



**Universidad Nacional Autónoma de México**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IXTACALA

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS  
RELACIONES IONICAS DE CACTACEAS  
EN DIFERENTES ZONAS DEL MUNICIPIO  
DE COXCATLAN, PUE.”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

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

**OLIVIA HERNANDEZ GONZALEZ**

**MARINA MENDIETA SAAVEDRA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología Vegetal, de la Escuela de Estudios Profesionales Iztacala, bajo la Dirección del Biólogo José Luis Andrade Torres.

## DEDICATORIA

**A mis Padres:** Por el Apoyo y Confianza que me han brindado para la realización de mis metas.

A mis Hermanos

A mis sobrinos

O L I V I A



A mis Padres:

Raymundo Mendieta L.

Esperanza Saavedra Q.

De manera especial a mi Madre, a quien debo en gran parte lo que soy. Esperando que donde se encuentre haya recibido el premio a su bondad.

A mi Hija.

Laila Anaïd.

Con el deseo de que logre alcanzar las metas que se forje en su vida.

A mi Hermana Micaela.

Agradeciendo sus consejos y ayuda en todo lo que he emprendido en mi vida.

Con cariño al Compañero de mi vida.

Rafael Torres T.

Esperando que su paciencia y apoyo hayan sido recompensados.

A mis Hermanos y Sobrinos.

M A R I N A

## AGRADECIMIENTOS

Al Biólogo José Luis Andrade T., por su apoyo y colaboración en la realización de éste trabajo.

A Antonia Trujillo H., por su colaboración en el trabajo de campo y laboratorio.

A la M. en C. Martha Salcedo A., por el material facilitado en el laboratorio de Fisiología Vegetal.

A la Dr. Helia Bravo y al Dr. Meyran, por su ayuda en la identificación de Cactáceas.

Al M. en C. Sergio González, quien nos permitió utilizar los aparatos de su laboratorio, para algunas determinaciones.

Al M. en C. Daniel Muñoz I., por el asesoramiento y el material proporcionado para el análisis de Suelo.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a realizar éste trabajo.

## INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
Objetivos Generales	3
Objetivos Particulares	4
ANTECEDENTES	5
I. Características Generales de Zonas Aridas.	5
II. Características de Cactáceas.	7
III. Cactáceas de la Región de Tehuacán, Pue.	9
IV. Nutrición Mineral de las Plantas.	10
IV. a. El suelo como fuente alimenticia de los vegetales.	10
IV. b. Reacción del Suelo y Disponibilidad de Alimentos.	11
IV.b.1. El pH	11
IV.b.2. Capacidad de Intercambio Catió- nico.	13
IV.b.3. Materia Orgánica del Suelo.	14
IV. c. Elementos Esenciales y no Esenciales.	16
IV. d. Captación de los Iones por la Raíz.	17
IV. e. Transporte de los Minerales en las Plantas.	18
IV. f. Incorporación y Almacenamiento de los Minerales.	20
IV.f.1. Factores que afectan la Absorción de Iones.	21
V. Relación entre el Agua y el Transporte de Iones.	21
VI. Requerimientos Nutritivos y Exceso de Minerales.	22
VII. Eliminación de los Minerales.	22

VIII . Formas de Estudio de la Nutrición en Plantas.	23
IX. Importancia del Estudio del Contenido de Macro- nutrientes en Cactáceas.	24
MATERIAL Y METODO	26
I. Localización y características de las zonas de estudio.	26
II. Metodología para seleccionar las Zonas y el Area de Trabajo.	28
III. Muestreo Edafológico.	32
IV. Muestreo de Plantas.	33
V. Análisis Estadístico.	33
V.a. Análisis de la Vegetación.	33
V.b. Análisis de Suelo.	34
V.c. Análisis Multivariado.	34
RESULTADOS Y DISCUSION	35
I. Análisis de Vegetación.	35
II. Análisis de los poligonos de frecuencia para Cobertura, Area basal v Altura.	42
III. Indices de Similitud y Diversidad.	44
IV. Características Fisicoquímicas y Contenido de Nutrientes del Suelo.	45
V. Contenido de Nutrientes en Planta.	47
VI. Nitrógeno.	47
VII. Potasio.	53
VIII. Calcio.	57
IX. Azufre.	60
X. Fósforo.	64
XI. Sodio.	66
XII. Magnesio.	69

XIII. Análisis Multivariado de Correlación Canónica.	73
A) Suelo	73
B) <u>Opuntia sp.</u>	74
C) <u>Mammillaria carnea</u>	75
D) <u>Escontria chiotilla</u>	76
XIV. Consideraciones finales	78
CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFIA	83
APENDICE	85

## ABREVIATURAS

N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
S	Azufre
Na	Sodio
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
MO	Materia Orgánica

S	Superior
M	Media`
In	Inferior
R	Raíz

C	Calipan
PN	Pueblo Nuevo
VS	Venta Salada

I	Inicio de Lluvias
D	Después de las Lluvias
VI	Valor de Importancia

Cc	<u>Cephalocereus chrysacanthus</u>
Co c	<u>Coryphantha calipensis</u>
E ch	<u>Escontria chiotilla</u>
Ff	<u>Ferocactus flavovirens</u>
Fr	<u>Ferocactus recurvus</u>
Mc	<u>Mammillaria carnea</u>
Mv	<u>Mammillaria viperina</u>
Mg	<u>Myrtillocactus geometrizans</u>
Nt	<u>Neobuxbaumia tetetzo</u>
Od	<u>Opuntia decumbens</u>
Op	<u>Opuntia pumila</u>
O sp	<u>Opuntia sp.</u>
Sp	<u>Stenocereus pruinosus</u>
Ss	<u>Stenocereus stellatus</u>
Sw	<u>Stenocereus weberi</u>

## INDICE DE FIGURAS

Fig.		Pag.
1	Mapa de las Provincias de Cactáceas en México.	6
2	Influencia de la Reacción del pH del suelo en su formación, liberación y Capacidad de Captación de Minerales en las condiciones de vida del suelo.	12
3	Representación esquemática de Intercambio Catiónico en Diferentes Estructuras.	13
4	Movilización de los Nutrientes Minerales en el suelo y su Captación por la raíz.	18
5	Diagrama del Transporte de Iones de la Solución externa, hasta los vasos de la raíz.	19
6	Localización de las Zonas de Estudio.	29
7	Valores de Altura para el Estrato I.	37
8	Valores de Area basal para el Estrato I.	38
9	Valores de Cobertura para el Estrato I.	39
10	Valores de Cobertura para el Estrato II.	41
11	Contenido de Nitrógeno en el Suelo.	50
12	Contenido de Nitrógeno en las Cactáceas del Estrato I.	51
13	Contenido de Nitrógeno en las Cactáceas del Estrato II.	52
14	Contenido de Potasio en el Suelo.	54
15	Contenido de Potasio en las Cactáceas del Estrato I.	55
16	Contenido de Potasio en las Cactáceas del Estrato II.	56
17	Contenido de Calcio en el Suelo.	58
18	Contenido de Calcio en las Cactáceas del Estrato I y II.	59
19	Contenido de Azufre en el Suelo.	61
20	Contenido de Azufre en las Cactáceas del Estrato I.	62

Fig.		Pag.
21	Contenido de Azufre en las Cactáceas del Estrato II.	63
22	Contenido de Fósforo el Suelo.	64
23	Contenido de Fósforo en las Cactáceas del Estrato I y II.	65
24	Contenido de Sodio en el Suelo.	66
25	Contenido de Sodio en las Cactáceas del Estrato I.	67
26	Contenido de Sodio en las Cactáceas del Estrato II.	68
27	Contenido de Magnesio en el Suelo.	70
28	Contenido de Magnesio en las Cactáceas del Estrato I y II.	71
29	Capacidad de Intercambio Catiónico en el Suelo.	72
30	Valores de pH en el Suelo.	72
31	Valores de Materia Orgánica en el Suelo.	72
32	Contenido de Nutrientes Analizados en diferentes partes del Organismo y a diferentes profundidades del suelo, durante lluvias y después de lluvias.	80



## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Características de las Zonas de Estudio.	27
2	Especies presentes en las tres Zonas de Estudio.	31
3	Resumen del Análisis de la Vegetación del Estrato I de las tres Zonas de Estudio.	36
4	Resumen del Análisis de la Vegetación del Estrato II de las tres Zonas de Estudio.	40
5	Rangos de mayor frecuencia de Altura, Cobertura y Area basal en Cactáceas.	43
6	Indices de Diversidad y Similitud entre las Zonas de Estudio.	45
7	Características Fisicoquímicas del Suelo.	86
8	Concentración de Macronutrientes y Na de Cactáceas presentes en Coxcatlán, Pue.	48
9	Correlación Canónica entre las Propiedades Fisicoquímicas y Contenido de Nutrientes del Suelo.	73
10	Correlación Canónica entre las Propiedades Edáficas y Contenido de Nutrientes en <u>Opuntia</u> sp.	74
11	Correlación Canónica entre las Propiedades Edáficas y Contenido de Nutrientes en <u>Mammillaria carnea</u> .	76
12	Correlación Canónica entre las Propiedades Edáficas y Contenido de Nutrientes en <u>Escontria chiotilla</u> .	77
13	Características de las especies de la familia Cactáceae presentes en: Pueblo Nuevo, Venta Salada y Calipan, del Mpo. de Coxcatlán, Pue.	89
14	Captación, distribución, incorporación, movilización y funciones de los Macronutrientes.	94
15	Análisis de Varianza para la Capacidad de Intercambio Catiónico en suelo.	96
16	Análisis de Varianza para el Porcentaje de Materia Orgánica en suelo.	96
17	Análisis de Varianza para el pH en suelo.	97

Cuadro		Pag.
18	Análisis de Varianza para el Nitrógeno en suelo.	97
19	Análisis de Varianza para el Potasio en suelo.	98
20	Análisis de Varianza para el Calcio en suelo.	98
21	Análisis de Varianza para el Azufre en suelo.	99
22	Análisis de Varianza para el Fósforo en suelo.	99
23	Análisis de Varianza para el Sodio en suelo.	100
24	Análisis de Varianza para el Magnesio en suelo.	100

## RESUMEN

El estado en la nutrición mineral de las plantas relacionada con su actividad metabólica ha sido estudiada detalladamente para plantas  $C_3$  y  $C_4$ , sin embargo se han realizado pocos estudios a este respecto con Cactáceas, aunque es una familia con una distribución muy amplia en México. Estas difieren de otras especies morfológica y fisiológicamente, lo que podría afectar sus relaciones minerales.

En el presente trabajo se caracterizó la vegetación de las zonas de estudio con base a sus atributos ecológicos, asimismo se determinó el contenido de macronutrientes y Na en el suelo de tres localidades, a diferentes profundidades, así como el contenido de éstos mismos en las diferentes partes del tejido vegetal, en trece especies de Cactáceas, al inicio y después de la época de lluvias en el año de 1985.

Los resultados fueron analizados mediante análisis gráfico, análisis de varianza y correlación canónica. Encontrándose que el Mg, Na y S están en mayor cantidad al inicio de las lluvias en el suelo; y en las plantas hay un mayor contenido de todos los macronutrientes después de lluvias (a excepción del S).

Asimismo el análisis de los resultados sugiere que la cantidad de nutrientes depende de la especie y de la zona en la que habitan, afectando la distribución y diversidad de los organismos que se desarrollan en cada zona.

## INTRODUCCION

La extensión de las regiones áridas y semiáridas de nuestro país es muy amplia, ocupando mas del 60% de su area total. El clima de estas regiones se caracteriza por sus lluvias escasas, irregulares y de tipo torrencial, humedad atmosférica y nubosidad bajas, insolación intensa, temperatura con oscilaciones diurna y estacional extremas y vientos fuertes (Bravo, 1978; Rzedowski, 1983). Otra característica importante de estas regiones es el caracter del suelo que varía a lo largo del año (sobre todo según la distribución de las precipitaciones) y por ello se forman pequeñas diferencias interzonales, especialmente entre los distintos horizontes. Por otro lado, según Larcher (1977) entre los iones disueltos del suelo, coloides y reservas de minerales se establece un flujo múltiple reticular de equilibrio de gran capacidad adaptativa, que dirige el intercambio mineral y que se encarga de un suministro continuo de alimentos.

En estas zonas se presenta una vegetación xerófila de la cuál la familia Cactáceae es un componente muy importante y numeroso, aunque presenta una distribución muy amplia en los distintos tipos de vegetación en los que han adquirido formas y habitats diversos. Entre las adaptaciones estructurales que presenta esta familia, Bravo (1978) menciona que el medio árido y desértico, en el que la mayoría crece, puede considerarse responsable de esto. Una de éstas ha sido el sistema de absorción que ha tenido que adaptarse para captar el agua y nutrientes con rapidez, caracterizandose su sistema radicular por su extraordinaria ramificación, ya que la absorción se efectúa solamente durante una época del año muy restringida.

Asimismo, las diversas especies vegetales se diferencian marcadamente en sus requerimientos alimenticios, esto puede ser determi-

nante en el tipo de distribución florística dentro de la cubierta vegetal (Rzedowski, 1983). Ahora bien los nutrientes que están a disposición de la planta influyen claramente en el contenido de cenizas y en la composición de éstas, ya que los alimentos minerales que se toman en forma iónica, se incorporan a la masa vegetal o bien se almacenan en el citoplasma, por lo tanto las relaciones cuantitativas de los distintos bioelementos pueden ser característicos de determinadas especies o aún variar dentro de una misma planta, órgano o edad de que se trate. Esto es debido (según Rzedowski, 1985) a las particularidades geoquímicas del lugar de crecimiento como son: la composición química del suelo y de los complicados fenómenos de la disponibilidad de nutrientes relacionados con la acidez, salinidad, capacidad de intercambio catiónico, grado de disociación o ionización, humedad y textura de los suelos.

Dentro de las cactáceas, las plantas mejor estudiadas desde el punto de vista del análisis de sus cenizas, son los nopales (Opuntia sp.) y esto se debe a su posible uso como alimento del ganado (Bravo, 1978). En general en México se han realizado pocas investigaciones sobre cactáceas, en la zona en la que se realizó el presente trabajo se han hecho diversos estudios (Aguilar, et al. 1982), pero todos ellos relacionados con aspectos ecológicos y económicos de la región. Debido a esto nos planteamos los siguientes:

#### **Objetivos Generales:**

Caracterizar presencia y cantidad de macronutrientes en suelo y en tejidos de diferentes especies de Cactáceas durante la época de movilización de los mismos (al inicio y después de la época de lluvias).

Determinar como influyen los nutrientes y características del suelo, en la distribución y diversidad de la comunidad de Cactáceas de tres zonas localizadas en el Municipio de Coxcatlan, Pue.

**Objetivos Particulares:**

Caracterizar las tres diferentes zonas de estudio con base a los atributos ecológicos: densidad, abundancia, cobertura, frecuencia, distribución y diversidad de todas las especies de la familia Cactáceae.

Determinar el contenido de nutrientes (N, K, P, Ca, Mg, S, Na) en la raíz y parte aérea de las especies mas abundantes de cactáceas, en las tres diferentes zonas.

Determinar el contenido de minerales en el suelo y otras características edafológicas a tres diferentes profundidades en las tres zonas.

Comparar el contenido de nutrientes en las diferentes partes de la planta en cada especie, en las tres diferentes zonas.

Relacionar el contenido de nutrientes en suelo y planta en las diferentes zonas.

## ANTECEDENTES

### I. Características Generales de Zonas Áridas.

México tiene un área muy extensa de regiones áridas y semiáridas, abarcando más del 60% del territorio nacional. Algunos factores que influyen en la aridez son la situación geográfica, la topografía y el clima. (Rzedowski, 1978).

La cubierta vegetal de éstas regiones es tan variada, desde el punto de vista fisonómico, que diversos autores reconocieron y denominaron para esta parte del país una serie de tipos de vegetación caracterizados por algún aspecto sobresaliente, sin embargo se ha decidido agrupar a las comunidades de porte arbustivo propias de éstas zonas bajo el rubro colectivo de matorral xerófilo (Rzedowski, 1978; Miranda, 1963). El cuál ocupa aproximadamente 40% de la superficie del país y por consiguiente es el más vasto de todos los tipos de vegetación de México. El matorral xerófilo cubre la mayor parte del territorio de la Península de Baja California, así como Sonora, muy amplias áreas de la Altiplanicie, desde Chihuahua y Coahuila hasta Jalisco, Guanajuato, Hidalgo y el Edo. de México, prolongándose hacia el sur en forma de faja estrecha a través de Puebla hasta Oaxaca. (fig. 1).

En éstas regiones el clima se caracteriza por ser extremo, en particular durante el día, con una temperatura media anual de 12 a 26 °C. La insolación suele ser muy intensa, humedad atmosférica en general baja y en consecuencia la evaporación y la transpiración alcanzan valores altos. La precipitación media anual es en general inferior a 700 mm y en amplias extensiones está comprendida entre 100 y 400 mm. La lluvia, además de escasa, suele ser irregular y to

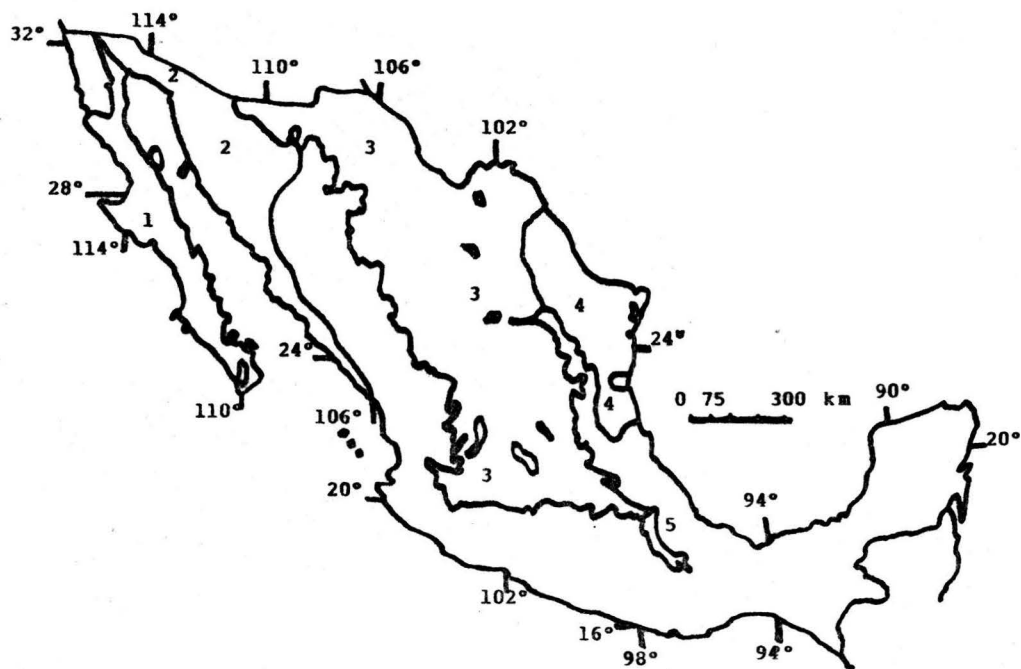


Figura 1. Mapa de las provincias florísticas de Cactáceas en México: Baja California(1); Planicie Costera del Noroeste(2); Altiplanicie(3); Planicie Costera del Noroeste(4) y Valle de Tehuacan-Cuicatlán(5). Tomado de Rzedowski, 1978.



rencial, con fuertes diferencias de un año a otro. El número de meses secos varía de 7 a 12 por año, en la mayor parte de la superficie de México el régimen de lluvia es estival. En la clasificación de Köppen (1948) estos climas corresponden a los tipos generales BW y BS.

