las características topográficas en cada una de ellas.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico no mostraron ninguna relación de las variables, tipo de suelo, uso de suelo, topografía y profundidad del suelo, con respecto al contenido de carbonatos. Sin embargo, aún y cuando estadísticamente no se observa una relación significativa de alguna de las variables mencionadas con el % de carbonatos, parte de los resultados muestran que la topografía y la profundidad, dos variables muy relacionadas entre sí, muestran una relación clara con respecto al contenido y distribución de carbonatos a través del perfil del suelo.

Se observa también que el tipo de suelo presentó una relación en cuanto al contenido de carbonatos.

## IX. VALIDEZ DE LA HIPOTESIS

Aún y cuando los resultados obtenidos estadísticamente, no aportan bases que permitan decidir la validez de la hipótesis planteada, en el presente trabajo, la tendencia observada para cada variable aporta información con la cual es factible establecer su validez.

Por lo tanto la hipótesis planteada se acepta parcialmente, explicado por el hecho de que la variación del contenido y distribución de carbonatos está influenciada por la topografía y el tipo de suelo; esta última variable presenta relación sólo para el contenido de carbonatos. Sin embargo, de acuerdo a lo anterior se rechaza que el uso del suelo influya en la variación del contenido y distribución de carbonatos.

## X. LITERATURA CITADA

- Adán, G.J.H. 1989. Algunos métodos y procedimientos para el análisis químico de suelos. UACH-URUZA. Bermejillo, Dgo. pp:19-62. En prensa.
- Adán, G.J.H. 1986. An investigation of the reactions of rock phosphate in acid soils the presence of acidifying materials. Thesis, Ph.D., University of Reading Inglaterra. pp:9-15.
- Amante, O.A. 1985. Evaluación de ecuaciones paramétricas para la predicción de la erosión eólica en el área de estudio del CREZAS-CP. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara, Jalisco. México. pp:15-18.
- Brady, N.C. 1984. The nature and properties of soils, Macmillan publishing company inc. 9a. Edición. New York, E.U.A. 750 pp.
- Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. 2a. reimpresión. Ed. Montaner y Simón. Barcelona, España. 590 pp.
- Buyanovsky, G. 1980. Distribution of alkaline-earth carbonates in soils of on arid plain, Transcaucasus. Geoderma 24:177-190. USSR.
- Cajuste, J.L. 1971. Factors regulating plant availability of phosphate applied to Brazilian soils. Tesis Doctor of Philosophy. University of Wisconsin. pp: 5-12.
- Cajuste, J.L. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. pp:215-229.
- CETENAL. 1971. Carta Edafológica. F-14-A-61. Escala 1:50,000. Salinas de Hgo., S.L.P. Secretaría de la Presidencia, México.
- CETENAL. 1971. Carta de Uso del Suelo. F-14-A-61. Escala 1:50,000. Salinas de Hgo., S.L.P. Secretaría de la Presidencia, México.
- CETENAL. 1971. Carta Geológica. F-14-A-61. Escala 1:50,000. Salinas de Hgo., S.L.P. Secretaría de la Presidencia, México.
- CETENAL. 1971. Carta Topográfica. F-14-A-61. Escala 1:50,000. Salinas de Hgo., S.L.P. Secretaría de la Presidencia, México.
- Cuanalo de la C, H. 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelos en el campo. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 40 pp.
- Dregne, H.E. 1976. Soils of Arid Regions. Elsevier Scientific Publishing Company. New York, E.U.A. 237 pp.
- Duchaufour, P. 1975. Manual de edafología. 1a. reimpresión. Editorial Torey-Masson, S.A. España. pp:121-173.
- FAO. (Rome). 1973. Calcareous soils. FAO. Soils Bull., Nal:299 pp.
- FAO-UNESCO. 1970. Clasificación de suelos. CETENAL. México.
- Fitzpatrick, E.A. 1978. An introduction to soil science. Editorial Oliver and Boyd, LTD. E.U.A. pp:2-32, 70-73.
- Flores, F.J.L. 1985. Evaluación de tierras en el área de estudio del CREZAS-CP. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México. 407 p.

- García de M., E. 1981. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen. México. 252 pp.
- Gaucher, G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Editorial Omega, S.A. España. pp:70-75.
- Grande, L.R. 1967. Morfología y génesis de suelos yesíferos de Matehuala, S.L.P. *Agrociencia* 2:130-146.
- Jenny, H. 1980. The soil resource. (Ecological studies, v. 37). Editorial Springer-Verlag. New York, E.U.A. 377 p.
- Lagunes, E.L. del C. 1985. Caracterización química de una serie de suelos ígneos, calcáreos y yesíferos del Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Orizaba, Veracruz.
- Lindsay, W.L. 1979. Chemical Equilibrio in soils. Interscience John Wiley y Sons. Inc. New York, E.U.A. pp:79-103.
- Longoria, G.G.A. 1973. Prevención de la clorosis férrica en suelos calcáreos mediante el tratamiento de inundación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp:6-9.
- Mariscal, A.G. 1985. Efecto del calcio en el crecimiento radical del maíz *Zea mays* en suelos de ando. Tesis profesional. E.N.A. Chapingo, Méx. pp:33-44.
- Marroquín, S.J., Bórja, L.G. Velázquez C. y De la Cruz, J.A. 1964. Estudio ecológico-dasonómico de las zonas áridas del Norte de México. SAG. Subsecretaría de Recursos Forestales y de la Caza. INIF. México, D.F. pp:16-20.
- Martínez, V.R. 1969. Efecto de la precipitación en el desarrollo de suelos calcáreos. Tesis de licenciatura. E.N.A. Chapingo, Méx. pp:3-18, 60-66.
- Millar, C.E., Foth, H.D. Turk, L.M. 1979. Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial Continental, S.A. México. pp:444-452.
- Miramontes, F.B. 1972. Efecto de el carbonato y silicato de calcio sobre el rendimiento de sorgo y algunas propiedades químicas entre suelos de México. Tesis de Maestría. E.N.A. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp: 3-14.
- Nunes, F.J. 1984. El mejoramiento de los suelos sódicos y aguas carbonatadas, utilizando yeso agrícola en diferentes láminas de aplicación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp:11-30.
- Ortiz, S.C.A. 1985. Los principales suelos de México. UACH. Chapingo, México. 21 pp.
- Ortiz, S.C.A. 1985. Un método para la cartografía de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 25 pp.
- Pierre, W.H. y Norman, A.G. 1953. Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. *Agronomy a series of monographs*. vol. IV. Academic Press Inc., Publishers New York, E.U.A. pp:91-117.