Los matorrales xerófilos se pueden observar prácticamente en todo tipo de condiciones topográficas y substrato geológico, aunque estos factores, al igual que el tipo de suelo, con frecuencia influyen en forma notable en la fisonomía y en la composición florística de las comunidades. Este tipo de matorrales son quizá los menos afectados por las actividades del hombre, consecuencia lógica de las condiciones climáticas imperantes que por lo general no son favorables ni al desarrollo de la agricultura, ni al de la ganadería intensiva y el aprovechamiento de las plantas silvestres es asimismo limitado. La densidad de la población humana se mantiene en general baja y algunas regiones se encuentran casi completamente des pobladas. Muy notables excepciones a este respecto constituyen las áreas de regadío, donde florece comunmente una agricultura tecnificada y no queda huella alguna de la vegetación natural (Rzedowzki, 1978).

## **II. Características de Cactáceas.**

La familia Cactáceae es un componente muy importante y numeroso de la flora xerófila mexicana, es nativa del Continente Americano en el que actualmente se encuentran distribuidas desde Canadá a una latitud de 56° N hasta el estrecho de Magallanes en América del Sur. En cuanto a su tronco filogenético no se han podido establecer las relaciones de parentesco entre las diversas entidades taxo-

nómicas y comprender su peculiar distribución ya que se extinguieron sin dejar fósiles. Sin embargo las cactáceas han estado sujetas, como los demás organismos, a la influencia de los cambios ambientales que no solo han repercutido en su evolución modificando su anatomía, fisiología y composición química sino que al mismo tiempo han intervenido en su dispersión, migración, endemismo, y en general en su distribución geográfica y ecológica (Rzedowzki, 1978; Bravo, 1978).

Como resultado de su adaptación al medio árido las cactáceas presentan determinadas modificaciones estructurales y fisiológicas que les permiten almacenar y conservar el agua para subsistir bajo estas condiciones (Bravo, 1978; Nobel, 1983).

#### Estructurales:

- a) Reducción de la superficie transpiratoria al adquirir formas globosas.
- b) Parénquimas acuíferos muy desarrollados, responsables de la succulencia, en donde las células acumulan gran cantidad de agua en la época de lluvia, y que aprovechan en la temporada seca.
- c) Atrofia hasta estados vestigiales del limbo de las hojas o su transformación en escamas, espinas y glóquidas.
- d) Engrosamiento de la cutícula y de las membranas celulósicas de los tegumentos.
- e) La pruinosidad o las excrecencias cerosas de las células epidérmicas que reflejan los rayos luminosos.
- f) Disminución y disposición hundida de los estomas.
- g) Parénquima clorofiliano desarrollado en los tallos y que sustituye al de las hojas.
- h) Sistema radical casi siempre muy desarrollado alcanzando a veces

hasta 10 m de extensión lo que permite a la planta abarcar mayor su perficie de absorción.

Fisiológicas:

- a) Propiedades del protoplasma para subsistir en estados de anhidro  
biosis durante la sequía.
- b) Capacidad de las raíces para absorber el agua con rapidez debido  
al aumento de presión osmótica y al gran desarrollo del sistema de  
absorción cuyos pelos absorbentes se forman al iniciar las lluvias.
- c) Asimilación activa durante la temporada de lluvias y aceleración  
del crecimiento.
- d) Baja proporción transpiratoria en los periodos secos.
- e) Realización del proceso fotosintético por medio del metabolismo  
ácido de crasuláceas (MAC).

Los conocimientos que se tienen acerca de la fisiología de las cactáceas en relación con los factores del medio, son aún escasos.

**III. Cactáceas de la Región de Tehuacán, Puebla.**

En Tehuacán, Puebla Bravo (1978) y Meyrán (1980) citan los si-  
guientes géneros de Cactáceas: Pereskiaopsis, Nopalea, Opuntia, Es-  
contria, Heliabravao, Pachycereus, Stenocereus, Mitrocereus, Neobux-  
baumia, Cephalocereus, Pilosocereus, Polaskia, Myrtillocactus, Echi-  
nofossulocactus, Coryphantha, Mammillaria, Wilcoxia, Acanthocereus,  
Hylocereus, Echinocereus, Ferocactus, Echinocactus.

Las siguientes especies se encuentran en el Municipio de Coxca-  
tlan, Pue., en las zonas de estudio. Calipan (C), Pueblo Nuevo (PN),  
Venta Salada (VS):

Escontria chiotilla, Opuntia pilifera y Opuntia velutina, cre-

cen en forma ramificada, y se encuentran en las tres zonas de estudio. Stenocereus pruinosus y S. stellatus crecen en VS y PN, su hábito de crecimiento es ramificado y existen pocos organismos de ambas especies, aunque hay representantes de todos tamaños. Myrtillocactus geometrizans var. grandiareolatus y Stenocereus weberi se presentan en PN y C, estas especies tienen pocos representantes en las dos zonas, aunque ésta última domina físicamente en PN debido a que es un organismo que alcanza una altura aproximadamente de 10 m, y una cobertura de 10 m<sup>2</sup>. Neobuxbaumia tetetzo, Cephalocereus hoppenstedtii y C. chrysacanthus únicamente se encuentra en C, las dos primeras alcanzan alturas hasta de 15 y 18 m, son abundantes en esta zona por lo que dominan físicamente, C. chrysacanthus por el contrario, presenta muy pocos representantes.

Mammillaria carnea, Opuntia decumbens, Coryphantha calipensis, Opuntia pumila y Ferocactus recurvus, se encuentran en las tres zonas de estudio. Mammillaria viperina y Ferocactus flavovirens únicamente se encuentran en C. Opuntia decumbens crece en forma rasteira, Opuntia pumila tiene un crecimiento ramoso, y las demás especies son cespitosas. M. carnea y F. flavovirens, crecen formando grupos.

En el cuadro 13 (apéndice) se enuncian las características de las especies presentes en PN, VS y C.

#### IV. Nutrición Mineral de las Plantas.

##### IV. a. El suelo como fuente alimenticia de los vegetales.

El crecimiento de las plantas depende de un constante tráfico de elementos minerales dentro y a través de su cuerpo. Con excep -

ción del C, H y O, la planta toma del suelo los elementos químicos que necesita para su vida. En el suelo se encuentran los nutrientes en forma de humus (restos de organismos aún no descompuestos) que constituyen una reserva que se va agotando relativamente despacio; y a largo plazo los nutrientes provienen de los minerales que se meteorizan lentamente (Epstein, 1972; Braun, 1979).

Los nutrientes pasan a la disolución del suelo a partir de sales solubles y de los coloides del suelo, de este modo son fácilmente disponibles por la planta.

#### **IV. b. Reacción del Suelo y Disponibilidad de Alimentos.**

El pH, la capacidad de intercambio catiónico y el % de materia orgánica son características de cada suelo, y dependiendo de sus valores es la disponibilidad de los nutrientes para la planta.

##### **IV. b.1. El pH.**

El pH del suelo es un factor muy importante en la nutrición y en general en la vida de la planta, es así como la disponibilidad de los nutrientes esta directamente influenciada por el pH del suelo lo cual se puede observar en la figura 2.

El pH varía frecuentemente de un modo rápido con la profundidad en el suelo, las especies que tienen raíces someras -como las cactáceas- ven limitada la absorción de alimentos al estrato superior del suelo. Y precisamente en éste estrato es donde el pH está influido por las especies vegetales dominantes, o bien por sus desechos. A medida que aumenta la profundidad el pH está menos influido por los desechos vegetales y pasa a ser más importante la

influencia climática (humedad) y la del sustrato rocoso (Braun, 1979).

En las regiones áridas el pH del suelo es generalmente más elevado que en las regiones húmedas por: Aportaciones orgánicas casi siempre inferiores a las de los climas lluviosos, menor actividad microbiana por escasear la humedad y las aportaciones vegetales; menor percolación y drenaje que producen pequeñas pérdidas de Ca y Mg; precipitaciones que no drenan, pero que son capaces de elevar por capilaridad las sales disueltas, haciéndolas pasar de los horizontes inferiores a los superiores.

De un pH alrededor de 5 hasta el punto neutro los fosfatos del suelo tienen una apreciable solubilidad debido a la presencia de iones básicos que mantienen más alto el pH y al mismo tiempo por los fosfatos de Ca y Mg en el suelo. En algunos suelos desérticos se acumulan los sulfatos de Ca, Mg y Na (Ortiz, 1980; Rojas, 1980).

Fig. 2. Influencia de la reacción del pH del suelo en su formación, liberación y capacidad de captación de alimentos minerales y en las condiciones de vida del suelo. La anchura de las bandas indica la intensidad de los procesos o la disponibilidad de los alimentos. Tomado de Larcher (1980).



#### IV.b.2. Capacidad de Intercambio Catiónico.

Se denomina capacidad de intercambio a la suma de los iones intercambiables y se expresa en miliequivalentes por gramo o por 100 gr de suelo. Las partículas tienen una capacidad de intercambio diferente según su dispersión y estructura (fig.3); por ejemplo, para una arcilla caolinítica puede ser de 10 meq/100g, para una arcilla montmorillonítica de 100 meq/100 g y para un humus de 500 meq/100 g.

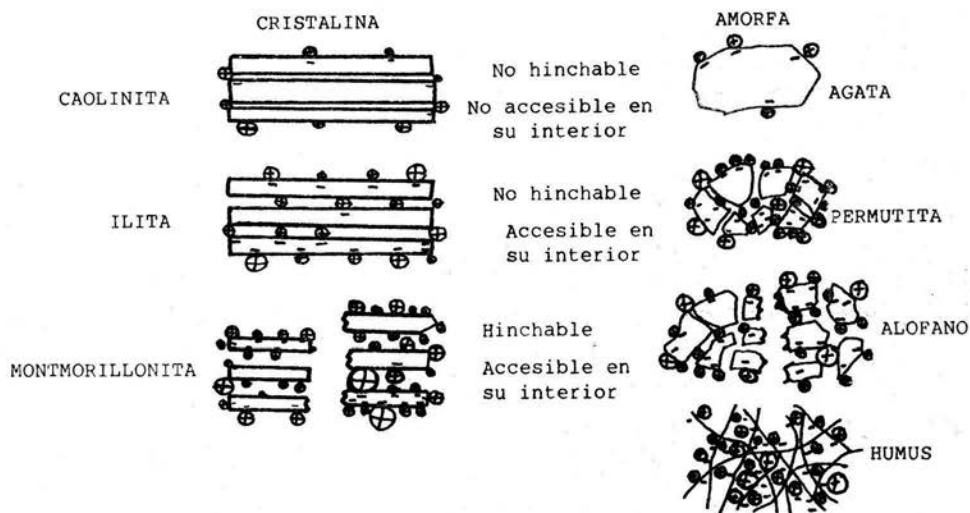
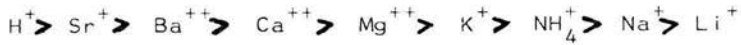


Fig. 3. Representación esquemática de intercambiadores cationicos de distinta estructura (Braun, 1979).

En la mayoría de casos el intercambio de cationes se produce cuando los iones estan en solución, pero también puede ocurrir la adsorción de las arcillas de los cationes en suspensión. Además los cationes en contacto con los pelos radiculares pueden penetrar en ellos sin previa disolución, intercambiandose con los existentes en la planta.

La fuerza de adsorción de un catión depende de su radio iónico, y de su grado de hidratación. Encontrándose el siguiente orden descendente de energía de adsorción catiónica, llamada serie liotrópica (Ortiz, 1980).



Los cationes de igual valencia son retenidos con mayor fuerza cuando menor es su hidratación, y cuando hay mayor concentración de un catión es mayor su poder de sustitución. Además los iones retenidos son intercambiables mientras que los fijados permanecen total o parcialmente inmovilizados.

Ahora bien, la Capacidad de Intercambio Cationico puede ser alterada principalmente por el tamaño de las partículas, la temperatura (a mayor temperatura menor intercambio cationico), el medio externo, la concentración de cada ion en la disolución circundante, la afinidad específica de los iones por los grupos activos del intercambiador y la estructura del intercambiador (Ortiz, 1980; Braun, 1979).

El intercambio de aniones se da en un nivel menor que el intercambio de cationes.

#### **IV.b.3. Materia Orgánica del Suelo.**

La materia orgánica del suelo es una mezcla amorfa de compuestos muy diversos que participan de un modo no estequiométrico, de peso molecular pequeño hasta muy alto, de esféricos a filamentos, inertes o de mono a polifuncionales. Grupos y compuestos con acción fisiológica específica (factores de crecimiento como inhibidores y antibióticos).



La materia orgánica del suelo puede por ello realizar las reacciones más diversas; adsorción, intercambio iónico, reacciones de acidificación, formación de complejos y de quelatos, procesos redox, condensaciones y polimerizaciones. Por tanto, la materia orgánica influye en la formación del suelo: meteorización, acumulación, estructuración y en las características del suelo: economía iónica, hídrica, térmica y del aire, consistencia, etc. (Cajuste, 1977; Braun, 1979).

La materia orgánica coloidal posee propiedades de intercambio de cationes similares a las de las partículas de arcilla. La descomposición de la materia orgánica produce  $\text{CO}_2$  que forma el  $\text{H}_2\text{CO}_3$  en el suelo. Este ácido aumenta la solubilidad de muchos compuestos del suelo aumentando así la disponibilidad de nutrientes. Disolviendo minerales y haciéndolos más accesibles para el desarrollo de las plantas (Ortiz, 1980).

Más del 99% del Nitrógeno total, del 33 al 67% del Fósforo total y alrededor del 75% del Azufre total se encuentran en la materia orgánica del suelo (Cajuste, 1977; Ortiz, 1980).

Ahora bien encontramos que la cantidad de materia orgánica que hay en los diferentes tipos de suelo es muy variado; así vemos que en los bosques es abundante debido a la caída constante de hojas secas y a las características del habitat en general, en cambio en las zonas áridas es muy pobre la cantidad de materia orgánica que encontramos en los suelos, debido a que es muy poco el material que se aporta por las plantas, ya que así como su crecimiento es muy lento, también su muerte tarda en ocurrir.

#### IV.c. Elementos Esenciales y no Esenciales.

Los elementos químicos que se encuentran en las células vegetales pueden ser muy diversos y sin embargo no todos son esenciales para la vida de la planta. Un elemento es esencial: en primer lugar, cuando la planta que no lo contiene no puede completar su ciclo de vida; y en segundo lugar si es parte de una molécula o de un metabolito esencial para la planta. El primer criterio es el que históricamente se toma para saber si un elemento es esencial o no. Este criterio fue propuesto por Arnon y Stout en 1934 (Epstein 1972).

La mayoría de los elementos esenciales están involucrados en el metabolismo de la planta.

Actualmente son 16 los elementos esenciales (conocidos) que se requieren para la mayoría de las plantas verdes. Los cuales se pueden dividir en: macronutrientes, que se requieren en mayor cantidad y micronutrientes, que son indispensables pero en cantidades muy pequeñas.

Macronutrientes: C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg.

Micronutrientes: Mn, Zn, Cu, Bo, Mo, Cl.

Sin embargo, unos no son requeridos por algunas plantas y otras requieren más de esos elementos, tal es el caso del Na.

El Na no es un elemento requerido por las plantas verdes. Sin embargo plantas indígenas de suelos salinos no sólo toleran altas concentraciones de sal en el suelo sino que lo necesitan. Por ejemplo, algunas plantas lo requieren como micronutriente (Epstein, 1972; Braun 1979; Ortiz, 1980).

En el cuadro 14 se resume el papel de cada uno de los elemen-

los minerales, consideradas como macronutrientes, en la planta, así como la forma en que se toma del suelo.

#### IV.d. Captación de los Iones por la Raíz.

La raíz toma sus alimentos del suelo por diferentes procesos (Larcher, 1980; Clarkson, 1980; Goodall, 1981):

1) Absorción de iones alimenticios disueltos del suelo; estos iones pueden utilizarse directa e indirectamente, pero su concentración en el suelo es muy pequeña:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  están en concentraciones inferiores a 1000 ppm,  $\text{K}^+$  inferior a 100 ppm y los iones fosfato por debajo de 1 ppm. Los iones disueltos en el suelo se completan por suministros a partir de la fase sólida del suelo.

2) Por un proceso de intercambio en la absorción de iones. Por cesión de  $\text{H}^+$  y  $\text{HCO}_3^-$  productos de la respiración de los hidratos de carbono, la raíz contribuye al intercambio de iones en la superficie de las partículas de arcilla y humus y en este proceso gana iones en la superficie de las partículas de arcilla y humus y en este proceso gana iones alimenticios.

3) Por liberación de reservas alimenticias fijadas a través de la excreción de iones  $\text{H}^+$  y ácidos orgánicos. Existen alimentos fijados químicamente, sobre todo metales pesados, que pueden liberarse y pasar a formar parte de quelatos. Los quelatos de metales están protegidos de una nueva fijación y al mismo tiempo son fáciles de captar por la planta.

Las sales nutrientes en forma de ion penetran desde el suelo por difusión con el agua hasta el parénquima de la corteza de la

raíz. Allí quedan absorbidas por cargas de superficie de las paredes celulares húmedas, lo mismo que en la parte exterior del protoplasma.

PELO RADICULAR

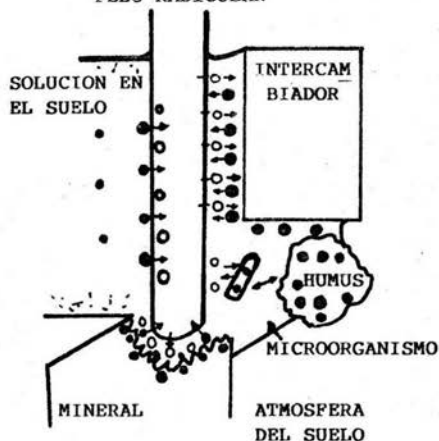


Fig. 4. Movilización de los nutrientes minerales en el suelo y su captación por la raíz. (Según Finck 1969, Tomado de Larcher, 1980).

● Nutrientes Minerales    ○ H<sup>+</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Este proceso es puramente pasivo, ya que tiene lugar por un gradiente de concentración y de carga eléctrica entre el suelo y el interior de la raíz. La zona que rodea a la raíz, en la que tiene lugar el equilibrio, de concentraciones con la disolución exterior a través de difusión, se denomina "espacio de intercambio libre aparente", el cual fija electrostáticamente gran cantidad de iones (fig. 4)

#### IV.e. Transporte de los Minerales en las Plantas.

El flujo de iones en las células de los vástagos y de las raíces de las plantas está conectado y controlado por el flujo en el xilema y el sistema de recirculación de el floema. Probablemente el flujo o intercambio de iones a través del espacio libre está restringido por la suberización de las células endodermales, en la interface del córtex de la raíz y del estele.

El sistema de transporte comienza con la absorción de los iones en la membrana plasmática de las células corticales de la raíz (Goodall, 1981). Ahí penetran en el citoplasma de las células parenquimáticas y de allí pasan al interior de las vacuolas, estas sirven únicamente como depósito, ya que no tienen ningún papel en el transporte intercelular. Los nutrientes almacenados, activa o pasivamente, en la vacuola permanecen en ésta, hasta que sean transportadas activamente al citoplasma. El transporte en distancias cortas transcurre a través de un simplasto en la raíz esto es, una cadena interdependiente de protoplastos vivos. Este camino lleva hasta el cilindro central pasando por la endodermis. Las células del floema toman los iones a través de un contacto con el simplasto (fig. 5). Los iones circulan pasivamente en las tráqueidas, que están llenas de agua, siguiendo al gradiente de concentraciones. Los iones se separan activamente en el agua de los vasos.