- Rhodes, W.F. y F.M. Charles. 1979. The Encyclopedia of soil science. Editorial Bowden, Hutchinson y Ross, Inc. Pennsylvania, U.S.A. pp: 68, 390, 476.
- Rone, P.J.L. 1980. Evaluación de la fertilidad fosfatada en suelos calcáreos de la zona de abastecimiento del ingenio azucarero de Atencingo, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. p: 5-20.
- Russell, W.E. 1973. Soil conditions and plant growth. Longman Group Limited. London and New York. pp: 658-669.
- Rzedowski, J. 1965. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta científica potosina. San Luis Potosí, México. pp:21-22, 146-148.
- Teuscher, H. y R. Adler. 1981. El suelo y su fertilidad. Compañía Editorial Continental, S.A. México.
- Thompson, L.M. F.R. Trueh. 1980. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté, S.A. España. pp: 14-32, 171-177.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial UTEHA. México. 760 pp.
- USDA. 1954. Diagnosis in improvement of saline an alkali soils. U.S. Salinity Laboratory Staff. Handbook 60 (traducción del INIA-SAG, México, 1965).
- Wallace, H.F. 1975. Soil of the Desert Southwest. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, U.S.A. pp: 11-12, 47.
- Westeringh, W. Van de. 1980. Incidence and distribution of carbonates in the soils of the meandering river geul. (Southlinburg, the Netherlands). Mededelingen, Landbouwhogeschool. 80-88, 45 pp.



## XI. APENDICE

## TECNICAS DE ANALISIS

## Determinación de pH

Método electrométrico, en suspensión acuosa relación suelo-agua 1:1.5, y suelo-solución de  $\text{CaCl}_2$  0.01M 1:2.5.

## Reactivos

Solución de  $\text{CaCl}_2$  0.01M

Pesar 10 gr de suelo previamente secado y tamizado, y colocarlo en un frasco de 100 ml, añadir un volumen de 25 ml de cada una de las soluciones o agua destilada, de acuerdo a la relación suelo-agua.

Agitar la suspensión tres veces en un intervalo de 30 minutos para posteriormente determinar el pH, utilizando un potenciómetro de electrodos Corning modelo 610 A.

## Conductividad eléctrica

Después de haber realizado la lectura del pH, las mismas muestras se dejan en reposo durante 24 hrs, al término del cual se separa la porción líquida del suelo. Se vacía el sobrenadante dentro de la celda del puente de conductividad y se hace la lectura en el conductímetro, para éste se leyó en un puente de Wheatstone; Lab-Line Lectro Mho-Meter Modelo MC-1, Marca IV.

## P disponible

## Reactivos

Solución extractora ( $\text{NaHCO}_3$  0.5M, pH 8.5. Disolver 42 gr de bicarbonato de sodio grado comercial ( $\text{NaHCO}_3$ ) en agua pura para diluir a un litro. El pH de esta solución deberá ser ajustado a 8.5 con

NaOH al 50%. Agregar aceite mineral para evitar el contacto de la solución con el aire. Guardar en un frasco de polietileno y medir el pH de la solución cada mes.

Mezcla de reactivos. Disolver 12 gr de molibdato de amonio ( $(\text{CH}_3\text{N}_4)_6\text{Mo}$ ,  $\text{O}_{20}4\text{H}_2\text{O}$ ) en 250 ml de agua pura. Disolver 0.2908 gr de tartrato antimónico potásico ( $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) en 1000 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N (148 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc./lt), mezclar las dos soluciones completamente y llevar a un volumen de 2000 ml con agua pura. Conservar en botella pirex en lugar oscuro y frío.

Reactivo para desarrollar color. Agregar 0.739 gr de ácido ascórbico a 140 ml de la mezcla de reactivos. (Esta cantidad de reactivo es suficiente para 24 determinaciones de fósforo). Este reactivo debería prepararse a medida que se requiera y no mantenerse por más de 24 horas.

Solución estándar de fósforo (100 ppm de P). Pesar 0.4394 gr de fosfato potásico monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) (el cual ha sido secado a la estufa a  $100^\circ\text{C}$ ) en un matraz volumétrico de 1 litro. Agregar alrededor de 200 ml de agua pura, disolver la sal y llevar a volumen con agua pura. Agregar 5 gotas de tolueno y agitar el matraz vigorosamente. Esta solución contiene 0.1  $\mu\text{g}$  de P/ml (100 ppm).

#### Procedimiento

Extracción. Pesar 2.5 gr de suelo o un recipiente de 2  $\text{cm}^3$  con suelo secado al aire y pasado por un tamiz malla 10 (2 mm de abertura) en una botella de extracción de 250 ml. Agregar 50 ml de solución extractora y agitar durante 30 min en un agitador recíproco a 180 oscilaciones por

minuto. Filtrar y conservar el filtrado. Después de la extracción se deberá medir el fósforo en el extracto dentro de un período de 2 horas.

Desarrollo de color. Pipetear 5 ml de extracto o de solución estándar en tubos del espectrofotómetro o en matraces volumétricos de 50 ml, agregar 5 ml de la solución para desarrollo de color cuidadosamente para prevenir pérdidas de muestra debido a la formación excesiva de espuma.

Agregar 15 ml de agua pura con una pipeta y agitar. Dejar reposar durante 15 min. y medir la intensidad de color a 880 m $\mu$ . Si el color es demasiado intenso fuera del rango de la curva de calibración, reducir la alícuota de 5 ml menor y agregar suficiente solución extractora (NaHCO<sub>3</sub>) para llevar el volumen de alícuota a 5 ml (es decir, si se usa 1 ml de alícuota se deben agregar 4 ml de solución extractora), entonces desarrollar el color. Este es estable durante 24 horas.

#### Calibración y estándares

Solución estándar de fósforo para la curva de calibración. Diluir 20 ml de la solución estándar de fósforo a 1 lt con agua pura para obtener una solución que contenga 24 gr de P/ml (2 ppm).

Pipetear alícuotas de solución diluídas de fósforo que contengan de 2 a 25  $\mu$ g de fósforo (1 ml a 12.5 ml) en un matraz de 25 ml.

Agregar 15 ml de la solución extractora y mezclar completamente. Permitir reposar durante 15 minutos y leer la intensidad del color a 880 m $\mu$ .

Curva de calibración. En un papel graficar % de ABS vs fósforo en la solución en una escala lineal. Usar dos puntos en la curva de calibración cada día en que se desarrollo un análisis.

## Determinación de carbonatos totales (% $\text{CO}_3$ ). Método manométrico

### Reactivos

Acido clorhídrico 5N (HCl)

Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) grado reactivo

### Procedimiento

Pesar 2 gr de suelo secado al aire y pasado por una malla de 2 mm y colocar en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Separadamente agregar 10 ml de HCl 5N en un recipiente de 12 ml e introducirlo con cuidado dentro del matraz Erlenmeyer procurando que el HCl no entre en contacto con el suelo. Tapar el matraz con el tapón de hule que está conectado a la columna de mercurio (Fig. 11.1).

Agitar el matraz en forma circular durante 5 min y anotar la lectura o cm que es desplazada la columna de mercurio.