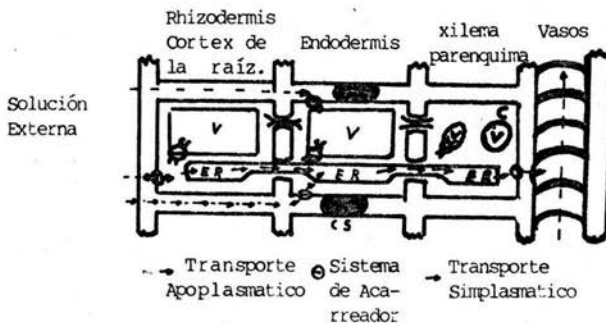


Fig. 5. Diagrama del transporte de iones de la solución externa, hasta los vasos de la raíz. (CS) Banda de Caspari, (C) Citoplasma, (ER) Sistema de endomembrana, (V) Vacuolas. (Tomado de Larcher - 1980 y Goodall 1981).

Las sales nutritivas ascienden y se distribuyen a lo largo de la planta, y una vez que alcanzan el final de la red de vasos difunden a través de las paredes celulares a la superficie de los protoplastos del parénquima y finalmente penetran de forma activa (fig. 5).

El transporte de nutrientes a través del floema y del xilema, está unido a través de muchos puntos, especialmente en las raíces y nudos del tallo. Junto con el flujo de productos de asimilación se conducen también minerales a los lugares que tengan mayores necesidades. El transporte a través de los vasos cribosos se encarga sobre todo de repartir en la planta, minerales que ya habían sido incorporados (Larcher, 1977, 1980 y Goodall, 1981).

#### IV.f. Incorporación y Almacenamiento de los Minerales.

Los minerales se incorporan a la planta convirtiéndose en componentes o activadores de enzimas o regulando a través de sus efectos coloidoquímicos el estado de hidratación del protoplasma y con ello de los enzimas (ver cuadro 14).

Las hojas en desarrollo de los árboles se enriquecen de nutrientes principales como N, P, K y otros elementos. A medida que aumenta la edad se acumulan en las hojas Ca, S y otros elementos poco móviles de la planta, como Fe, Mn y B; mientras que los elementos más móviles, como N, P y sobre todo el K, se acumulan en mayor concentración en las hojas jóvenes y van disminuyendo a medida que éstas envejecen y maduran. Por ello se va desplazando la relación Ca-K en las hojas a favor del Ca a lo largo de todo el año (Larcher, 1980).

La mayoría de los minerales permanecen en gran parte en los tejidos a los que fueron conducidos. Para no sobrecargar el metabolis

mo se almacenan en las vacuolas o precipitan en ellas. Las paredes celulares también se enriquecen progresivamente en minerales que se han suministrado a lo largo del flujo debido a la transpiración y han quedado como residuos de la evaporación del agua. Estos minerales no se eliminan más que por el desprendimiento de algunas partes del vegetal o por su muerte (Cajuste 1977; Larcher, 1980).

#### **IV.f.1. Factores que afectan la Absorción de Iones.**

En las plantas existen diversos factores que afectan la absorción de iones entre los cuales Larcher (1980) menciona: Poca cantidad de iones; antagonismo causado cuando hay más concentración de la normal de un elemento; cuando los elementos se encuentran en el suelo en una forma química no disponible, también el pH afecta la absorción de algunos elementos en la planta o induce exceso nocivo de otros.

#### **V. Relación entre el Agua y el Transporte de Iones.**

El suelo puede recibir con agua de procedencia remota sustancias disueltas, que se acumulan definitivamente en él, como, por ejemplo, concreciones de Ca, a partir del agua freática. El estado de hidratación de los coloides y con ello la accesibilidad de las superficies internas y externas de cada una de las partículas depende del contenido en agua.

El crecimiento de las plantas depende de un constante tráfico de elementos minerales dentro y a través del cuerpo de la planta, no se conoce otro solvente como el agua que sirva para la función de acarrear los nutrientes minerales. La viscosidad del agua es un fac-

tor que permite la difusión rápida de los solutos incluyendo los iones inorgánicos y hace posible el flujo rápido del agua a través de estrechos conductos del sistema vascular (Epstein, 1972; Braun, 1979).

#### **VI. Requerimientos Nutritivos y Exceso en Minerales.**

Según la cantidad de minerales suministrados a la planta se pueden distinguir tres situaciones de nutrición: deficiente, suficiente y exceso.

**Deficiente.** Las plantas crecen muy poco y pueden florecer, fructificar y envejecer antes de tiempo. En las plantas aparecen síntomas de deficiencia característicos para cada elemento, los cuales se conocen principalmente en plantas de cultivo.

**Suficiente.** La planta presenta un desarrollo óptimo.

**Exceso.** Los minerales pueden actuar como venenos. En la naturaleza se presenta esta situación en suelos salinos o básicos, en suelos ricos en nitrógeno y sobre todo en suelos con metales pesados y en pedregales y suelos con yeso (Rojas, 1980; Larcher, 1980).

#### **VII. Eliminación de los Minerales.**

Una parte muy importante en el ciclo mineral es la excreción de los iones por parte de las plantas, el cual puede darse en diversas formas, tal como: el desecho de tejido senescente, como hojas secas; la secreción de asimilados a través de poros de las raíces; productos del metabolismo secundario segregados, productos terminales del catabolismo (excretas); y la expulsión de sales en forma inorgánica que aun no han penetrado en el metabolismo (secreción). Esto último



sucede en toda la superficie del vegetal, de donde se lavarán las sales por la lluvia. Las cantidades que expulsa la planta de esta forma son elevadas, pero algunos iones como  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$  y  $Mn$  pueden eliminarse fácilmente. Las plantas que crecen en suelos salinos poseen con frecuencia drusas para eliminar las sales.

### VIII. Formas de Estudio de la Nutrición en Plantas.

Existen diversos métodos para estudiar la cantidad de nutrientes contenidos en las plantas, en todos ellos se lleva a cenizas la planta a estudiar (Chapman, 1976; SARH, 1978; Allen, 1975).

En las cenizas los elementos que se encuentran en mayor cantidad (10 000 - 50 000 ppm de materia seca) son N, K, Ca y en algunas plantas Si. El Mg, P y S se encuentran en proporción de hasta 10 000 ppm. Las relaciones cuantitativas de los distintos bioelementos pueden ser características de determinadas especies o familias y también según el órgano o edad de que se trate (Larcher, 1980). Los árboles y arbustos generalmente contienen más N que K, mientras que en las herbáceas sucede lo contrario.

En las leguminosas, crasuláceas y crucíferas predomina el Ca sobre el K. La mayoría de las plantas contienen más P que S, aunque la relación también puede invertirse. Las plantas que habitan suelos salinos acumulan Na en mayor cantidad.

Dentro de una misma planta las partes más ricas en cenizas son las hojas y los órganos leñosos los más pobres. En el follaje se almacenan principalmente Ca, Mg y S; flores y frutos almacenan principalmente K, P y S; los troncos de los árboles contienen una cantidad relativamente alta de Ca.

Los nutrientes que están a disposición de la planta influyen en el contenido de cenizas y en la composición de éstas. Las plantas de suelos salinos son ricas en cenizas (10-25% de la materia seca), al contrario de las de los suelos ácidos (1-3% de la materia seca). Ya que las plantas pueden absorber preferentemente algunas sales del suelo, pero no pueden impedir la entrada de ninguna, las particularidades geoquímicas del lugar de crecimiento se manifestarán en la composición de las cenizas de la planta (Epstein, 1972; Larcher, 1980).

#### **IX. Importancia del Estudio del Contenido de Macronutrientes en Cactáceas.**

El estudiar el contenido de minerales en las cenizas de Cactáceas es importante, debido a que podemos de este modo encontrar especies indicadoras de nutrientes o de depósitos minerales (Aguilera com. per. ; Blanco, 1958). También podemos saber en que parte de la planta hay acumulación de cada nutriente y que minerales se encuentran en mayor cantidad en las zonas de estudio, ya que no se han hecho estudios de este tipo en el país, y en general en otros países es poco lo que se ha investigado sobre este aspecto. Es así como, la mayoría de las investigaciones que se han llevado a cabo se refieren a plantas de cultivo (Epstein, 1972; Larcher, 1980); a Bosques de Pinos (Fife y Norbjar, 1982); o de Palmas (Annason, 1984). Sobre Cactáceas se encuentran pocos trabajos (Blanco, 1958 y 1959; Singh, Rajpal y Poonia, 1981; Nobel, 1983).

Los niveles de elementos minerales (macronutrientes), observados en cactus muestran una marcada diferencia respecto a las otras

especies. Epstein en 1972 y Larcher en 1980 (citados por Nobel, 1983) mencionan como niveles representativos en plantas agronomicas: 2% para N, 2% para K, 1 000 ppm para Na, 0.4% para Mg; 3 000 ppm para P y 2% para Ca.

En Cactáceas Nobel en 1983, observó un promedio de 1.63% de N; 1.44% de K; 234 ppm de Na; 1.650 ppm de P; 3.78% de Ca y 1.02% de Mg.

En Pinus radiata se encontraron 7 gr por árbol de N; 2 gr para el P; 10 gr para el K y 6 gr para el Ca.

En palmas se encontró una máxima de 2.74% de N; 0.234% de P; 1.13% de K; 14.60% de Mg; 4.63% de Ca y 27 400 ppm de Na (Arnason, 1984).

Desde 1964  
MATERIAL Y METODO

### I. Localización y características de las zonas de estudio.

El municipio de Coxcatlán se encuentra integrado por dos juntas auxiliares: Tilapa y Calipan; y once rancherías: Pala, Xacalco, Vigastepec, Tequexpalco, Potrero, Tepeyaloc, Teocoltepec. Ocotlamanis, Chichiltepec, Pueblo Nuevo y Venta Salada (Ramírez, et al. 1982).

El tipo de Vegetación de las comunidades de estudio (Cuadro 1) es matorral micrófilo crasicaule, según Miranda (citado por Rzedowzki, 1983), con dominancia fisonómica de una especie en cada zona, en asociación con diversas especies, con formas de vida de tipo multidendricaule, crasicaule, oligodendricaule y microfitos según Miranda (citado por Bravo, 1978).

**PUEBLO NUEVO** (San Rafael ): Ubicación: 97° 06' 30" E, 18° 10' 27" N.; Geología : El origen del suelo data del periodo Cuaternario de la era Cenozoica. Presenta rocas Sedimentarias y Volcano Sedimentarias en conglomerado, formado por: calizas, areniscas, rocas ígneas y fragmentos de cuarzo y pedernal en una matriz arcillo-arenosa con sedimentos de lutitas y areniscas del Paleozoico Superior y del Cretacico inferior.

Vegetación : Comunidad de "Cardonal Micrófilo" con dominancia fisonómica de Stenocereus weberi (Coulter) Buxbaum. Asociada a esta comunidad se encuentran las siguientes cactáceas: S. stellatus (Pfeiffer) Riccobono., S. pruinosus - (Otto) Buxbaum., Escontria chiotilla (Weber) Rose., Myrtillocactus geometrizans var. grandiareolatus (Bravo) Backeberg., Opuntia sp., Mammillaria carnea, Opuntia decumbens Salm-Dyck., Coryphantha calipensis Bravo., Ferocactus recurvus (Miller) Y. Ito., Opuntia pumila Rose.

Otras especies presentes en la zona son:

Cercidium praecox (R. et Pav.) Harms., Acacia cochliacantha Humb. y Bonpl., Ziziphus mexicana Rose., Mimosa sp., Bursera arida (Rose) Standl., Bursera morelensis

ZONA DE ESTUDIO	TIPO DE VEGETACION	DOMINANCIA FISIONOMICA	AREA MINIMA	TAMAÑO DE LA MUESTRA
Pueblo Nuevo (San Rafael)	"Cardonal"	<u>Stenocereus weberi</u> (Coulter) Buxbaum	900 m <sup>2</sup>	10
Venta Salada	"Jiotilla"	<u>Escontria chiotilla</u> (Weber) Rose	144 m <sup>2</sup>	12
Calipan	"Tetecheras"	<u>Neobuxbaumia tetetzo</u> (Weber) Backberg	400 m <sup>2</sup>	8

CUADRO 1. Características de las Zonas de Estudio.

**VENTA SALADA:** Ubicación 97°11'48''E, 18°17'09''N.; Geología: Al igual que en PN, el origen del suelo data del período Cuaternario y presenta rocas Sedimentarias y Volcano Sedimentarias en conglomerado; Vegetación: Comunidad "Jiotillales" con dominancia fisonómica de Escontria chiotilla (Weber) Rose. Asociada a ésta comunidad se encuentran las siguientes cactáceas: Opuntia sp., Stenocereus stellatus, S. pruinosus, M. carnea, O. decumbens, Coryphantha calipensis, Opuntia pumila, Ferocactus recurvus.

Otras especies presentes en la zona son:

Cercidium praecox, Acacia cochliacantha, Ziziphus mexicana, Mimosa sp.

**CALIPAN:** Ubicación: 97°10'E, 18°27'42''N.; Geología: El origen del suelo data del Terciario inferior de la era Cenozoica. Presenta rocas Sedimentarias de tipo conglomerado y arenisca, donde se encuentra alternancia de areniscas de grano fino a mediano con cementante calcáreo y aglutinante arcilloso y presencia de esquistos.; Vegetación: Comunidad de "Tetecheras" con dominancia fisonómica de Neobuxbaumia tetetzo (Weber) Backeberg. Asociada a ésta comunidad se encuentran las siguientes cactáceas: Opuntia sp., Myrtillocactus geometrizans var. grandiareolatus, E. chiotilla, S. weberi, M. carnea, Ferocactus flavovirens (Scheidweiler) Britton y Rose., F. recurvus, Mammillaria viperina J. A. Purpus., C. calipensis, Opuntia pumila.

## II. Metodología para seleccionar las Zonas y el Area de Trabajo.

En la fig. 6 se muestran las tres zonas de estudio, las cuales fueron seleccionadas con base a los principales tipos de vegetación según Miranda y Hernández X. (citado por Rzedowski, 1978).

En cada zona determinamos el área mínima, por medio de la técnica de Matteucci (1982), la cuál consiste en hacer una serie de cuadrantes en los que fuimos duplicando el área cada vez, iniciando con 10 m<sup>2</sup>, hasta llegar a obtener un número constante de especies en un área dada (Cuadro 1).

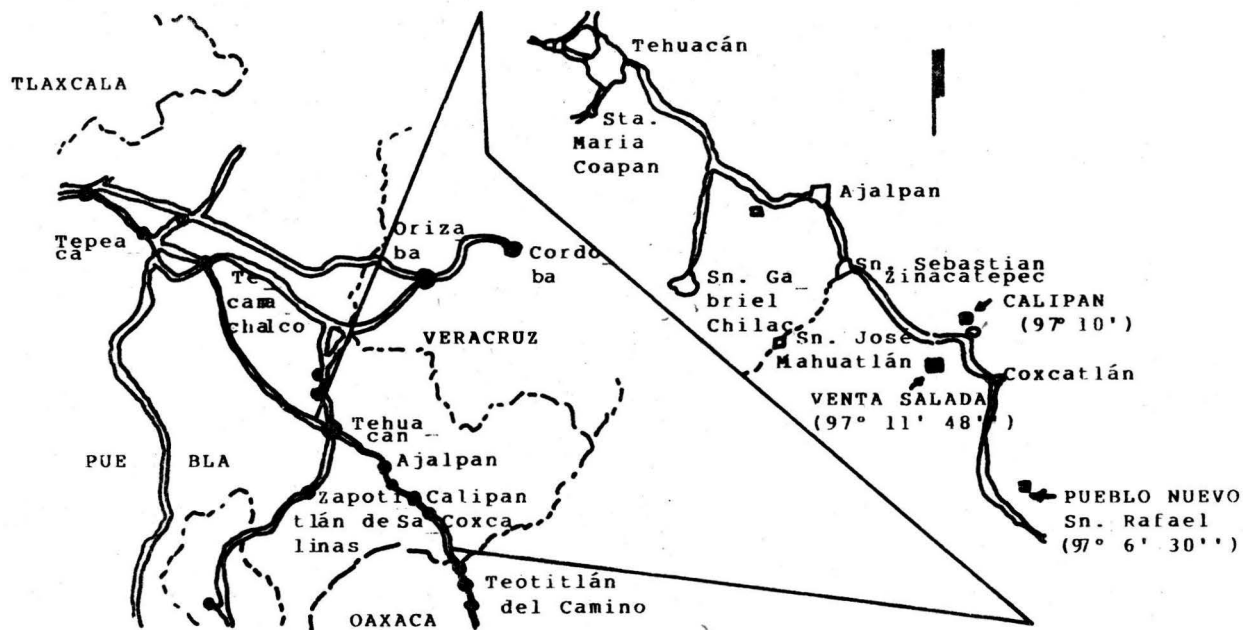


Figura 6. Localización de las zonas de estudio: Calipán(C); Pueblo Nuevo(P.N.) y Venta Salada(V.S.). Mapa tomado de las Cartas Topográficas y Carta Geológica de Orizaba E 14-6. Escala 1:1,000,000. D.G.G. 1983.

Una vez establecido lo anterior, llevamos a cabo la estimación del tamaño de la muestra representativa para cada zona en base al método de la media acumulada (Müeller, et al., 1974; Matteucci 1982): para esto se contó el número de organismos en cada cuadrante, hasta que su valor fué constante.

Dividimos a todas las especies de la familia Cactáceae en dos estratos: Estrato I; las que tienen una talla mayor de 50 cm y Estrato II; las menores de 50 cm (Cuadro 2). Posteriormente determinamos las siguientes variables: **a) Altura.** - Para el estrato I utilizamos el inclinómetro de una brújula Brunton, en el caso del estrato II con una cinta métrica; **b) Cobertura.** - Tomamos el diámetro de las ramas más retiradas de ambos extremos del organismo; **c) Area basal.** - Medimos la base del tallo principal. El número de cuadrantes en los que determinamos estas variables fué diferente en cada zona, y se estableció en base al método anteriormente mencionado. (El tamaño de muestra para cada una de las zonas se indica en el cuadro 1).

A partir de éstas variables calculamos: Densidad, Dominancia y Frecuencia, para determinar el Valor de Importancia de cada especie, el Índice de Diversidad por zona y el Índice de Similitud entre zonas.

El Muestreo de suelo, tejido vegetativo y radicular lo realizamos al inicio y después de la época de lluvias, en tres cuadrantes para cada zona, durante 1985.



E S T R A T O I				
ESPECIE	VS	PN	C	
<u>Escontria chiotilla</u>	+	+		
<u>Myrtillocactus geometrizans</u>		+	+	
* <u>Neobuxbaumia tetetzo</u>				+
<u>Opuntia sp.</u>	+	+	+	
<u>Stenocereus pruinosus</u>		+		
<u>S. stellatus</u>	+	+		
<u>S. weberi</u>		+		
<u>Cephalocereus chrysacanthus</u>				+
* <u>C. hoppenstedtii</u>				+

E S T R A T O II				
ESPECIE	VS	PN	C	
<u>Coryphantha calipensis</u>	+	+	+	
<u>Ferocactus flavovirens</u>				+
<u>F. recurvus</u>	+	+	+	
<u>Mammillaria carnea</u>	+	+	+	
<u>M. viperina</u>				+
<u>Opuntia decumbens</u>	+	+	+	
<u>O. pumila</u>	+	+	+	

**CUADRO 2.** Especies presentes en las tres zonas de trabajo. \*Estas dos especies se confundieron al tomar los parametros de la vegetación, por lo cuál no se consideraron para dicho análisis.