### Cálculos

$$\% \text{CaCO}_3 \text{ en el suelo} = \frac{\text{grs en la curva}}{\text{grs de suelo}} \times 100$$

### Curva estándar

Preparar una curva de calibración de la manera siguiente:

Pesar 0, 100, 200, 300 y 350 mgr de  $\text{CaCO}_3$  (grado reactivo) y colocar en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Introducir un recipiente conteniendo 10 ml de HCl 5N y tapar el matraz. Agitar durante 5 min y tomar la lectura como en el procedimiento para la muestra problema.

Interpretar los valores obtenidos con las muestras problema en la curva y calcular el porcentaje de carbonato mediante la fórmula anterior.

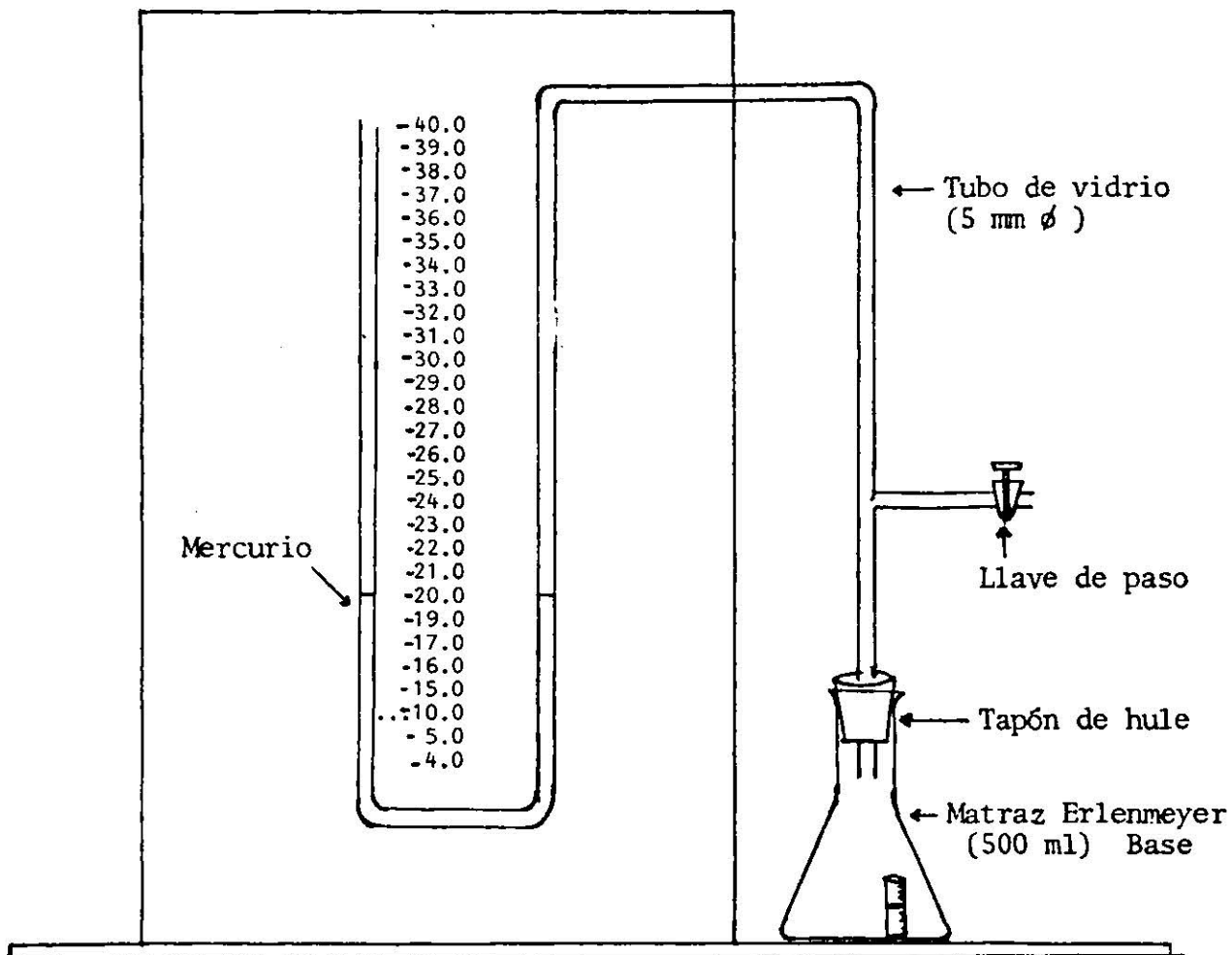


Fig. 11.1. Aparato para la medición de carbonatos (Método manométrico).



Cuadro 11.1. Algunas características de los perfiles de los suelos en las áreas bajo estudio del Ejido Palma Pegada, Municipio de Salinas de Hidalgo, S.L.P. Descripción en campo.

L U G A R	LOC. GEOGRAFICA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (cm)	pH.	REACCION HCl	TEXTURA	COLOR
C. la Veta	101°48'33" 22°44'24"	P1	1	0-14	No calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/4
			2	14-30	No calcáreo	Arcilloso	5 YR 3/4
			3	30→	Altamente calcáreo	Arcilloso	10 YR 8/3
C. la Veta	101°40'41" 22°44'06"	P2	1	0-13	No calcáreo	Areno-Arcilloso	10 YR 5/4
			2	13-38	No calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/6
			3	38-52	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/6
			4	52→	Calcáreo	Arcilloso	10 YR 8/2
Las Peritas	101°46'31" 22°44'04"	P3	1	0-25	No calcáreo	Arcilloso	7.5 YR 4/4
			2	25-62	Alta/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 8/2
			3	62→	Alta/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/6
Guadalupito	101°46'48" 22°43'05"	P4	1	0-17	No calcáreo	Arenoso	7.5 YR 5/4
			2	17-50	No calcáreo	Areno-Arcilloso	5 YR 3/4
			3	50→	No calcáreo	Arcilloso	2.5 YR 3/6
Palma Pegada	101°48'51" 22°42'52"	P5	1	0-18	No calcáreo	Arenoso	10 YR 5/6
			2	18-38	No calcáreo	Arenoso	5 YR 3/4
			3	38-80	Ligera/Calcáreo	Arcilloso	2.5 YR 3/6
Pozo Seco	101°50'00" 22°42'58"	P6	1	0-21	Ligera/Calcáreo	Areno-Arcilloso	10 YR 5/4
			2	21-41	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 5/6
			3	41→	Alta/Calcáreo	Arcilloso	10 YR 8/3

Continúa...

Cuadro 11.1. Continuación...

L U G A R	LOC. GEOGRAFICA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (cm)	pH	REACCION HCl	TEXTURA	COLOR
Pozo Seco	101°50'16"	P7	0-19	7	Calcáreo	Arcillo-Arenoso	10 YR 6/3
	22°43'22"		19-56	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	10 YR 8/2
			56+	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	10 YR 8/2
Palma Pegada	101°48'01"	P8	0-20	6	No calcáreo	Arcilloso	10 YR 5/4
	22°42'28"		20-50	6	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/6
			50-75	6	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	2.5 YR 4/6
			75+	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	5 YR 8/3
Guadalupito	101°45'42"	P9	0-15	7	Ligera/Calcáreo	Areno-Arcilloso	10 YR 6/3
	22°42'33"		15+	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	7.5 YR 8/2
El Tejón	101°46'11"	P10	0-8	6	No calcáreo	Arenoso	10 YR 5/6
	22°41'39"		8-25	6	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/6
			25-40	7	Ligera/Calcáreo	Areno-Arcilloso	5 YR 3/4
			40-55	7	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	5 YR 3/3
			55+	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	5 YR 8/3
El Charquito	101°47'51"	P11	0-10	7	Ligera/Calcáreo	Areno-Arcilloso	10 YR 5/6
	22°41'32"		10-30	7	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/6
			30-38	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	7.5 YR 8/2
			38+	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	7.5 YR 5/0
La Bolsa	101°49'48"	P12	0-18	6	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	10 YR 6/4
	22°41'04"		18-38	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	10 YR 8/2
La Cueva	101°50'07"	P13	0-15	6	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	10 YR 6/4
	22°41'04"		15-45	7	Calcáreo	Areno-Arcilloso	10 YR 5/3
			45-65	7	Calcáreo	Arcilloso	10 YR 4/3
			65-125	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	20 YR 7/3

Continúa...

Quadro 11.1. Continuación...

LUGAR	LOC. GEOGRAFICA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (cm)	pH	REACCION HCl	TEXTURA	COLOR
El Mosco	101°51'30" 22°40'30"	P14	1 0-15	7	Calcáreo	Areno-Arcilloso	7.5 YR 6/2
			2 15-45	7	Muy calcáreo	Areno-Arcilloso	7.5 YR 7/2
			3 45→	7	Muy calcáreo	Arcilloso	7.5 YR 8/2
Viborillas	101°54'17" 22°39'41"	P15	1 0-10	6	No calcáreo	Arenoso	5 YR 8/3
			2 10-25	6	No calcáreo	Areno-Arcilloso	7.5 YR 3/2
			3 25-48	6	Ligera/Calcáreo	Areno-Arcilloso	7.5 YR 4/4
			4 48-95	6	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	7.5 YR 4/6
			5 95→	6	Calcáreo	Arcilloso	5 YR 8/3
Charco del Toro	101°50'39" 22°38'50"	P16	1 0-9	7	Calcáreo	Arenoso	7.5 YR 6/2
			2 9→	8	Alta/Calcáreo	Arcilloso	7.5 YR 8/4
Charco del Toro	101°50'05" 22°39'10"	P17	1 0-10	6	Ligera/Calcáreo	Areno-Arcilloso	10 YR 6/4
			2 10-20	7	Ligera/Calcáreo	Arcillo-Arenoso	10 YR 6/3
			3 10-45	7	Ligera/Calcáreo	Arcilloso	10 YR 5/4
			4 45-55	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	10 YR 8/2
			5 55→	7	Alta/Calcáreo	Arcilloso	10 YR 5/1

Quadro II.11. Algunas características de los muestreos con barrenas de los suelos en las áreas bajo estudio del Ejido Palma Pegada, Municipio de Salinas de Hidalgo, S.L.P. Descripción en campo.

L U G A R	LOC. GEOGRAFICA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (cm)	REACCION HCl
C. 1a Veta	101°48'53" 22°43'24"	B1 1	0-15	No calcáreo
		2	15-25	No calcáreo
		3	25→	ligera/calcáreo
C. 1a Veta	101°49'09" 22°44'20"	B2 1	0-13	No calcáreo
		2	13-26	No calcáreo
C. 1a Veta	101°48'58" 22°43'54"	B3 1	0-20	No calcáreo
C. 1a Veta	101°48'53" 22°43'42"	B4 1	0-25	No calcáreo
		2	25→	No calcáreo
El Magueyal	101°50'24" 22°42'54"	B5 1	0-12	ligera/calcáreo
		2	12-24	Alta/calcáreo
Guadalupito	101°45'40" 22°42'44"	B6 1	0-14	No calcáreo
		2	14-24	No calcáreo
		3	24	ligera/calcáreo
La Joyita	101°50'24" 24°41'54"	B7 1	0-12	ligera/calcáreo
		2	12-22	ligera/calcáreo
		3	22	Alta/calcáreo

Continúa...

Cuadro 11.1.1.1. Continuación...

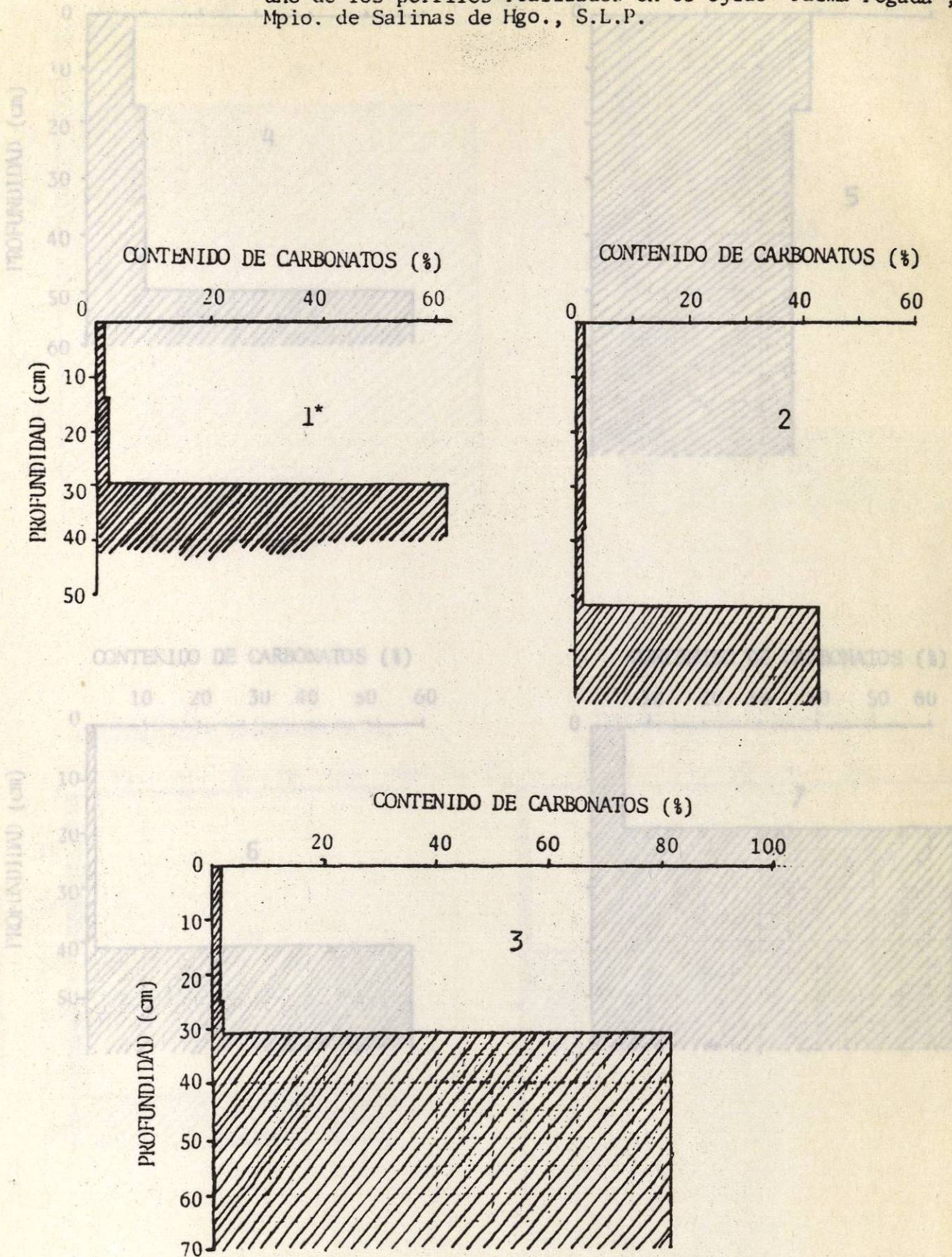
L U G A R	LOC. GEOGRAFICA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (cm)	REACCION HCl
La Bolsa	101°48'12" 22°40'43"	B8 1	0-15	No calcáreo
		2	15-25	No calcáreo
		3	5→	Calcáreo
La Bolsa	101°47'37" 22°40'48"	B9 1	0-12	No calcáreo
		2	12-20	No calcáreo
		3	20→	ligera/calcáreo
El Mosco	101°50'21" 22°40'19"	B10 1	0-20	ligera/calcáreo
		2	20-40	ligera/calcáreo
		3	40→	Alta/calcáreo
	101°52'12" 22°41'56"	B11 1	0-15	No calcáreo
		2	15→	Alta/calcáreo
La Escondida	101°53'03" 22°40'55"	B12 1	0-25	ligera/calcáreo
		2	25→	ligera/calcáreo
Laguna El Mosco	101°52'35" 22°39'54"	B13 1	0-18	No calcáreo
		2	18-36	ligera/calcáreo
		3	36→	ligera/calcáreo
Charoo del Toro	101°50'00" 22°39'24"	B14 1	0-15	No calcáreo
		2	15-40	ligera/calcáreo
		3	40 →	Alta/calcáreo