### III. Muestreo Edafológico.

Hicimos perfiles de  $1 \text{ m}^2$  con una profundidad de 60 cm (en suelos someros hasta llegar a la roca madre), ya que la raíz de las Cactáceas se desarrolla a poca profundidad. Tomamos muestra a 20, 40 y 60 cm de profundidad, las colocamos en bolsas de polietileno para transportarlas al laboratorio.

Una vez que se secaron las muestras a temperatura ambiente durante una semana, las tamizamos utilizando un tamiz de 1 mm de abertura de malla y posteriormente analizámos cada muestra:

- |                                       |                           |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1) Densidad Aparente                  |                           |
| 2) Densidad Real                      |                           |
| 3) % de Porosidad                     |                           |
| 4) Color                              | Con Tablas de Munsell     |
| 5) pH                                 | Con potenciómetro Corning |
| 6) Textura                            | Método de Bouyoucos       |
| 7) Capacidad de Intercambio Cationico |                           |
| 8) % de Materia Orgánica              | Método de Walkley y Black |
| 9) Calcio y Magnesio                  | Método de Versenato EDTA  |

Las características anteriores las determinamos en base a las técnicas de Laboratorio de Edafología elaboradas por Aguilera, N.H., modificadas por Muñoz, D.I. y López, F.G. (1985).

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 10) Nitrógeno  | Mét. Semimicro-Kjeldack     |
| 11) Fósforo  | Mét. de Azul de Molibdeno   |
| 12) Azufre   | Mét. de Sulfato de Bario    |
| Métodos tomados de Chapman, H.D. y Pratt, P. (1976). |                             |
| 13) Sodio y Potasio                                  | Espectrofotometría de Llama |

#### IV. Muestreo de Plantas.

Tomamos muestras de las especies que presentan un Valor de Importancia más alto en cada zona. En el caso del Estrato I se tomaron muestras a diferente altura: 3m, 1.5 m, parte basal y raíz. En el Estrato II la parte aérea y la raíz.

Una vez en el laboratorio lavamos las plantas con agua destilada, las secamos en un horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas y finalmente las maceramos. Determinamos los nutrientes con los siguientes métodos:

- |   |   |
|---|---|
| 1) Fósforo  | Mét. de Azul de Molibdeno               |
| 2) Azufre   | Mét. de Sulfato de Bario                |
| 3) Calcio y Magnesio                                | Espectrofotometría de Absorción Atómica |
| 4) Sodio y Potasio                                  | Espectrofotometría de Llama             |
| Métodos tomados de Chapman, H.D. y Pratt, P. (1976) |   |
| 5) Nitrógeno  | Mét. Semimicro-Kjeldack                 |

#### V. Análisis Estadístico.

##### V.a. Análisis de la Vegetación.

Para analizar la vegetación realizamos gráficas del promedio por especie y por zona de: Cobertura, correspondientes al estrato I y II; de área basal y altura para el estrato I.

También formamos un cuadro de acuerdo a los valores más altos que se obtuvieron de los polígonos de frecuencia, realizados previamente, por especie, para cobertura y área basal del estrato I y II, y altura para el estrato I.

Respecto a la cantidad de nutrientes, realizamos una serie de gráficas, por zona y por época, incluyendo un cuadro del promedio de cada

nutriente por especie.

#### **V.b. Análisis de Suelo.**

Se realizaron gráficas para analizar el contenido de nutrientes en el suelo tomando en cuenta la época, la profundidad y la zona de muestreo; así mismo se realizó un análisis de varianza factorial para determinar cuál de éstos, presentaba diferencias significativas para cada uno de los nutrientes.

#### **V.c. Análisis Multivariado.**

Llevamos a cabo un análisis multivariado de Correlación Canónica mediante el paquete BMDP 6M en una computadora Hewlett-Packard (HP 3 000) para determinar la relación que existe entre variables fisicoquímicas y nutrientes del suelo. A su vez también se hizo el mismo análisis para relacionar factores edáficos con la cantidad de nutrientes en las siguientes especies: E. chiotilla, Opuntia sp. y M. carnea.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### I. Análisis de Vegetación.

#### Estrato I.

Como se puede observar en las figuras 7, 8 y 9 la especie que tiene mayor Altura, Area basal y Cobertura, es S. weberi, sin embargo existen pocos organismos de esta especie, por lo que ocupa el menor Valor de Importancia (V.I.) de Pueblo Nuevo (PN) y Calipan (C) (Cuadro 3).

Opuntia sp. y E. chiotilla se encontraron en las tres zonas de estudio, presentando los V.I. más altos: Opuntia sp. en PN y C; E. chiotilla en Venta Salada (VS) (Cuadro 3).

S. stellatus se encuentra en VS y PN, tiene mayor altura y área basal en VS y mayor cobertura en PN (Fig. 7 y 8).

C. hoppenstedtii se encuentra unicamente en C, en ésta misma zona se presenta C. chrysacanthus con un número muy reducido de organismos (Cuadro 3). M. geometrizzans tiene bajos V.I. en PN siendo mayor en C (Cuadro 3).

Analizando las tres zonas de estudio (fig. 7, 8 y 9), podemos decir que los organismos de PN son más altos y tienen mayor area basal, y los de VS tienen mayor cobertura.

#### Estrato II.

En este estrato podemos encontrar tres hábitos de crecimiento: plantas que crecen en forma ramosa como O. pumila; en forma rastroso O. decumbens; las especies de Mammillaria son cespitosas. A su vez algunas forman grupos como F. flavovirens y en ocasiones M. carnea y C. calipensis. Por otra parte podemos observar en la fig. 10, que M. carnea, C.

ZONA	ESPECIE	DOMINANCIA	FRECUENCIA	DENSIDAD	VALOR DE IMPORTANCIA
P N	<u>Opuntia sp.</u>	94.8	20	39	153
U U	<u>Stenocereus stellatus</u>	2.9	20	34	59
E E	<u>Escontria chiotilla</u>	0.9	20	17	38
B V	<u>Stenocereus pruinosus</u>	0.8	14	6	20
L O	<u>Myrtillocactus gearetrizans</u>	0.03	14	1	15
O	<u>Stenocereus weberi</u>	0.4	12	2	14
V S	<u>Escontria chiotilla</u>	72	33	24	129
E A	<u>Opuntia sp.</u>	21.1	30	36	87.1
N L	<u>Stenocereus stellatus</u>	0.6	33	40	73.6
T A	<u>Stenocereus pruinosus</u>	0.3	2	0.4	2.7
A D					
A A					
C	<u>Opuntia sp.</u>	78.58	26	14.2	118.78
A	<u>Neobuxbaumia tetetzo</u>	6.9	26	71.3	104.2
L	<u>Myrtillocactus gearetrizans</u>	4.5	23	11.8	39.3
I	<u>Cephalocereus chrysacanthus</u>	0.7	10	0.9	11.6
P	<u>Escontria chiotilla</u>	9.1	10	0.9	11
A	<u>Stenocereus weberi</u>	0.2	3	0.2	3.4
N					

CUADRO 3. Resumen del Análisis de la Vegetación del Estrato I de las tres zonas de estudio. (los valores estan dados en porcentaje).

Altura (m)

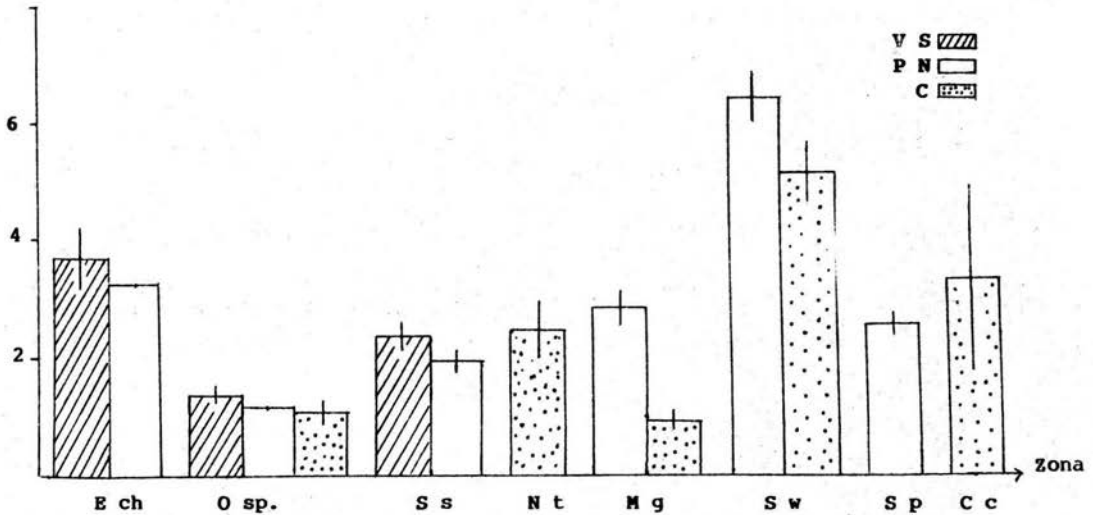


Figura 7. Valores de Altura para: Escontria chiotilla (E ch); Opuntia sp. (O sp.); Stenocereus stellatus (S s); Neobuxbaumia tetetzo (N t); Myrtillocactus geometrizans (M g); Stenocereus weberi (S w); Stenocereus pruinosus (S p) y Cephalocereus chrysacanthus (C c). En tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipán (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S).

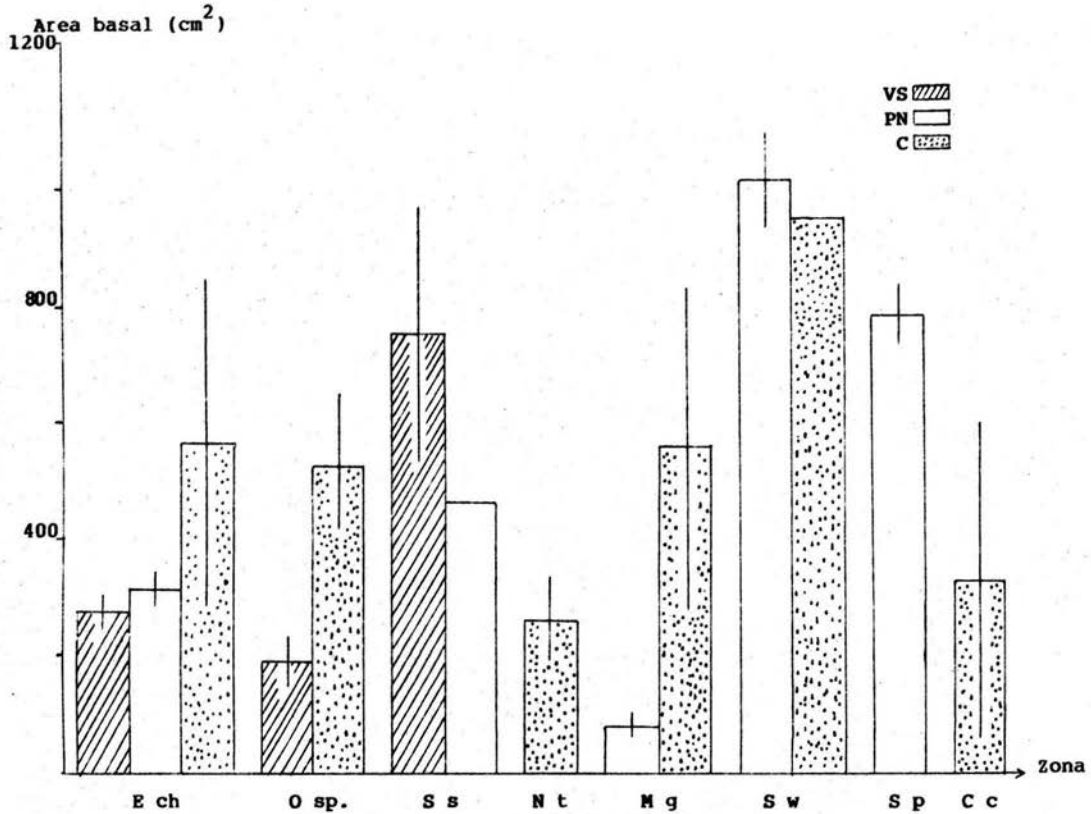


Figura 8. Valores de Area basal para: Escontria chiotilla (E ch); Opuntia sp. (O sp.); Stenocereus stellatus (S s); Neobuxbaumia tetetzo (N t); Myrtillocactus geometrizans (M g); Stenocereus weberi (S w); Stenocereus pruinosus (S p) y Cephalocereus chrysacanthus (C c). En tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS).



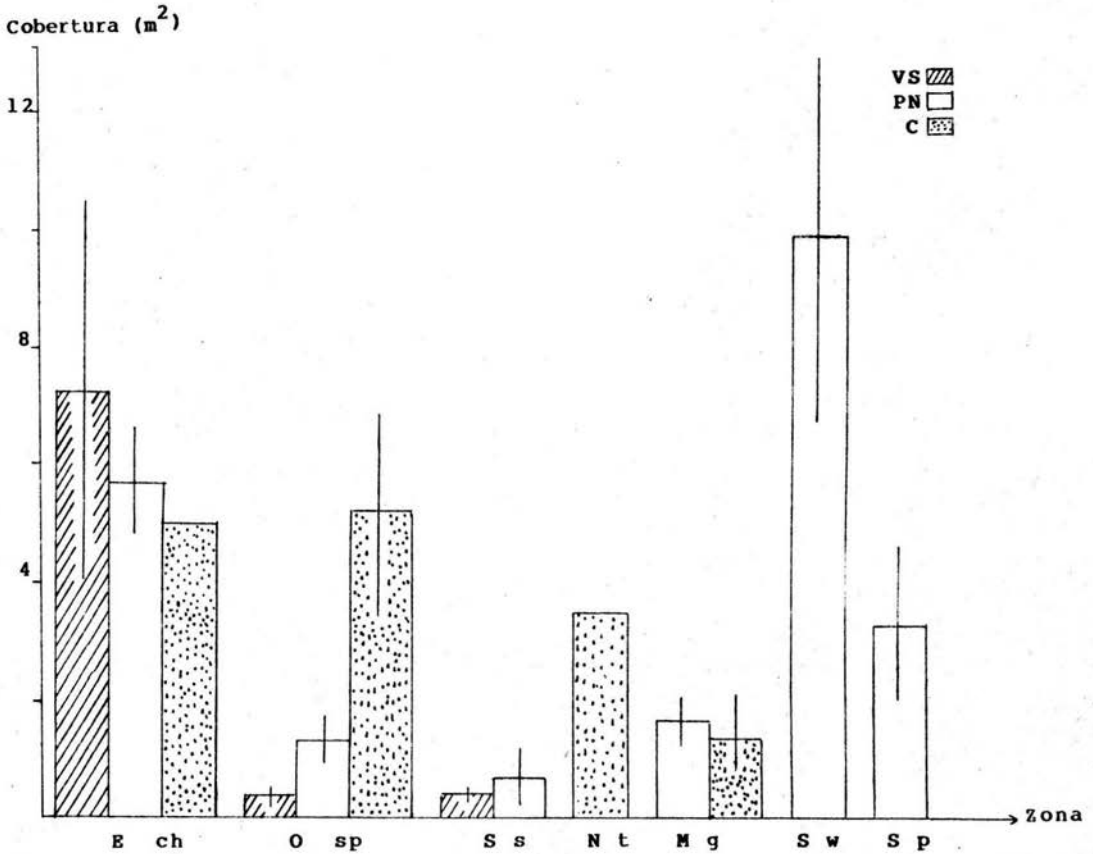


Figura 9. Valores de Cobertura para : *Escontria chiotilla* (E ch); *Opuntia* sp. (O sp.); *Stenocereus stellatus* (S s); *Neobuxbaumia tetetzo* (N t); *Myrtillocactus geometrizans* (M g); *Stenocereus weberi* (S w) y *Stenocereus pruinosus* (S P). En tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo(PN) y Venta Salada (VS).

ZONA	ESPECIE	DOMINANCIA	FRECUENCIA	DENSIDAD	VALOR DE IMPORTANCIA
P N	<u>Opuntia decumbens</u>	88.8	23	54.4	166
U U	<u>Mammillaria carnea</u>	8.5	23	38.7	70
E E	<u>Coryphantha calipensis</u>	0.8	23	3.4	27
B V	<u>Opuntia pumila</u>	0.7	16	3.4	20
L O	<u>Ferocactus recurvus</u>	0.9	16	1.3	18
O					
V S	<u>Mammillaria carnea</u>	41.6	25	61	127
A A	<u>Opuntia decumbens</u>	33.3	23	22.5	78.8
E L	<u>Coryphantha calipensis</u>	11.1	19	9.41	39.5
N A	<u>Opuntia pumila</u>	11.1	17	4.5	32.6
T D	<u>Ferocactus recurvus</u>	2.7	14	2.4	19.1
A A					
C	<u>Mammillaria carnea</u>	80.2	23	85.4	188.6
A	<u>Ferocactus flavovirens</u>	14.7	20	3.3	38
L	<u>Mammillaria viperina</u>	0.6	20	5.2	25.8
I	<u>Ferocactus recurvus</u>	2.9	20	1.9	24.8
P	<u>Coryphantha calipensis</u>	1.3	17	1.6	19.9
A	<u>Opuntia pumila</u>	-	17	1.9	18.9
N					

CUADRO 4. Resumen del Análisis de la Vegetación del Estrato II de las tres zonas de estudio. (los valores estan dados en porcentaje).

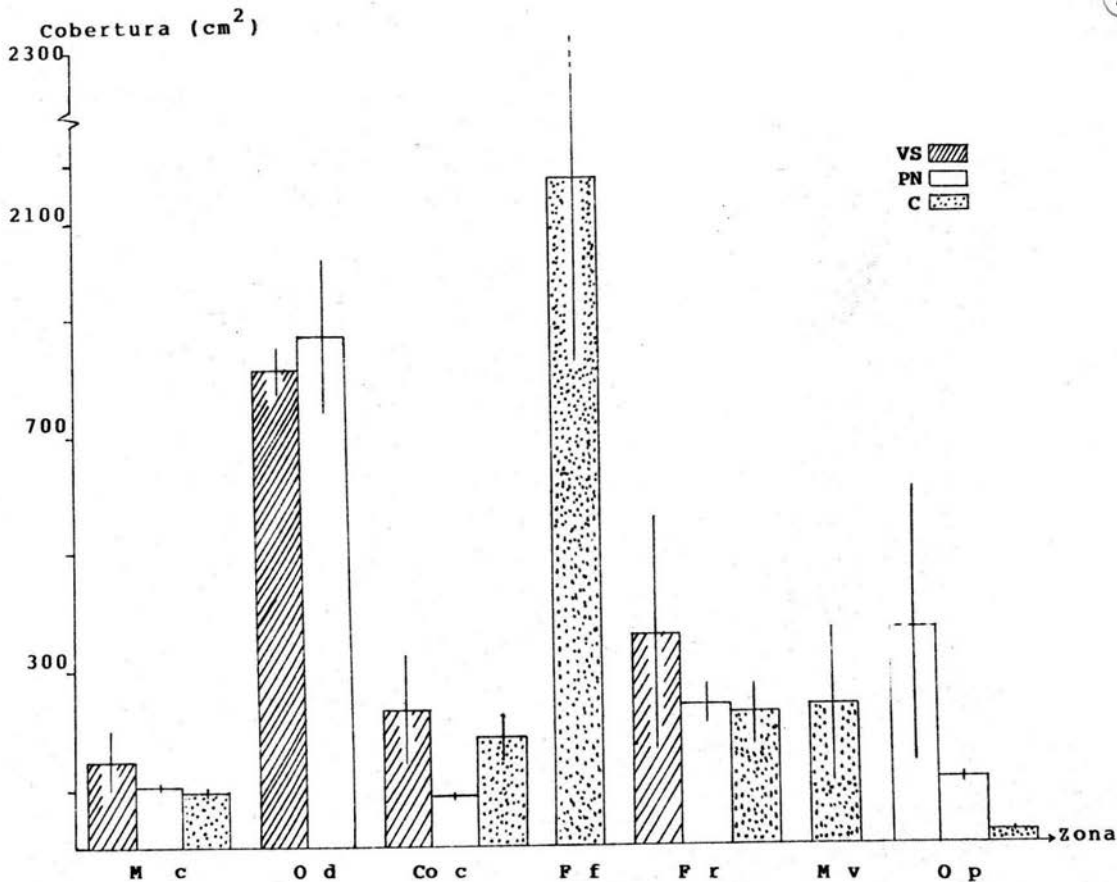


Figura 10. Valores de Cobertura para: Mammillaria carnea (M c); Opuntia decumbens (o d); Coryphantha calipensis (Co c); Ferocactus flavovirens(F f); Ferocactus recurvus (F r); Mammillaria viperina ( M v) y Opuntia pumila (O p). En tres zonas de Coxcatlán Pue. : Calipan (C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS).

calipensis, F. recurvus y O. pumila, se encuentran en las tres zonas de estudio.