Cuadro 11.2. Caracterización del suelo para cada perfil realizado en el área del ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.

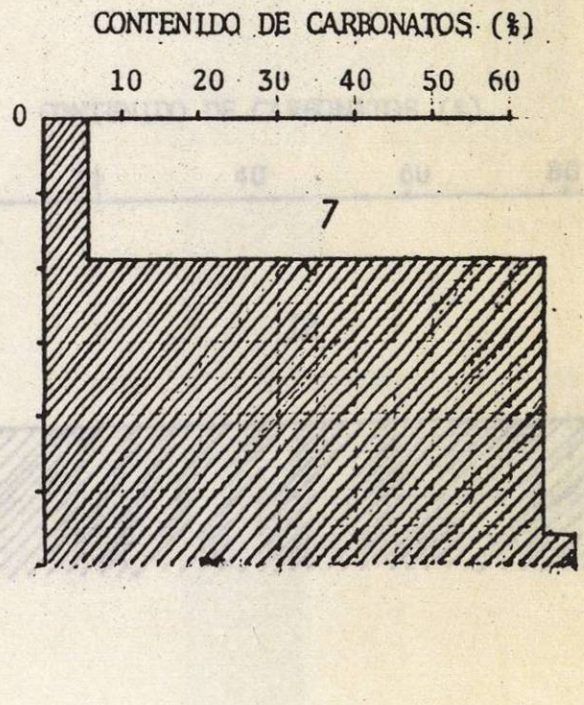
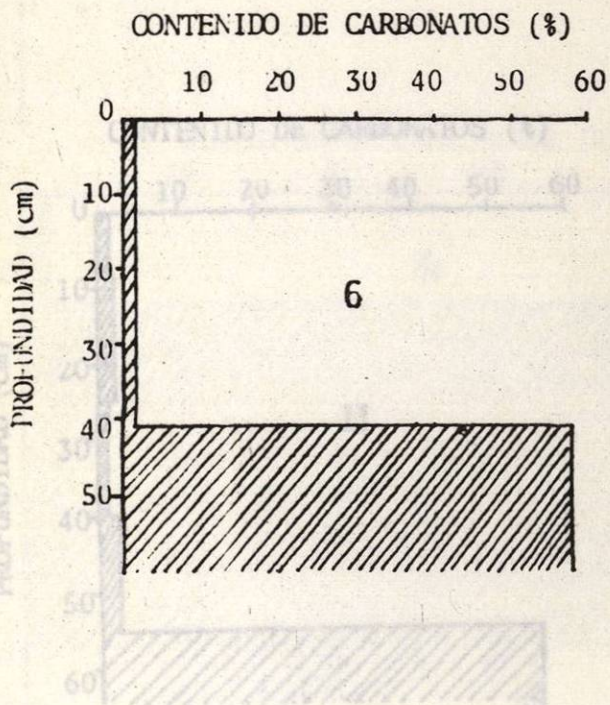
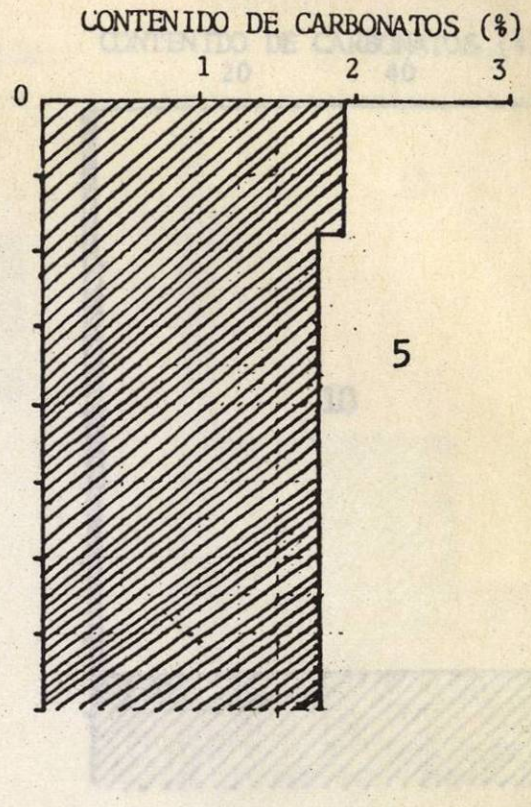
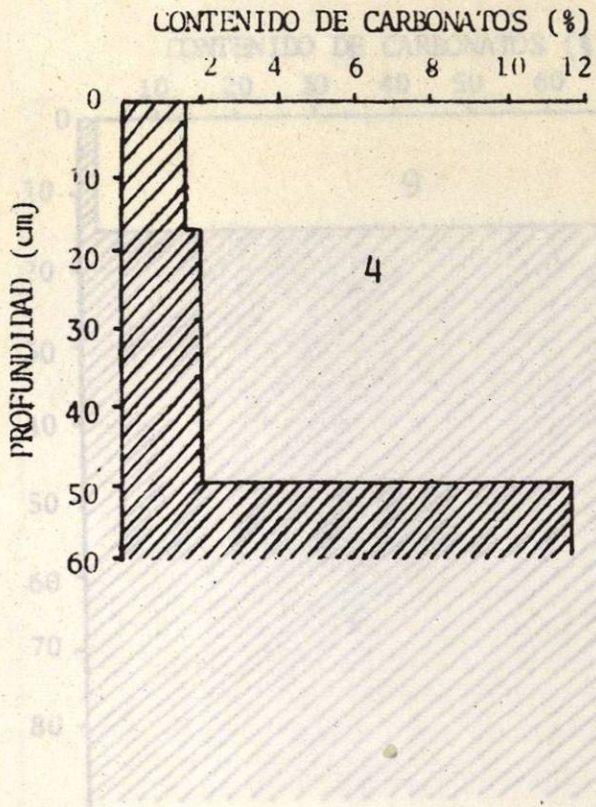
Perfil	Tipo de suelo	pH	C.E. mmho/cm	% CaCO <sub>3</sub>	P (ppm)
1	Cambisol eútrico	7.0	1.53	1.53	4.14
2	Litosol eútrico	7.5	.13	1.77	2.30
3	Litosol eútrico	7.6	.12	1.53	2.30
4	Litosol eútrico	6.9	.09	1.69	2.52
5	Cambisol eútrico	7.3	.14	1.93	5.75
6	Cambisol eútrico	6.6	.07	1.69	2.76
7	Litosol eútrico	7.5	.16	5.64	4.14
8	Litosol eútrico	7.2	.10	1.69	2.30
9	Litosol eútrico	7.3	.21	2.25	13.80
10	Regosol eútrico	7.8	.69	1.77	5.75
11	Cambisol eútrico	7.3	.07	1.77	1.84
12	Litosol eútrico	7.8	.29	2.41	4.60
13	Litosol eútrico	7.3	.24	2.58	11.04
14	Litosol eútrico	7.6	.19	2.90	5.06
15	Yermosol háplico	6.3	.13	1.77	13.80
16	Litosol eútrico	7.6	.20	46.77	6.44
17	Litosol eútrico	7.5	.23	2.01	5.98

Fig. 11.2. Representación gráfica de el contenido de carbonatos en cada uno de los perfiles realizados en el ejido "Palma Pegada", Mpio. de Salinas de Hgo., S.L.P.



\*Número de perfil





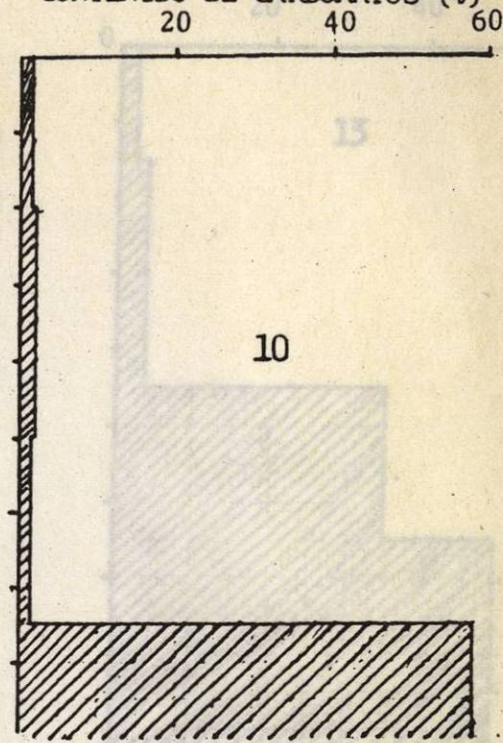
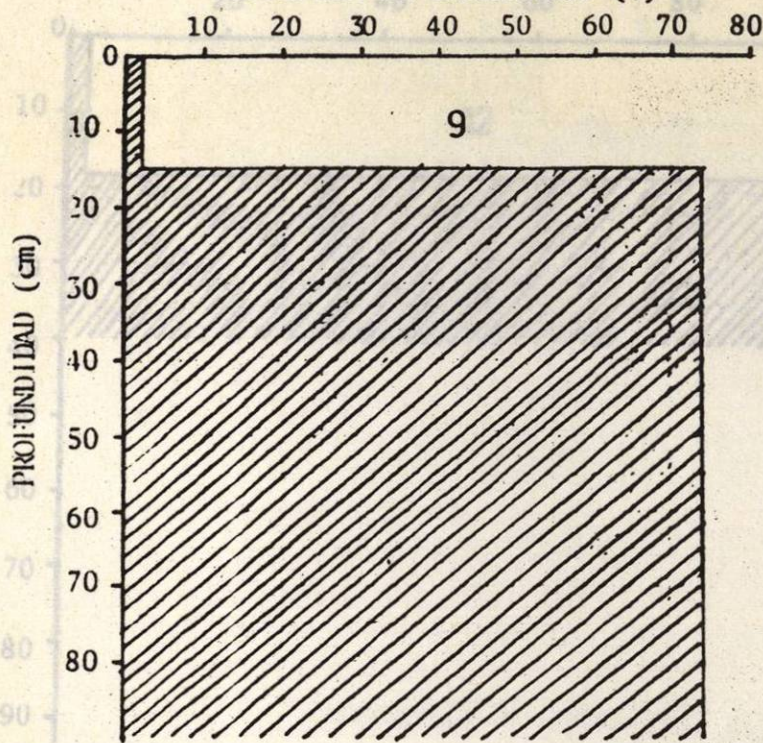


CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

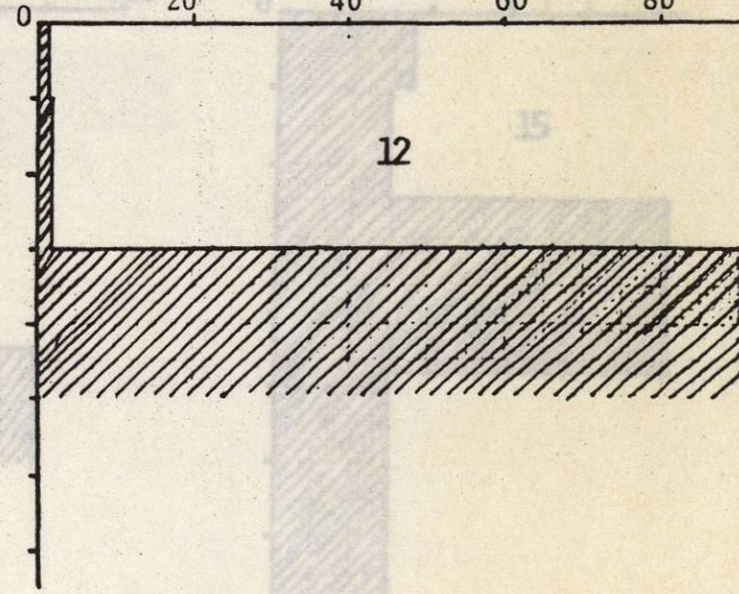
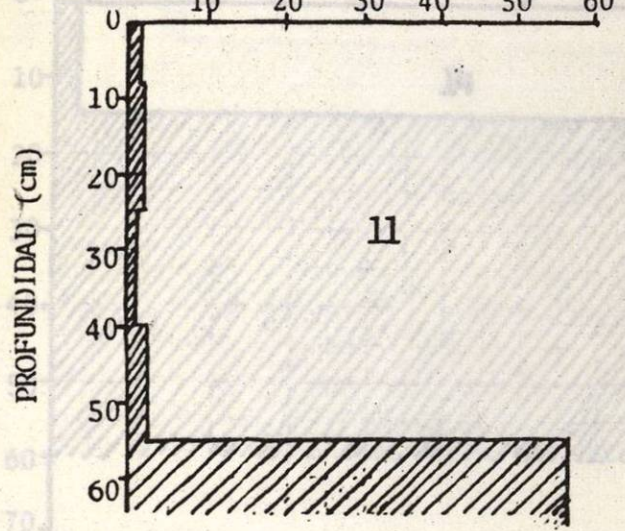


CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

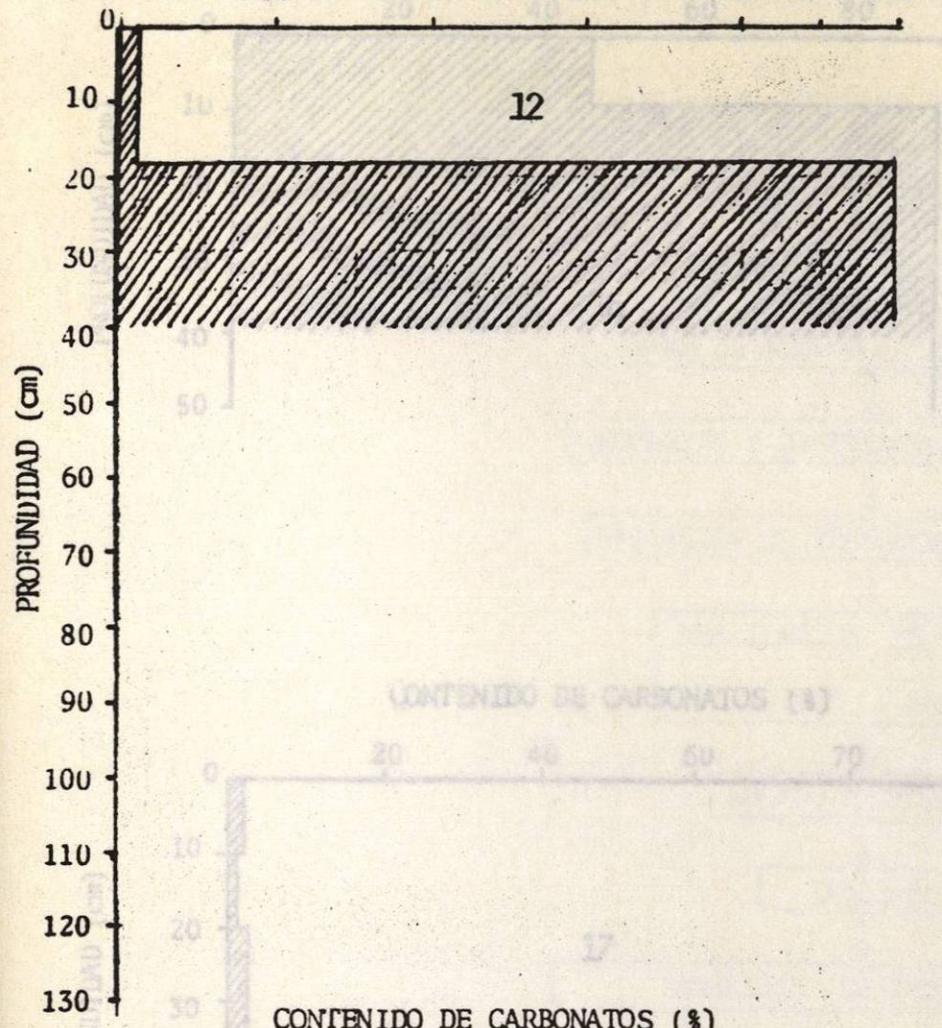
CONTENIDO DE CARBONATOS (%)





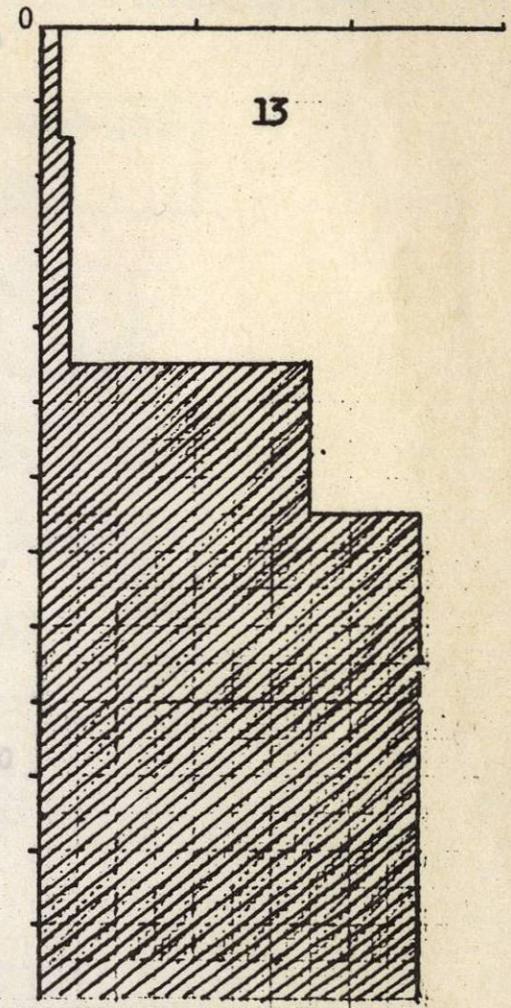
CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