M. carnea es la especie con mayor abundancia y con menor cobertura, teniendo el V.I. más alto en VS y C (fig. 10 y cuadro 4).

O. decumbens y F. flavovirens, tienen mayor cobertura que las demás especies (fig. 10). O. decumbens posee el mayor V.I. en PN (cuadro 4).

En VS y PN las especies con menor V.I. son F. recurvus y O. pumila esta última especie también ocupa el menor V.I. en C (cuadro 4).

Finalmente podemos decir que, en general, en las tres zonas de estudio no es significativa la diferencia de coberturas, ya que hay organismos con cobertura grande y pequeña en las tres zonas.

## II. Análisis de los polígonos de frecuencia para Cobertura, Area basal y Altura,

### Estrato I

En el cuadro 5 observamos que E. chiotilla, Opuntia sp. se encuentran en las tres zonas de estudio. E. chiotilla es más pequeña en C, en PN tiene el tronco más grueso y una talla menor, únicamente en VS reúne las características descritas por Bravo (1978). Opuntia sp. es más pequeña en PN, en C son más bajas y gruesas, al contrario de VS donde son más altas y su tronco es menos grueso.

S. stellatus tiene una altura semejante en las dos zonas (PN y VS), y una mayor cobertura en VS, aunque en ambas zonas no llega a alcanzar las tallas mencionadas por Bravo (1978) (Cuadro 13). M. geometrizaans y S. weberi son organismos que presentan tallas semejantes a las descritas por Bravo (1978) solamente en PN, variando sus características en la otra zona en que se desarrollan.

E S T R A T O I

	P U E B L O N U E V O			V E N T A S A L A D A			C A L I P A N	
	ALTURA m	COBERTURA m <sup>2</sup>	AREA BASAL m <sup>2</sup>	ALTURA m	COBERTURA m <sup>2</sup>	AREA BASAL cm <sup>2</sup>	ALTURA m	AREA BASAL cm <sup>2</sup>
<u>Escontria chiotilla</u>	2.67-3.73	0.05-1.73	0-0.45	2-4	0-5	0-500	0-2	20-30
<u>Opuntia sp.</u>	0.48-0.86	0.02-0.52		0-1	0-3	0-200	0-0.5	9-27
<u>Stenocereus stellatus</u>	0.47-1.01	0.02-0.80	0.02-0.26	0-1	0-5	0-1000		
<u>Myrtillocactus geometrizans</u>	2.27-4.22	0.70-1.24	0.12-0.24				0-1	2.3-20.7
<u>Stenocereus weberi</u>	5.53-7.19	0.65-1.61	0.56-1.02					40.0-100
<u>S. pruinosus</u>	1.34-2.19	0.05-0.77	0.12-0.56					
<u>Cephalocereus chrysacanthus</u>								9-31

E S T R A T O II

	PUEBLO NUEVO		V E N T A S A L A D A		C A L I P A N	
	COBERTURA cm <sup>2</sup>	COBERTURA cm <sup>2</sup>	COBERTURA cm <sup>2</sup>	AREA BASAL cm <sup>2</sup>	COBERTURA cm <sup>2</sup>	AREA BASAL cm <sup>2</sup>
<u>Mammillaria carnea</u>	5.5-10.5	0-250	0-100		0-150	14-26
<u>Opuntia decumbens</u>	16.0-30	0-500	0-50			
<u>Coryphantha calipensis</u>	6.0-9	0-17	0-200		0-500	16-28
<u>Ferocactus recurvus</u>	4.0-10	0-350			0-100	36-50
<u>F. flavovirens</u>					0-1500	6-43
<u>Mammillaria viperina</u>					0-110	0-22
<u>Opuntia pumila</u>	0.5-6.5	0-1000	0-2		0-100	

CUADRO 5. Rangos de mayor frecuencia de altura, cobertura y area basal en las especies presentes en la zona de estudio.

Las especies que únicamente se encuentran en una zona de estudio son S. pruinosa en PN, son organismos bastante ramificados que no pasan de los 2 m; y C. chrysacanthus en C, donde el número de organismos presentes es muy pobre.

### Estrato II

Se puede observar en el cuadro 5 que las especies que se encuentran en diferente zona varían en tamaño y forma de crecimiento: M. carnea tiene mayor cobertura en C y VS, con una tendencia a crecer en forma colonial, además de que también crecen organismos solitarios en forma más frondosa que en PN; C. calipensis tiene mayor cobertura en C debido a que tiende a crecer en forma colonial; F. recurvus tiene mayor cobertura en C y VS, ya que en éstas zonas tienden a crecer más; O. pumila tiene mayor cobertura en C y VS, pero en general en las tres zonas los organismos son muy pequeños.

O. decumbens se encuentra en PN y VS teniendo mayor cobertura en VS, aunque en las dos zonas se desarrolla muy pobremente.

F. flavovirens y M. viperina, se encuentran únicamente en C, la primera tiende a crecer en forma colonial, y se desarrolla abundantemente en esta zona, mientras que la segunda presenta una cobertura mayor que la descrita por Meyrán (1980).

### III. Índices de Similitud y Diversidad.

En el cuadro 6 podemos observar que la zona en donde se presenta la mayor diversidad es en PN, encontrándose en ésta el mayor número de especies. En VS se encuentra una diversidad semejante a PN, aunque el número de especies presentes es menor, ya que tiene una mayor equitatividad en su distribución; asimismo éstas dos zonas presentan un alto índice de similitud debido a que todas las especies presentes en VS se encuentran

INDICE DE DIVERSIDAD		INDICE DE SIMILITUD	
PN	2.62	PN - VS	0.90
VS	2.51	PN - C	0.69
C	1.95	VS - C	0.57

**Cuadro 6.** Indices de Diversidad y Similitud de las zonas de estudio. Pueblo Nuevo (PN), Venta Salada (VS) y Calipan (C).

tambien en PN. Observamos que en C el número de especies presentes en la zona es semejante al de PN, sin embargo su índice de diversidad es el más bajo, esto se debe a que existe dominancia de una de las especies en la zona.

A su vez se observan valores bajos en el índice de Similitud para C con las otras dos zonas, ya que presenta diferencias en cuanto a abundancia de organismos y en las especies existentes en la zona.

#### IV. Características Físicoquímicas y Contenido de Nutrientes del Suelo.

Analizando el cuadro 7 (Apéndice) observamos que: La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es mayor durante lluvias, que después de la misma y su valor va descendiendo del estrato superior (20 cm), al inferior (60 cm), siendo C la zona con mayor CIC y PN con la menor CIC; los valores registrados para el pH se pueden clasificar dentro de los ligeramente neutros (Ortiz, 1980), siendo semejante en las 3 zonas después de lluvia; la cantidad de materia orgánica evaluada en las zonas de estudio se clasifica según Ortiz (1980), en un nivel medio dentro de los suelos minerales y en general su valor es mayor después de lluvias y en el estrato superior, esto es debido a que el proceso de mineralización aumenta con la can

tividad de agua y con la caída de materia seca de las plantas, que tiende a depositarse en el estrato superior del suelo.

Ahora bien, los suelos de las tres zonas estudiadas son densas, aunque en C lo es en mayor proporción; presentan una textura media y alto porcentaje de porosidad, lo que indica que puede haber buena retención de humedad durante la época de lluvias.

Respecto al color, observamos que en PN tiende a ser amarillento, posiblemente debido a la presencia de limonita e hidróxido férrico; en VS y C es rojizo, ésto puede deberse a la presencia de hematita y óxido férrico totalmente deshidratado (Bravo, 1979) y en general el color es oscuro en las tres zonas, lo que facilita la absorción de las radiaciones por el suelo, por lo que únicamente plantas adaptadas a esas condiciones pueden crecer en este tipo de zonas, tal es el caso de las cactáceas.

En relación al contenido de nutrientes por zona se encontraron algunas variaciones. En Calipan se observa que la capacidad de intercambio catiónico tiene el valor mas alto, dandonos como consecuencia que el Ca, el Mg y el K se encuentren a su vez en mayor concentración.

En Pueblo Nuevo se encuentra la mayor cantidad de fósforo, éste es un elemento que se requiere en grandes cantidades por lo tanto su presencia va a favorecer el desarrollo de los organismos en ésta zona.

Venta Salada presenta los valores mas altos de sodio y nitrógeno, su disponibilidad esta siendo afectada por la cantidad de materia orgánica presente en la zona.

En conjunto, el total de variables fisicoquímicas y contenido de nutrientes es específico para cada zona.



## V. Contenido de Nutrientes en Planta.

Los elementos que se encuentran en mayor concentración, en general por promedio, en todas las especies estudiadas son el Nitrógeno y el Azufre, y en menor concentración el Sodio y el Fósforo. (Cuadro 8).

Las especies que contienen mayor concentración de N son Opuntia sp. y E. chiotilla; de S contiene mayor cantidad M. geometriza y menor O. decumbens. El Na se encuentra en mayor cantidad en F. flavovirens y en menor cantidad en Opuntia sp., M. geometriza, y F. recurvus. M. viperina contiene mayor cantidad de P y menor N. tetetzo.

De acuerdo a las concentraciones observadas de todos los elementos y comparandolas con las encontradas en otras especies, podemos decir que existe una gran variabilidad en las diferentes especies, posiblemente debida a las zonas donde se desarrollaron y a la variabilidad misma de especies, ya que las concentraciones de los elementos que encontramos en las Cactáceas a que se refiere el presente trabajo, no son semejantes a ninguna otra especie estudiada (Epstein, 1972; Larcher, 1980; Fife y Nambiar, 1982; Annason, 1984), ni aún a las concentraciones observadas en cactáceas por Nobel (1983).

## VI. Nitrógeno.

El Nitrógeno (N) es un elemento que no se encuentra en el suelo en la parte mineral y se requiere del proceso de mineralización para que sea disponible para las plantas, y éste depende de la actividad microbiana, incrementándose ésta al aumentar la cantidad de agua en el suelo (Cajuste, 1977), dando como consecuencia un aumento en la cantidad de materia orgánica después de las lluvias (D) (fig. 31) y un aumento en la disponibilidad de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  ya que también aumenta el proceso de nitrificación

ESPECIE	FOSFORO ppm	SODIO ppm	AZUFRE %	NITROGENO %	POTASIO ppm	CALCIO ppm	MAGNESIO ppm
<i>Cylindropuntia cholla</i>	1.92±0.37	5.88±0.44	0.29±0.04	0.404±0.039	201.15±26.03	20.81±0.6	103.32±14.64
<i>Mimiflocactus g.</i>	1.42±0.22	4.47±0.40	0.49±0.12	0.370±0.103	146.73±33.94	24.27±0.83	131.71±26.05
<i>Neobuxbaumia mezqu</i>	0.80±0.11	5.56±0.40	0.43±0.09	0.277±0.069	52.68±10.11	25.89±0.69	221.13±15.84
<i>Opuntia sp.</i>	1.65±0.16	4.70±0.27	0.41±0.06	0.437±0.047	170.55±18.47	24.09±0.63	253.15±17.31
<i>Stenocereus peruvianus</i>	2.53±0.58	5.87±0.67	0.28±0.07	0.464±0.125	253.18±98.92	20.64±1.04	275.53±27.15
<i>S. stellatus</i>	1.66±0.31	5.88±0.41	0.31±0.05	0.305±0.044	227.4 ±31.69	19.69±1.00	161.43±17.31
<i>S. weberi</i>	2.18±0.50	5.33±0.61	0.28±0.06	0.336±0.05	151.77±25.07	21.3 ±0.28	278.53± 7.05
<i>Cylindranthe caliensis</i>	1.54±0.47	6.5 ±1.26	0.34±0.07	0.460±0.194	186.12±20.83	23.37±1.79	159.35±31.74
<i>Ferocactus flavovirens</i>	1.17±0.06	10.2±1.33	0.51±0.16	0.447±0.272	148.87±32.10	25.16±1.26	257.25± 3.86
<i>F. recurvus</i>	1.83±0.26	4.56±0.31	0.46±0.11	0.324±0.104	199.35±25.61	22.04±1.02	90.35±22.61
<i>Mammillaria carne</i>	2.35±0.18	6.25±0.49	0.32±0.05	0.408±0.06	215.4 ±19.42	21.64±0.68	161.22±15.87
<i>M. virentina</i>	3.53±0.77	6.42±0.76	0.43±0.19	0.485±0.231	238.87±39.6	24.4 ±1.35	240 ±22.84
<i>Opuntia decumbens</i>	1.71±0.26	6.6 ±0.67	0.20±0.04	0.39 ±0.081	175.62±18.82	23.02±0.74	253.5 ±14.56
$\bar{X}$	1.86±0.32	6.02±0.61	0.36±0.08	0.393±0.109	161.36±30.83	22.79±0.93	203.91±16.71

CUADRO 8. Concentración de macronutrientes y Na en las especies de la familia Cactaceae, presentes en Coxcatlán, Pue. Los valores son promedio de la parte aérea y raíz de la planta, al inicio y después de lluvias, en las tres zonas de estudio.

(Moore, 1986); otro factor importante es que el N de la atmosfera se precipita al aumentar las lluvias (Larcher, 1980) teniendo como consecuencia a través de estos dos procesos un aumento de éste nutriente tanto en suelo (fig. 11) como en las especies estudiadas posterior a las lluvias (figs. 12 y 13) ya que la absorción del N fué directamente proporcional a la cantidad disponible en el suelo.

El contenido de este mineral en las diferentes partes de la planta varió dependiendo de la especie y de la zona de colecta: E. chiotilla en VS y S. weberi en PN en la parte superior tienen menos N en D; E. chiotilla en PN, S. pruinosus en VS y Opuntia sp. en C en la parte media no presentan diferencias significativas entre la época, y algunas otras especies como S. stellatus en VS y N. tetetzo en C no presentan diferencias entre sus partes durante una misma época, ésta última especie a pesar de que tiene menor cantidad de N al inicio de lluvias (I), después de éstas aumenta de tal manera que llega a ser similar al de las demás especies (fig. 12). Podemos decir por lo tanto que cada especie se comporta de forma particular en cuanto a la utilización de este nutriente para llevar a cabo su metabolismo y que las características del suelo, específicas de cada zona están influyendo en éstas diferencias.

Las especies del estrato II que se encuentran en VS como M. carnea, O. decumbens y F. recurvus muestran una marcada diferencia en cuanto al contenido de N, que es mucho mayor en D (fig. 12) comparando esas mismas especies con las otras zonas en donde se desarrollan, esto se relaciona directamente con la cantidad de N disponible en el suelo ya que también fué mayor en esta zona a 20 cm de profundidad (fig. 11) y es a ese nivel donde se desarrollan las raíces de estos organismos.

Las especies que presentan una mayor cantidad de este nutriente son

*E. recurvus* en VS y *E. flavovirens* en la parte superior (fig. 13) y *C. calipensis* en la raíz que debido a la morfología que presenta (bulbosa) podemos decir que lo está utilizando como órgano de reserva para este mineral.

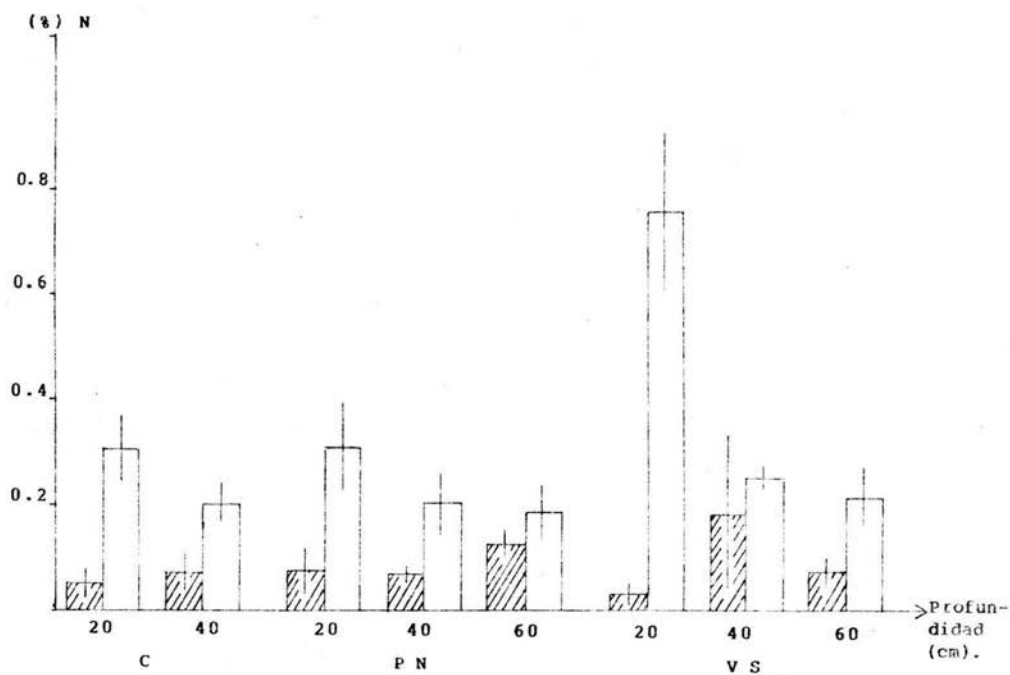


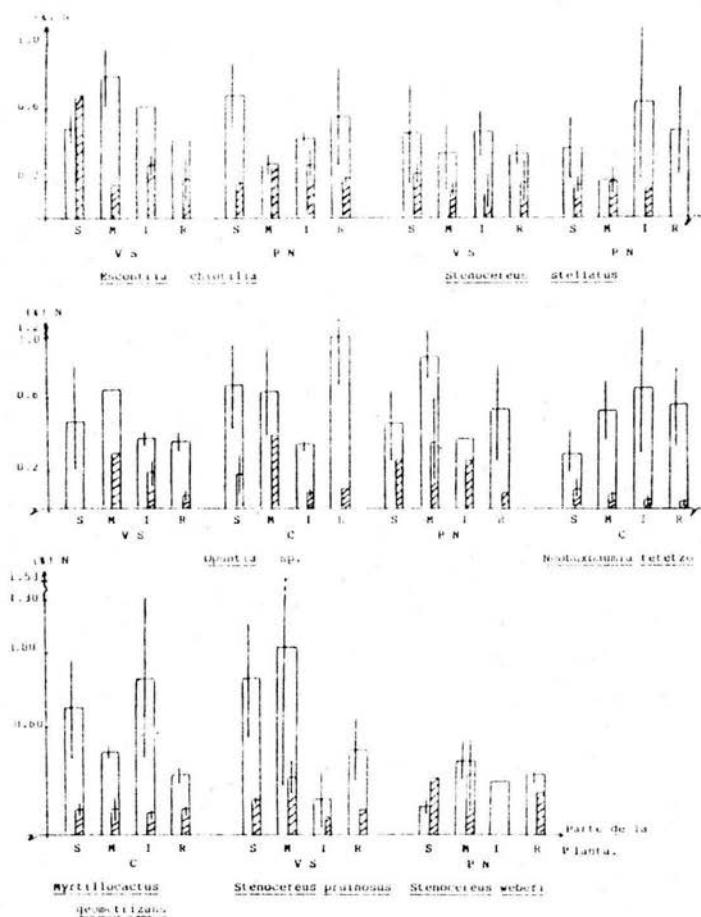


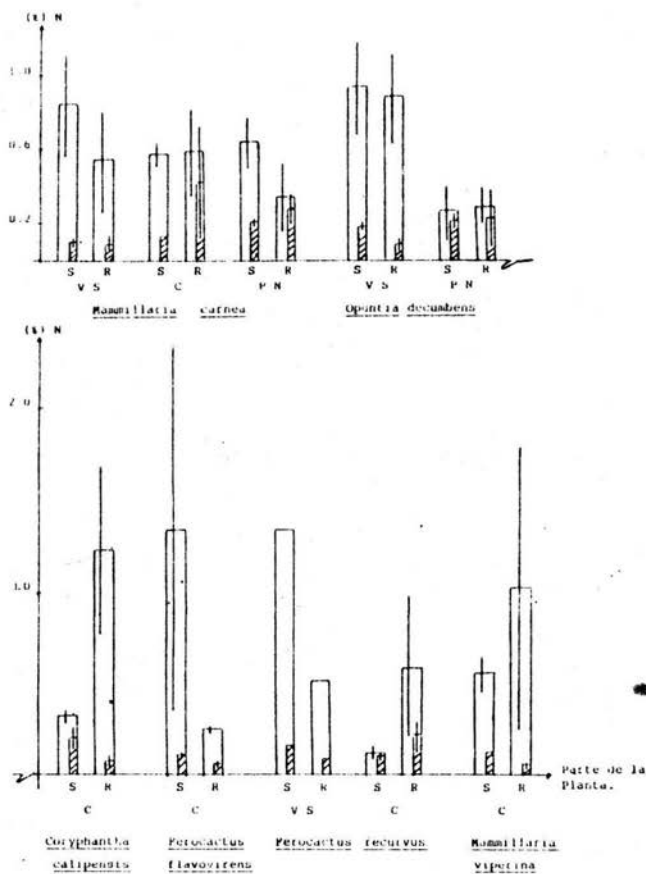




Figura 11. Contenido de N en el suelo de tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan(C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias  y después de lluvias .



**Figura 12.** Contenido de N en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipán (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S); Media (M); Inferior (I) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .



**Figura 13.** Contenido de N en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coahuila, Pue.: Calipán (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .

Para plantas agronómicas los niveles representativos de N es del 2% (Nobel, 1983); en todas las especies analizadas obtuvimos valores menores a éste, presentandose marcadas diferencias en cuanto a la época; es mínima la cantidad de N que tienen al I, ésto refleja que lo acumulan D y lo utilizan para su metabolismo durante la época de sequía siendo esto un factor limitante para que tengan un crecimiento más activo (Mardsen, 1960). Por estudios hidropónicos que han realizado con cactáceas (Nobel, 1983) se observó que al incrementar el N causa un aumento en su nivel dentro de la planta, en el peso seco y una gran cantidad de clorofila por unidad de superficie, lo que tiene como consecuencia un crecimiento más activo.

### VII. Potasio

Los niveles de Potasio (K) son mayores al I para las especies del estrato I a excepción de Opuntia sp. en VS y PN; N. tetetzo y S. weberi (fig.15). Las especies que presentan diferencias en la época tienen tendencia a presentar una menor cantidad de este mineral en la raíz, en la parte aérea del organismo se distribuye homogéneamente debido a su alta movilidad (Sutcliffe, 1976), no presentando diferencias significativas entre sus partes.

Al inicio de lluvias se presenta en altas concentraciones, de hasta 400 ppm en algunas especies (E. chiotilla y S. stellatus). Las cactáceas presentan un metabolismo muy activo en la época de lluvias (Bravo, 1978), es por esto que el I fué crítico para la absorción de este nutriente, que es muy móvil; aunado a esto la CIC del suelo fué mayor en esta época (fig.29), favoreciendo su absorción. La presencia de éste catión en el organismo favorece el transporte de otros iones hacia la planta ya que se generan diversos potenciales electroquímicos (Bidwell, 1979).

La especie que presenta la menor cantidad de K es N. tetetzo (fig. 15), no presentando diferencias entre sus partes ni en la época, esto lo podemos relacionar con el concepto de que las plantas poseen una capacidad finita para la absorción de cationes como el K y esta capacidad depende del estado fisiológico (nutricional) de la especie (Larcher, 1980).

En el estrato II no hay diferencias significativas en cuanto a la época a excepción de F. recurvus (fig. 16), y en cuanto al contenido de este catión fué menor la cantidad para este estrato, siendo aproximadamente de 200-300 ppm.

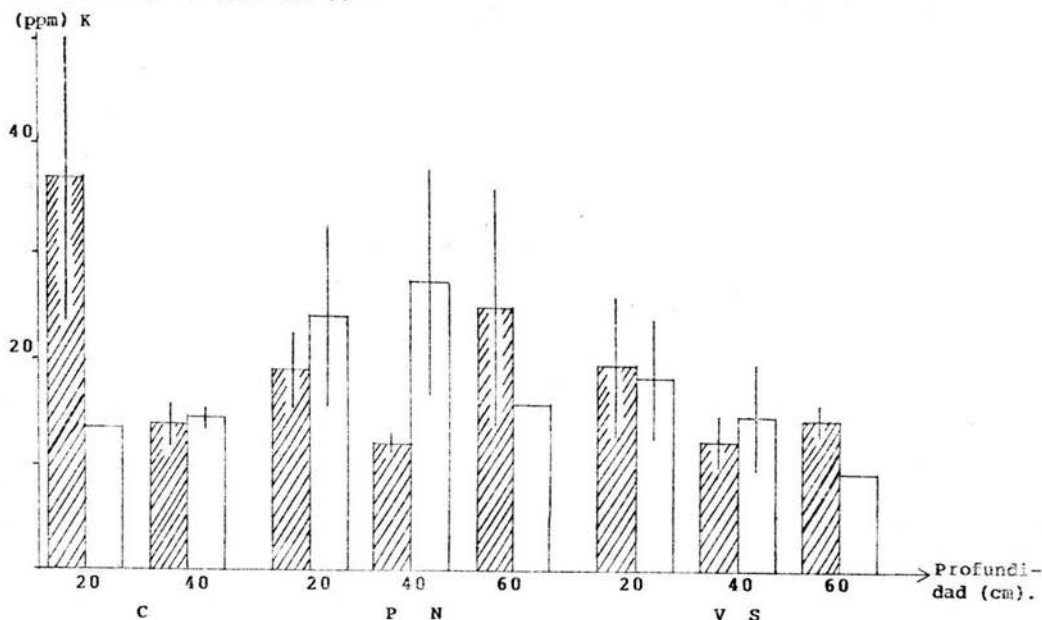


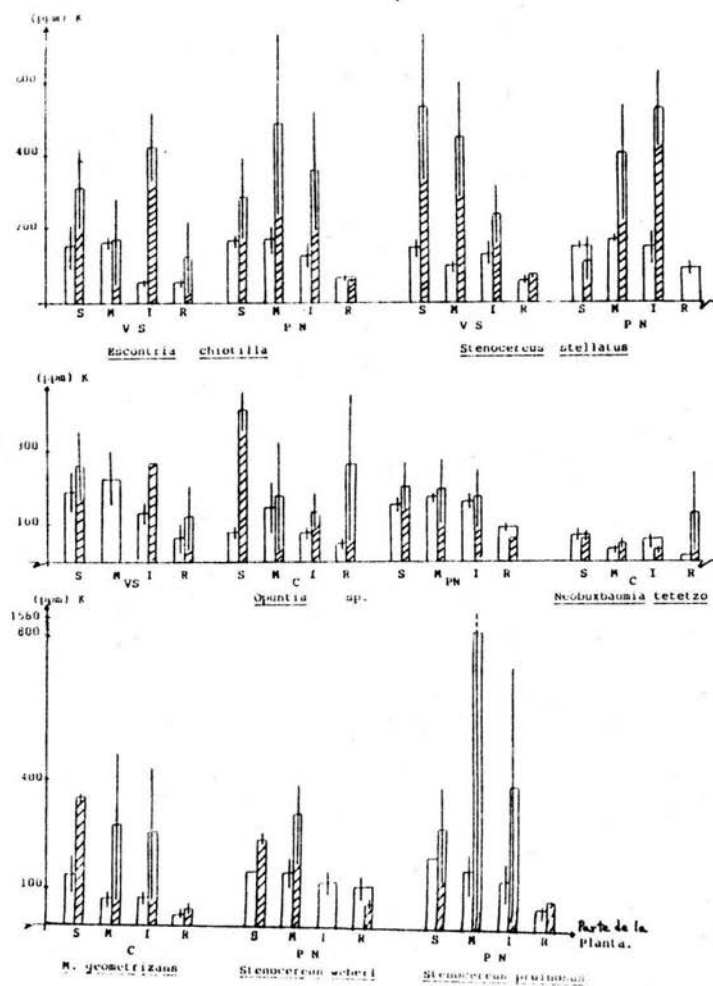


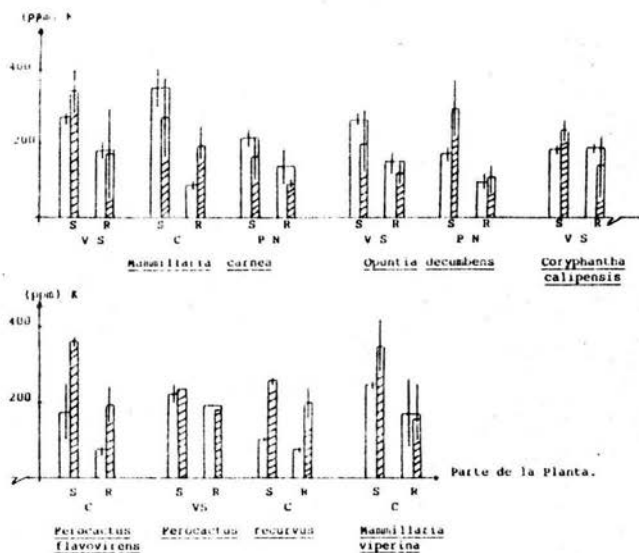




Figura 14. Contenido de K en el suelo de tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias  y después de lluvias .





**Figura 15.** Contenido de K en las especies de Cactáceas de tres Zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S), Media (M), Inferior (I) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .



**Figura 16.** Contenido de K en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .

El K es un catión que se acumula preferencialmente en las partes jóvenes de las plantas o en donde se lleva a cabo un metabolismo activo (Salisbury, 1985; Sutcliffe, 1976; Larcher, 1980); el proceso de floración y fructificación requiere de una alta actividad metabólica, siendo tal vez la causa de que las especies que llevan a cabo éste proceso entre los meses en los que se realizaron los muestreos presenten pérdidas de este nutriente después de lluvias.

### VIII. Calcio.

Uno de los cationes más abundantes en la mayoría de los suelos es el Calcio (Ca), sin embargo su disponibilidad depende de varios factores; como el tipo de material de intercambio presente y la naturaleza de otros cationes (Russel, 1975 citado por Cajuste, 1977). Es por esto que al I encontramos poca cantidad de Ca en C y PN (fig. 17) ya que el Mg y el K que son antagónicos a éste catión (Larcher, 1980) se encuentran en mayor cantidad en I afectando su disponibilidad. Otro factor que afecta la cantidad de Ca presente fué el pH (fig. 30) ya que cuando el pH es básico se precipita en forma de  $\text{CaCO}_3$ .

La cantidad de Ca en las especies presentes en C fué directamente proporcional a la disponibilidad de este nutriente en el suelo ya que en arboles fué mayor D (fig. 17 y 18). Sin embargo las especies que se encuentran en PN no presentaron diferencias en cuanto a la época, es decir que la cantidad de este catión se ve influido también por la zona en la que se desarrollan las plantas (Nobel, 1983).

Podemos observar en la fig. 18 que la cantidad de Ca no varía en las diferentes partes de la planta en ninguna de las dos épocas de muestreo, relacionado con esto, Cajuste (1977) menciona que el contenido de Ca en las plantas es probablemente más constante durante todo el ciclo vegetativo y aun dentro de una parte de la planta a otra, cuando se compara con la mayoría de los otros elementos esenciales.

Se presentan marcadas diferencias en cuanto a los niveles de Ca en las cactáceas estudiadas comparadas con otras plantas. Los valores pueden variar desde 50-10 000 ppm (Sutcliffe, 1979), o del 2% para plantas agronómicas (Nobel, 1983), basado en este último valor Nobel determino que algunas cactáceas contenían hasta el 50% más de este catión. Sin embargo nosotros encontramos valores menores a 30ppm, lo cuál representaría deficiencia para otras plantas y a pesar de esta baja concentración no se observan deficiencias aparentes de este catión, ya que según Mardsen (1980), ésta aparece reflejada pronto en el crecimiento de la raíz y en el crecimiento y metabolismo de los meristemas (Clarkson y Hanson, 1980).

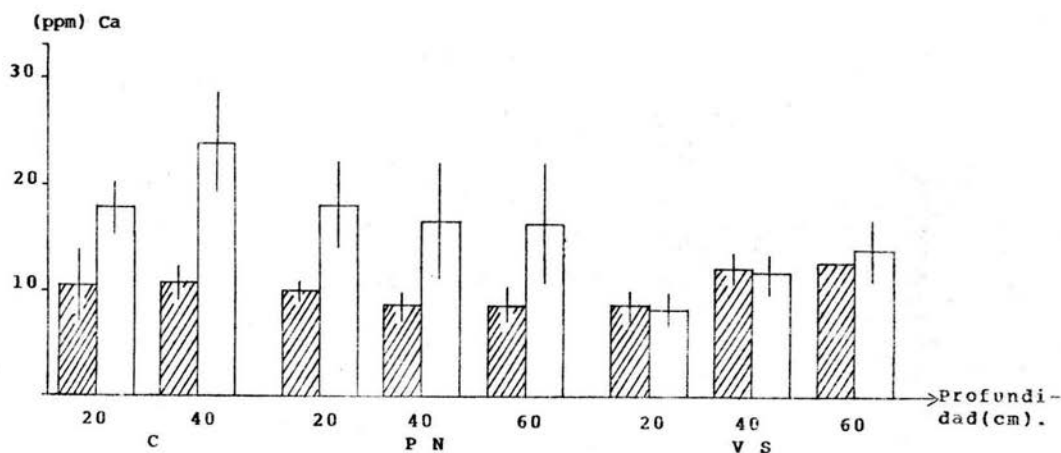
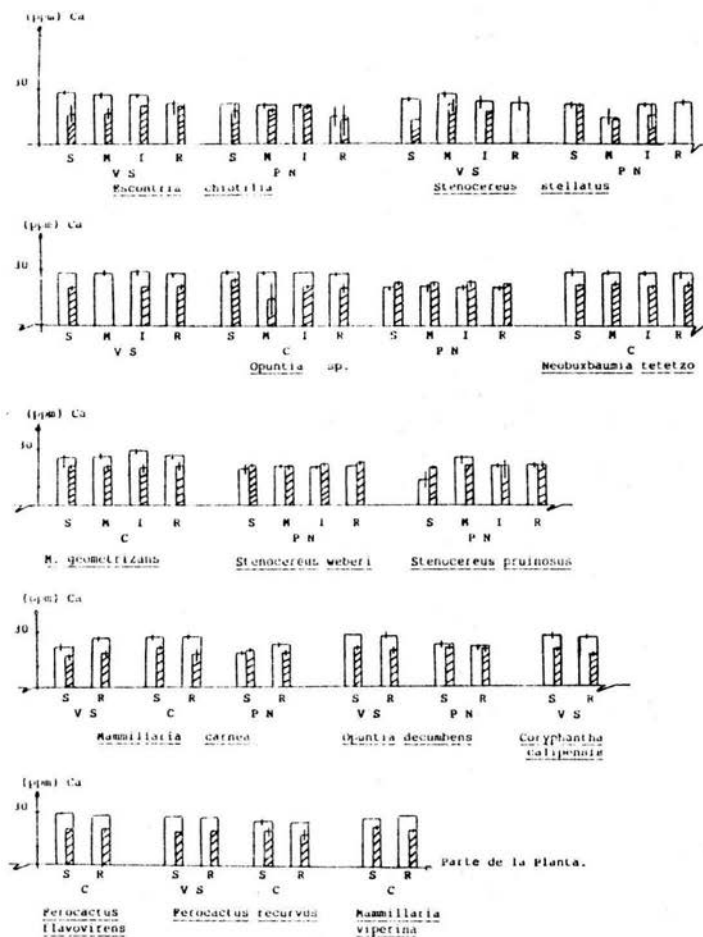




Figura 17. Contenido de Ca en el suelo de tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan(C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias y después de lluvias .



**Figura 18.** Contenido de Ca en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S); Media (M); Inferior (I) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .

### IX. Azufre.

Los niveles de Azufre (S) fueron mas altos en todas las especies, al I (fig. 20 y 21), la absorción de este ion pudo ser critica en esta época ya que el sulfato orgánico puede servir para aumentar la solubilidad en agua de compuestos orgánicos, lo que puede ser muy importante cuando hay stress salino; esto le ayudaría a la planta a absorber mas eficientemente los nutrientes. La disminución de S para todas las especies D tal vez se deba a que el grupo Sulfhidrilo es rápidamente polarizado en reacciones de adición o sustitución y muchos de los compuestos substituidos se pueden convertir en aniones orgánicos a pH celular, no permitiendo que se detecte su presencia (Clarkson y Hanson, 1980). Asimismo se puede observar una tendencia general, de que hay mayor cantidad de S en las especies presentes en C (fig. 20 y 21).

En la fig. 20, podemos observar que E. chiotilla y S. stellatus presentan diferencias en la cantidad de S dependiendo de la parte de la planta en VS. Por otra parte en PN, M. carnea y Opuntia sp. también presentan niveles mas altos de este nutriente en la parte superior en I; como esto no ocurre en las mismas especies presentes en otra zona, estas diferencias tal vez se deben a las características del suelo de la zona en la que se desarrollan los organismos.

N. tetetzo presenta menor cantidad de S en la parte superior (fig. 20), la altura que llegan a alcanzar los organismos de esta especie es de 15 m y ya que este mineral es utilizado activamente no hay oportunidad a que se acumule sino que se va utilizando para su metabolismo conforme va llegando, utilizandose también para la formación de frutos acumulandose en las semillas.