20 40 60 80 100



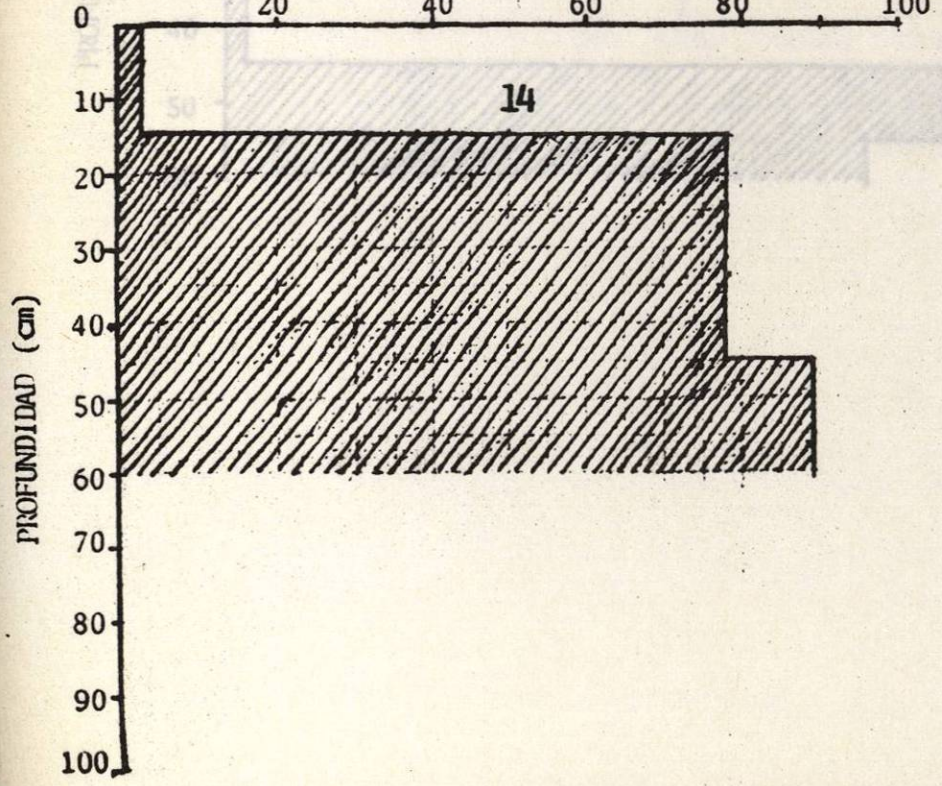
CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

20 40 60



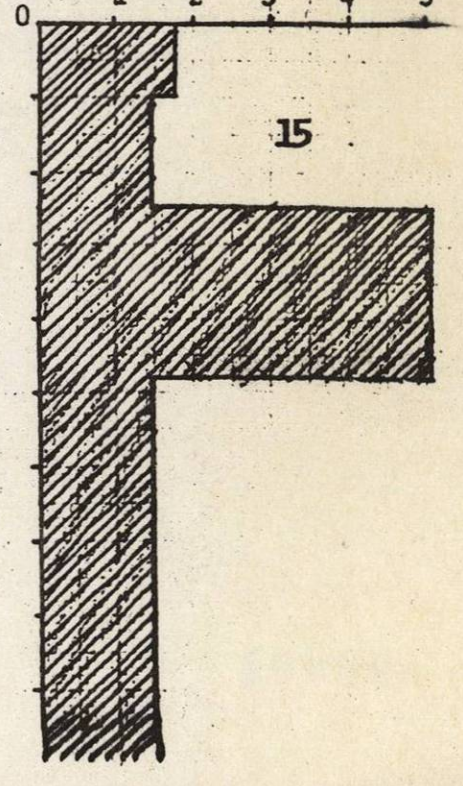
CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

20 40 60 80 100



CONTENIDO DE CARBONATOS (%)

0 1 2 3 4 5





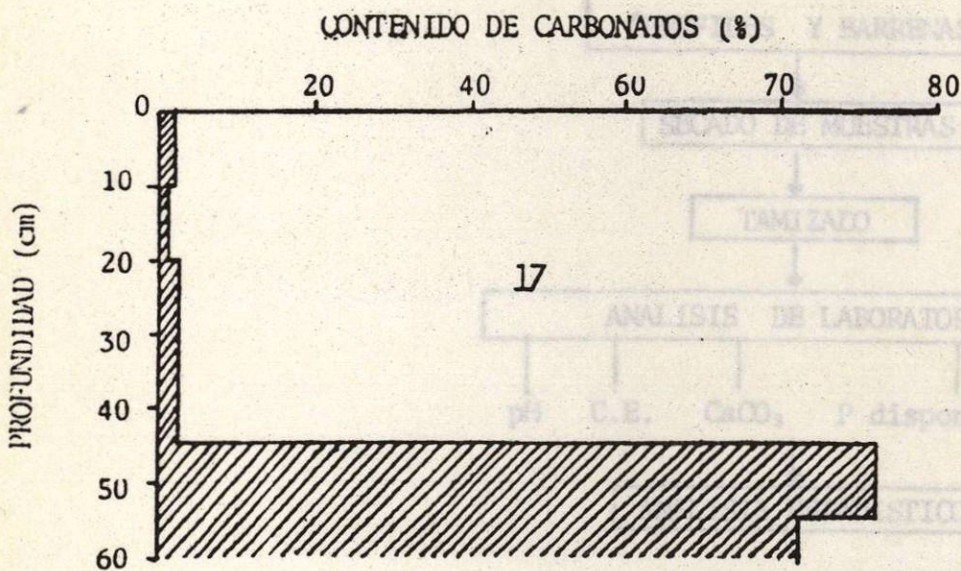
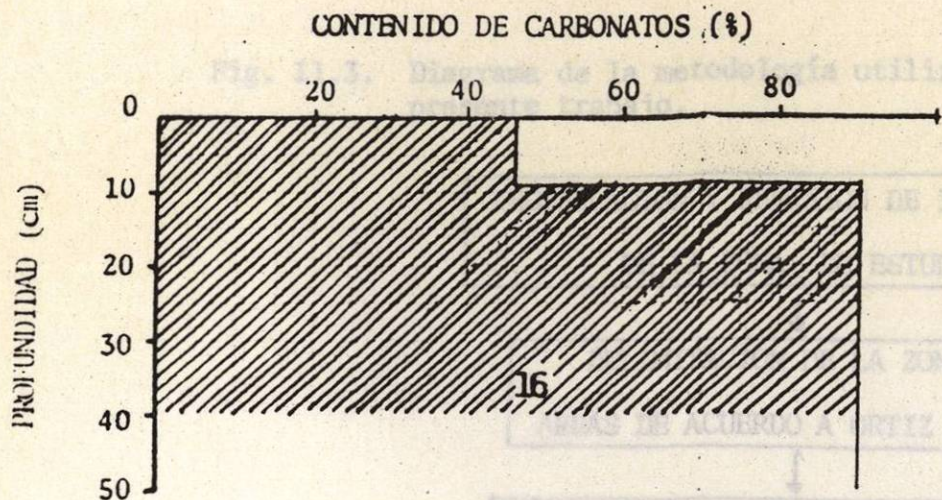


Fig. 11.3. Diagrama de la metodología utilizada en la realización del presente trabajo.