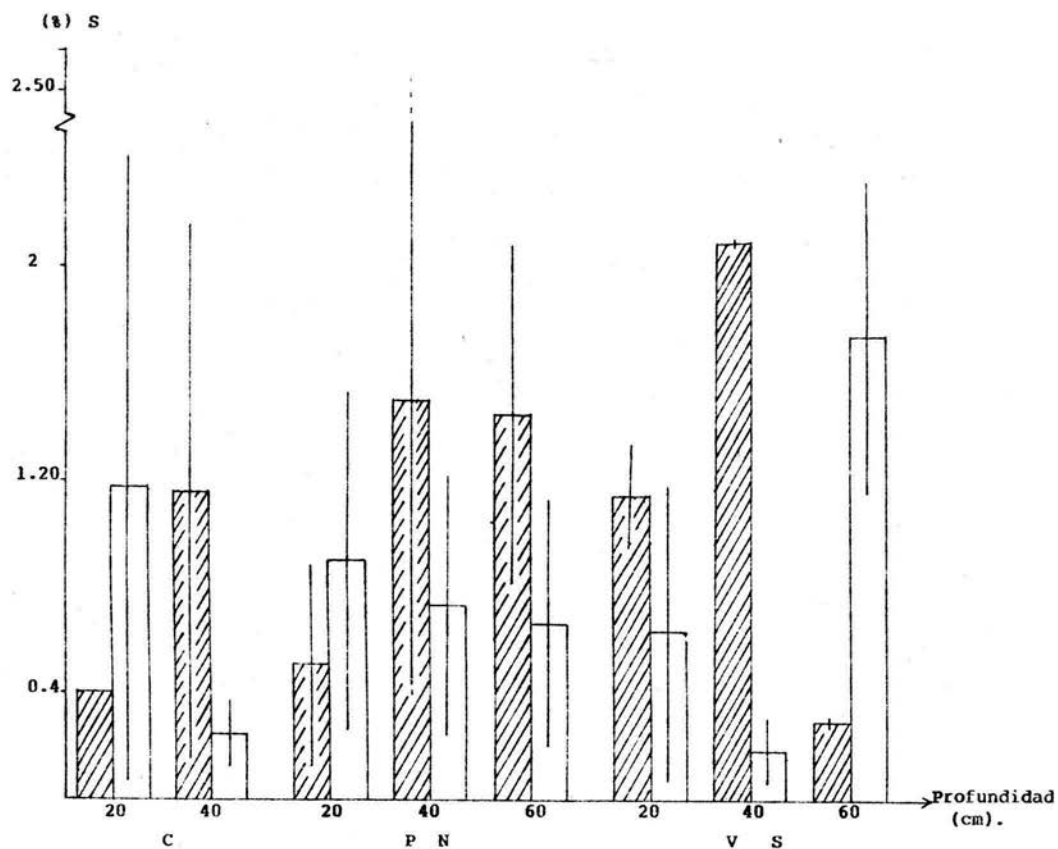
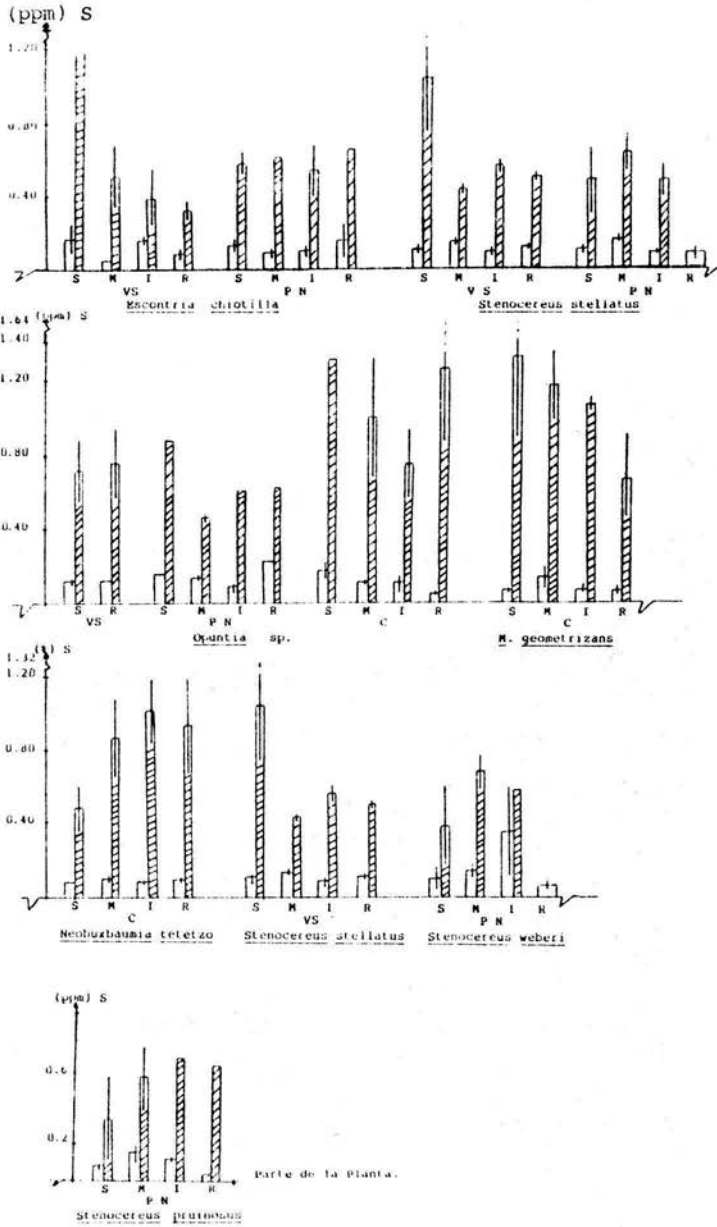
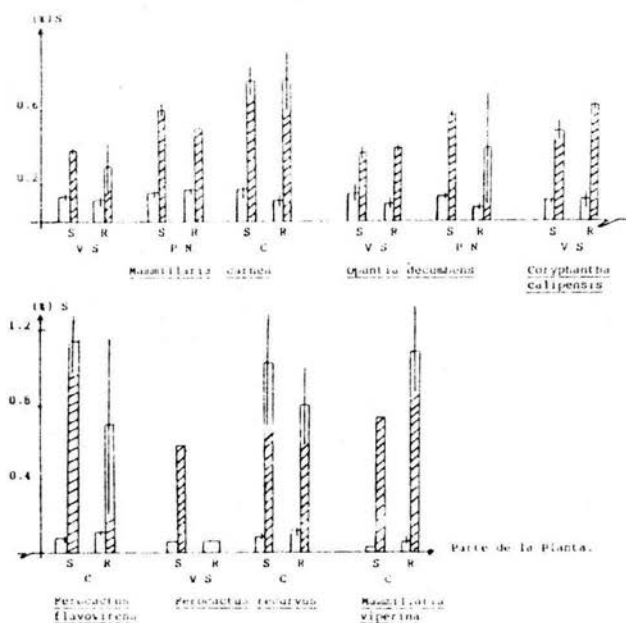




Figura 19. Contenido de S en el suelo de tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias y después de lluvias .



**Figura 20.** Contenido de S en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S); Media (M); Inferior (I) y Raíz(R). Durante lluvias y después de lluvias .





**Figura 21.** Contenido de S en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias  .

### X. Fósforo.

Al realizar la determinación de Fósforo (P) encontramos diferencias en los niveles de este nutriente en las cactáceas analizadas dependiendo de la zona en la que se desarrollaron; ya que las especies presentes en PN tienen el mayor contenido de este nutriente al I (fig. 23), coincidiendo con el contenido del P en el suelo (fig. 22).

En VS en el suelo a una profundidad de 20 cm se encuentra mas cantidad de P después de lluvias y las especies del estrato II en ésta zona presentan la misma tendencia (fig. 22 y 23), por lo tanto podemos concluir que las cactáceas al tener un sistema radical que se desarrolla a poca profundidad absorben eficientemente este nutriente a ese nivel.

Las especies que muestran disparidad en la concentración de este ion entre sus partes como *E. chiotilla*, *Opuntia* sp., *S. stellatus*, *S. weberi* y *O. decumbens* en PN (fig. 23) tienen tendencia a acumular mayor cantidad de P en la parte superior, con disminución hacia la raíz, esto se debe a que es un elemento muy móvil y se presenta preferentemente en zonas con un gran metabolismo o en zonas meristemáticas. (Mardsen, 1960; Sutcliffe, 1976; Larcher, 1980).

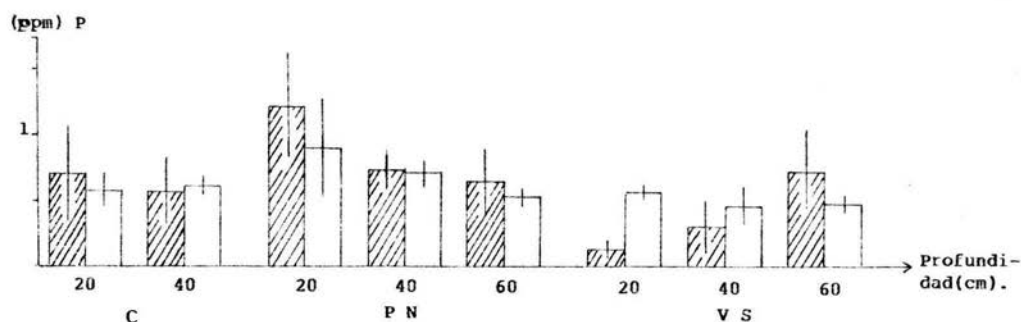
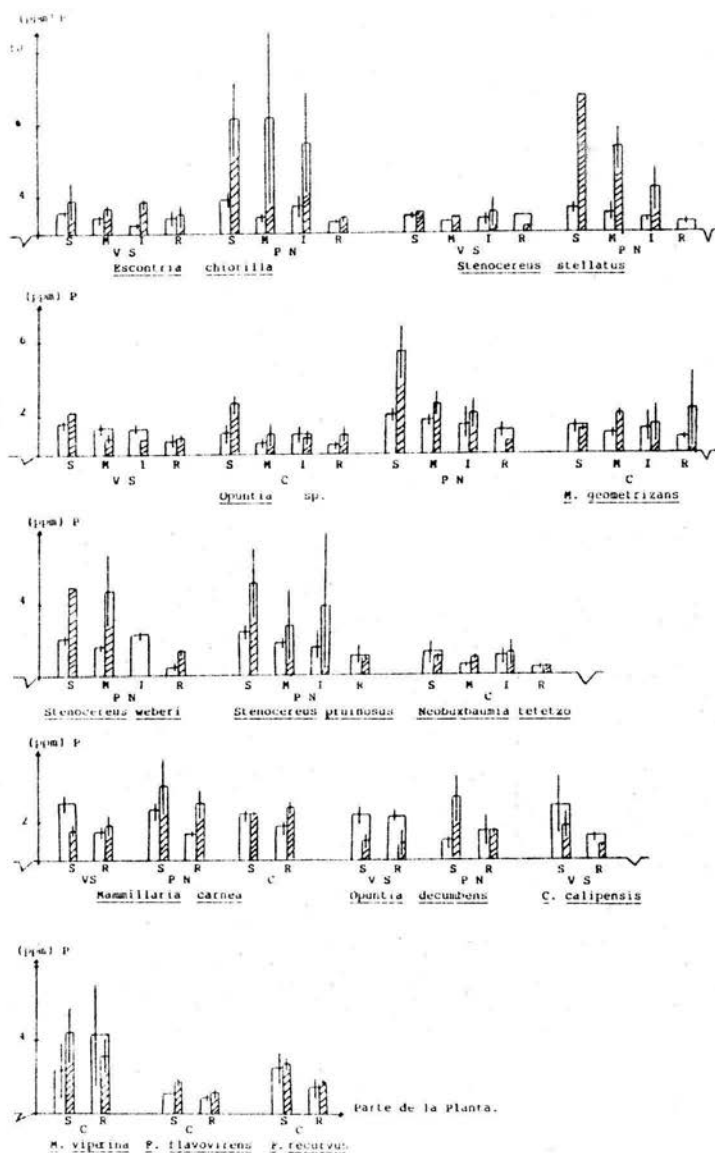




Figura 22. Contenido de P en el suelo de tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias y después de lluvias .



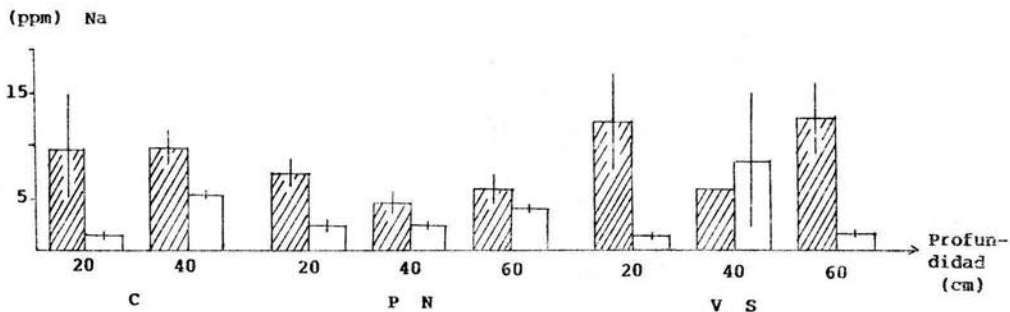
**Figura 23.** Contenido de P en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S); Media (M); Inferior (I) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .

### XI. Sodio.

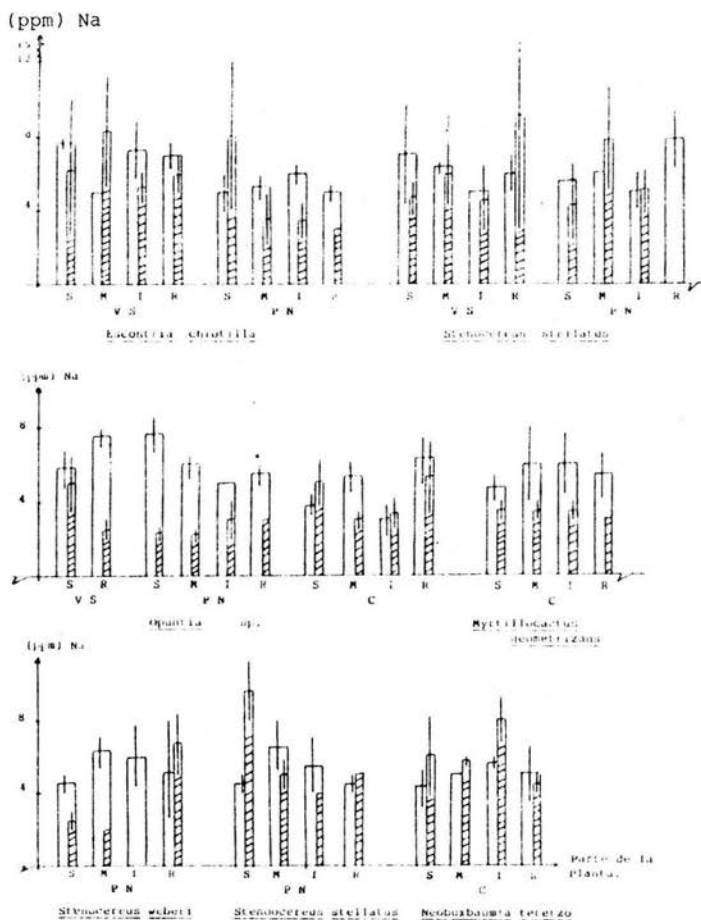
Los niveles de Sodio (Na) presentes en el suelo fueron mayores al 1 presentandose diferencias dependiendo de la profundidad, en PN y en VS (fig. 24). A su vez en algunas de las especies analizadas se observa que hay mayor cantidad de este nutriente después de lluvias, como en *Opuntia* sp. en PN, *M. geometrizans* en C (fig. 25), *F. recurvus* en VS y *O. decumbens* en PN (fig. 26).



El Na ha sido determinado como esencial para el desarrollo de algunas plantas MAC (Nobel, 1983), pero dependiendo de la especie y del lugar en el que se desarrollan los organismos es el nivel de Na presente, ya que encontramos variaciones interespecificas y estas pueden ser causadas por las diferencias físicas y químicas del suelo de cada zona. En otras especies como *E. chiotilla* en VS, *Opuntia* sp. en C y *S. pruinosus* en PN (fig. 25) se encuentran diferencias dependiendo de la parte analizada.

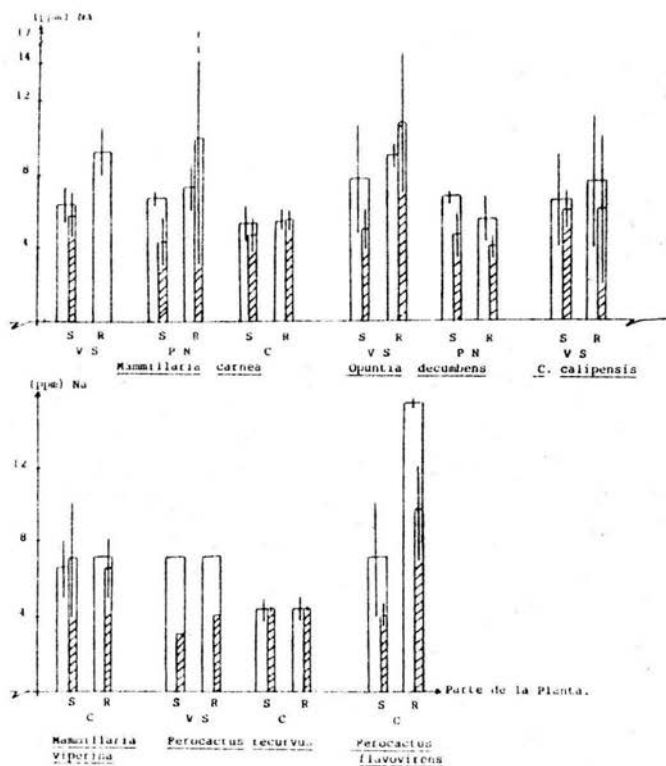
Nobel (1983), ha encontrado que algunas cactáceas son sensibles a la salinidad; incrementando el nivel de Na en cultivos hidropónicos disminuye la clorofila por unidad de área. Eso nos sugiere que tal vez los niveles de este catión, en las cactáceas analizadas, aunque sean mínimos (10 ppm), comparadas para plantas agronómicas (1 000 ppm); son los que requieren para que se lleve a cabo un metabolismo y desarrollo adecuado.



**Figura 24.** Contenido de Na en el suelo de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipán (C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias y después de lluvias .



**Figura 25.** Contenido de Na en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipán(C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S); Media (M); Inferior (I) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .



**Figura 26.** Contenido de Na en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coahuila, Pue.: Calipán (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S) y Raíz (R). Durante lluvias ▨ y después de lluvias □ .

## XII. Magnesio.

La disponibilidad del Magnesio (**Mg**) esta afectada por diversos factores como el pH, la CIC, el tipo de material intercambiable y la cantidad de Mg presente sobre el complejo coloidal (Cajuste, 1977). En el análisis edafológico realizado obtuvimos valores de pH óptimos para su absorción (fig. 30), CIC mayor al I (fig. 29), así como mayor cantidad de este catión al inicio de lluvias (fig. 27); sin embargo no se encuentran diferencias muy significativas en cuanto al contenido de este catión en las plantas, esto se debe tal vez a que es un ion implicado en procesos metabólicos muy activos como fotosíntesis o actividad enzimática (Epstein, 1972) y las cactáceas que presentan un metabolismo muy reducido (Bravo, 1978) no lo requieren en gran cantidad aunque este disponible, por lo tanto la absorción del Mg depende de la especie y del estado fisiológico de la planta (Larcher, 1980).

Existen diferencias en los niveles de Mg con variaciones en cuanto a la época solamente en las siguientes especies: S. pruinosus, M. carnea en PN y C, y N. tetetzo en C que tienen mayor cantidad de Mg al I; Opuntia sp. y C. calipensis en VS que presentan menos Mg al inicio de lluvias (fig. 28).

Siendo el Mg un elemento móvil la concentración de éste tiende a disminuir hacia abajo dentro de la planta como en E. chiotilla, Opuntia sp. en VS y C, N. tetetzo, S. pruinosus, M. carnea y F. recurvus (fig. 28). Conforme el organismo se acerca hacia su etapa de madurez el Mg va decreciendo (Cajuste, 1977), en M. geometrizzans tal vez se tomaron muestras mas jóvenes para la parte inferior y la raíz, ya que presentan mayor cantidad de Mg que la parte superior y media, contrario a las otras especies, por lo tanto se debe tomar en cuenta la edad de la planta y la porción muestreada.

Las especies presentes en C, con excepción de *M. viperina* (fig.28) presentan mayor cantidad de Mg al inicio de lluvias en la raíz, esto nos indica que hubo diferencias dependiendo de la zona ya que en el suelo de esta zona, también se encontró la mayor cantidad de Mg al I (fig. 27).

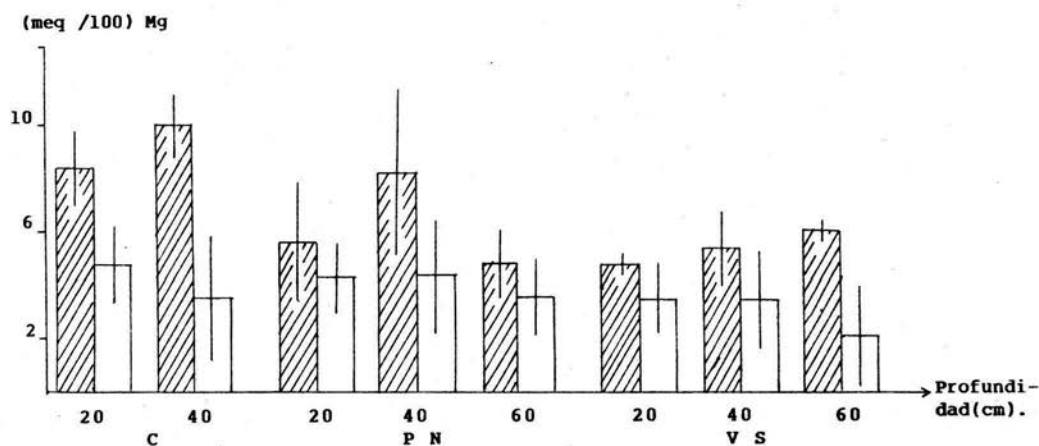




Figura 27. Contenido de Mg en el suelo de tres zonas de Coxcatlán Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (PN) y Venta Salada (VS). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias  y después de lluvias .



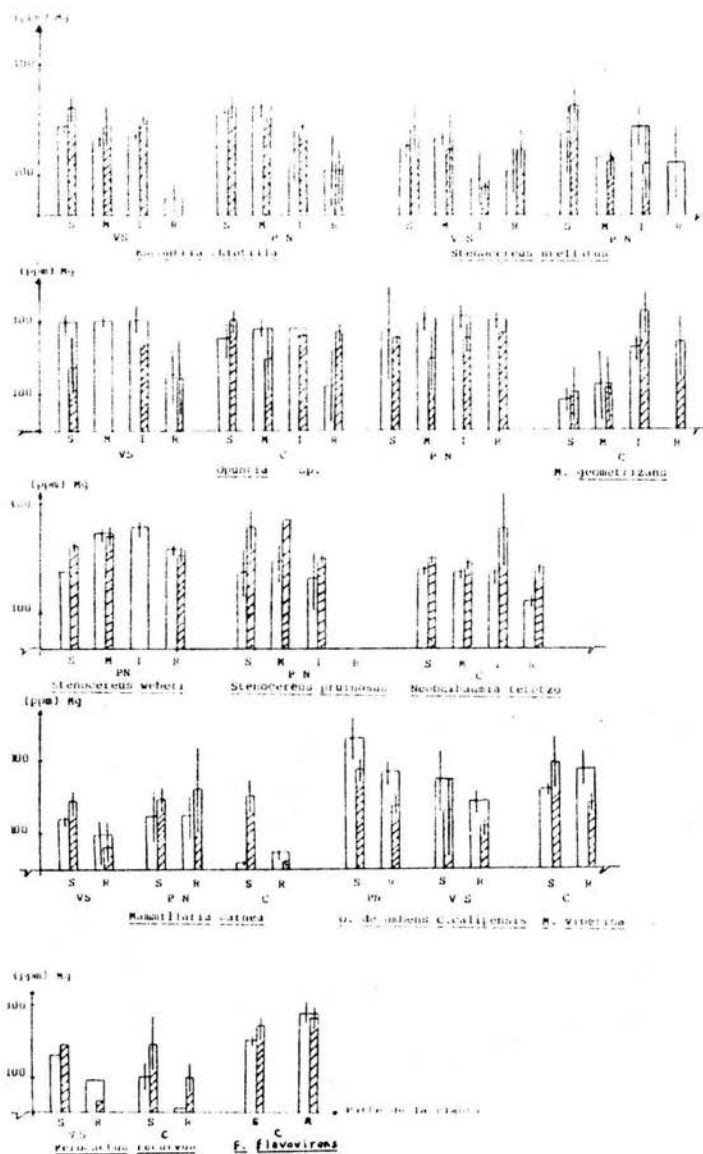




Figura 28. Contenido de Mg en las especies de Cactáceas de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan (C); Pueblo Nuevo (P N) y Venta Salada (V S). A diferentes alturas: Superior (S); Media (M); Inferior (I) y Raíz (R). Durante lluvias  y después de lluvias .

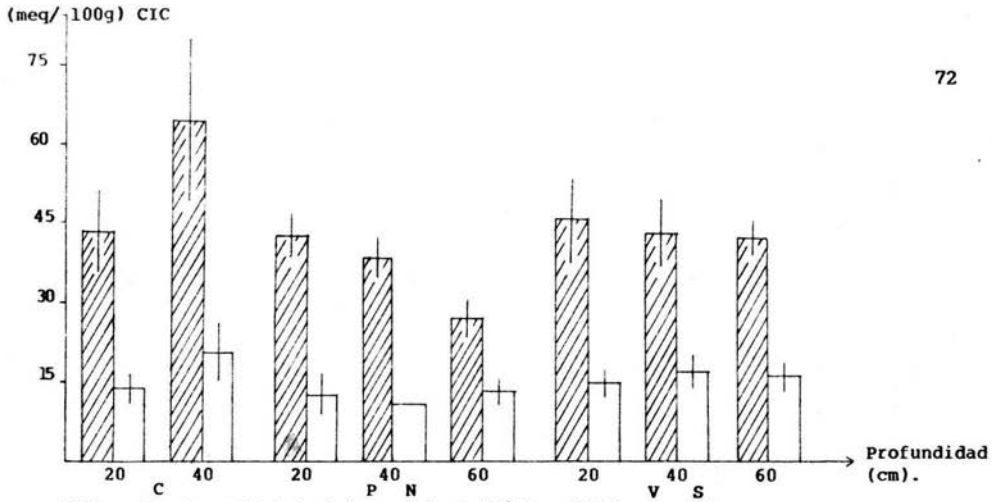


Figura 29. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en suelo.

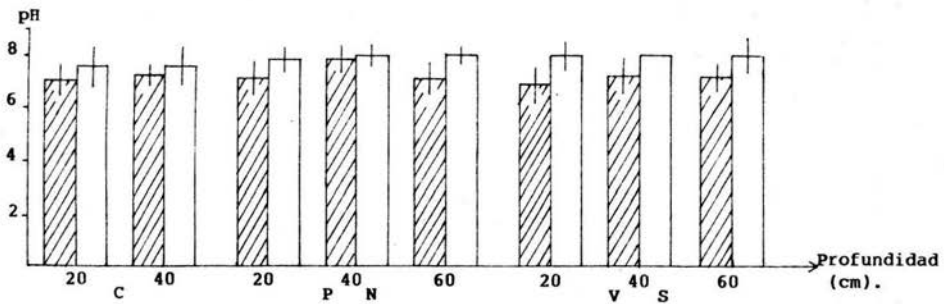


Figura 30. Valores de pH en suelo.

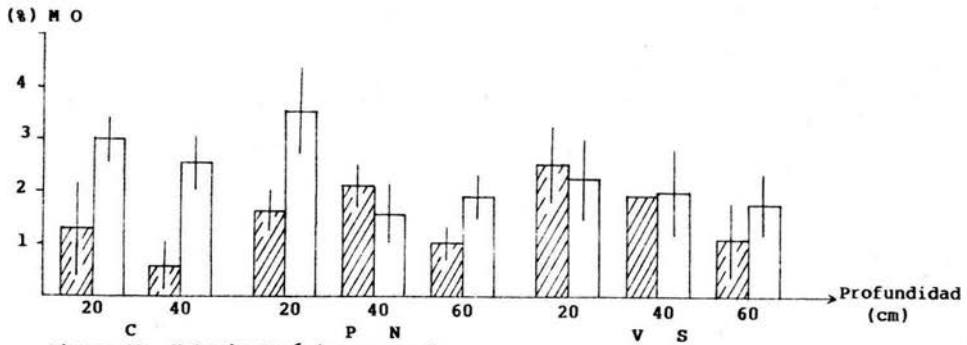


Figura 31. Materia Orgánica en suelo.

En las tres figuras anteriores observamos los datos de tres zonas de Coxcatlán, Pue.: Calipan(C); Pueblo Nuevo(PN) y Venta Salada(VS). A diferentes profundidades: 20, 40 y 60 cm. Durante lluvias y después de lluvias .

### XIII. Análisis Multivariado de Correlación Canónica.

#### A) Suelo.

Al realizar el análisis de correlación canónica (CC) entre las propiedades fisicoquímicas y contenido de nutrientes del suelo se determinó que para las primeras se explica un mayor porcentaje de varianza y a su vez explican un 37% de las variables dependientes (contenido de nutrientes).

Asimismo se determinó que a mayor CIC (0.94) y menor pH (-0.76) y MO (-0.51) hay mas Na (0.77) y Mg (0.62) siendo menor la cantidad de Ca (-0.63) y N(-0.73) (Cuadro 9).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	CORRELACION	COEFICIENTE	CONTENIDO DE NUTRIENTES	CORRELACION	COEFICIENTE
pH	-0.76	-0.27	Na	0.77	0.40
CIC	0.94	0.72	Mg	0.62	0.42
MO	-0.51	-0.29	Ca	-0.63	-0.02
Varianza	57%		S	0.16	0.21
Redundancia	37%		P	-0.12	-0.22
			K	0.21	-0.04
			N	-0.73	-0.48
			Varianza	29%	
			Redundancia	19%	

**Cuadro 9.** Correlación Canónica, Coeficiente Canónico Estandarizado, Porcentaje de Varianza y Redundancia entre las Propiedades Fisicoquímicas y Contenido de Nutrientes del Suelo.

El contenido de Mg y de Na se ve afectado directamente por la CIC; a su vez se determina una estrecha relación entre la cantidad de MO y de N presente en suelo, esto se ve favorecido por el proceso de mineralización. La cantidad de Ca aumenta si el pH tiende a ser básico sin embargo la disponibilidad de este catión tiende a disminuir cuando la cantidad de Mg es más alta, ya que son antagónicos (Cajuste, 1977).

### B) Opuntia sp.

Las relaciones nutricionales de una planta dependen de diversos factores: medioambientales, fisicoquímicos y de la fisiología de cada especie. En el análisis de correlación canónica entre las propiedades edáficas y contenido de nutrientes en Opuntia sp. se determinó que se explica un porcentaje de varianza similar en los dos juegos de variables (Cuadro 10).

PROPIEDADES EDAFICAS	CORRELACION	COEFICIENTE	CONTENIDO DE NUTRIENTES	CORRELACION	COEFICIENTE
pH	-0.79	-0.33	Na	-0.56	0.002
CIC	0.94	0.50	Mg	0.95	1.05
MO	-0.33	-0.06	Ca	-0.56	0.05
Na	0.66	0.09	S	0.89	0.07
Mg	0.48	-0.0	P	0.07	-0.10
Ca	-0.65	-0.13	K	0.42	-0.35
S	0.17	0.04	N	-0.77	-0.16
P	-0.04	0.07	Varianza	31%	
K	0.12	-0.11	Redundancia	28%	
N	-0.69	-0.16			
Varianza	32%				
Redundancia	29%				

**Cuadro 10.** Correlación Canónica, Coeficiente Canónico Estandarizado, Porcentaje de Varianza y Redundancia entre las Propiedades Edáficas y Contenido de Nutrientes en Opuntia sp.

También se observa que a mayor CIC (0.94), Na (0.66) y Mg (0.48) y menor pH (-0.79), Ca (-0.65), N (-0.69) y MO (-0.33) en el suelo, se tiene mayor cantidad de Mg (0.95), S (0.89), K (0.42) y menor de N (-0.77), Na (-0.56) en planta.

La CIC y la cantidad de Mg en suelo tienen una alta correlación con la cantidad de Mg, S y K en la planta, esto se debe a que la CIC afecta directamente la disponibilidad del Mg y del K para que la planta lo pueda absorber y éstos a su vez favorecen la absorción de S.

Por otro lado se determinó una alta correlación entre el pH y la cantidad de Ca en el suelo y en la planta, estableciendo que el Ca presente en los organismos se ve directamente afectado por la disponibilidad de éste catión en el suelo, por los valores de pH encontrados en las zonas de trabajo. A su vez la MO tiene una alta correlación con la cantidad de N presente en la planta debido al proceso de mineralización. Asimismo la MO al afectar los coeficientes de selectividad del Na presenta un alto valor de correlación con éste.

### C) Mammillaria carnea.

Para el primer conjunto de variables independientes (edáficas) se observa el 33% de varianza y el 31% de redundancia; para las variables dependientes tenemos 33% de varianza y 32% de redundancia. Ahora bien, a valores mayores de Na, Mg y CIC; y menor pH, MO, Ca y N en suelo existe mayor valor de Mg y S, y menor N, Ca y Na en planta. Estos resultados sugieren que existe un comportamiento similar al de Opuntia sp. respecto a la CIC y Mg. Por otra parte la MO y el pH influyen en la cantidad de iones tomados por la planta, en este caso se ocasiona una menor cantidad de N, Ca y Na en las mismas (Cuadro 11).

PROPIEDADES EDAFICAS	CORRELACION	COEFICIENTE	CONTENIDO DE NUTRIENTES	CORRELACION	COEFICIENTE
pH	-0.70	-0.10	Na	-0.37	0.0
CIC	0.92	0.56	Mg	0.92	0.35
MO	-0.36	-0.08	Ca	-0.58	-0.14
Na	0.63	-0.04	S	0.90	0.66
Mg	0.63	0.14	P	0.28	-0.004
Ca	-0.66	-0.17	K	0.06	-0.21
S	0.15	0.05	N	-0.35	0.02
P	0.09	0.08	Varianza	33%	
K	0.25	0.12	Redundancia	32%	
N	-0.70	-0.23			
Varianza	33%				
Redundancia	31%				

**Cuadro 11.** Correlación Canónica, Coeficiente Canónico Estandarizado, Porcentaje de Varianza y Redundancia entre las Propiedades Edáficas y Contenido de Nutrientes en Mammillaria carnea.

Existe una alta correlación entre: CIC-Mg, CIC-S y Mg-S, lo que se explica por la influencia que tiene la CIC sobre la captación de Mg y S, agregándose a esto que el Mg puede regular la absorción de S.

#### **D) Escontria chiotilla.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la correlación canónica tenemos para el primer conjunto de variables (edáficas) 28% de varianza y 25% de redundancia; para el juego de variables dependientes (contenido de nutrientes) se observa un 39% de varianza y un 35% de redundancia (Cuadro 12). Encontrando que a valores menores de pH, N y Ca, y a una CIC, Na y Mg mayores en suelo, hay mayor concentración de Mg, S, P y K, acompañada de una menor concentración de N en la planta.

PROPIEDADES EDÁFICAS	CORRELACION	COEFICIENTE	CONTENIDO DE NUTRIENTES	CORRELACION	COEFICIENTE
pH	-0.74	-0.22	Na	-0.15	0.04
CIC	0.92	0.50	Mg	0.92	1.24
MO	-0.27	-0.11	Ca	-0.17	-0.07
Na	0.60	0.01	S	0.88	0.38
Mg	0.47	0.10	P	0.54	-0.46
Ca	-0.62	-0.27	K	0.61	-0.22
S	0.19	0.08	N	-0.65	-0.18
P	-0.17	0.02	Varianza	39%	
K	-0.08	-0.06	Redundancia	35%	
N	-0.59	-0.19			
Varianza	28%				
Redundancia	25%				

**Cuadro 12.** Correlación Canónica, Coeficiente Canónico Estandarizado, Porcentaje de Varianza y Redundancia entre las Propiedades Edáficas y Contenido de Nutrientes en Escontria chiotilla.

La CIC favorece la captación de iones sobre todo del Mg, al igual que en Opuntia sp.

La alta correlación que existe entre: Mg-S, Mg-CIC, Mg-K, en planta, viene a corroborar la influencia que tiene la CIC para la absorción de K, S y Mg. Este comportamiento es similar al de Opuntia sp. y Mammillaria carnea.

#### XIV. Consideraciones Finales.

En base al análisis realizado podemos decir que en cada una de las zonas estudiadas existen características distintivas y específicas, en cuanto a la abundancia y diversidad de las cactáceas; presentandose la mayor diversidad en PN. En las especies que se desarrollan en dos o en las tres zonas encontramos diferencias en las variables determinadas para la vegetación, ya que en general los organismos de PN son más altos y tienen mayor area basal y los de VS tienen mayor cobertura.

Opuntia sp., M. carnea y E. chiotilla son especies que se desarrollan en las tres zonas de estudio, sin embargo solamente las dos primeras presentan VI muy altos en todas las zonas, por lo tanto son especies con una gran capacidad de adaptación y E. chiotilla solo tiene VI alto en VS que es la zona en la que predomina, por lo tanto sus requerimientos son mas específicos.

El contenido de nutrientes varia dependiendo de diversos factores: la disponibilidad de estos en el suelo, el estado fisiológico de la planta y las características medioambientales de las zonas en las que se desarrollan los organismos. De acuerdo al análisis que realizamos observamos marcadas diferencias en el contenido de nutrientes, con variación en la época de muestreo, zona de estudio y especie.

Las características edáficas y contenido de nutrientes del suelo presentan marcadas diferencias en cuánto a la época, ya que al variar la cantidad de agua se originan otro tipo de reacciones en las partículas del suelo así como una variación en el pH, sin embargo en la planta solo hay diferencias significativas en el K y S que fué mayor al inicio de lluvias y el N que fué mayor D.

En general en las especies analizadas hay variación en los niveles



de nutrientes dependiendo de la parte analizada (a excepción del Ca); al inicio de lluvias hay mayor cantidad de K y S en la parte superior, esto ayuda a que se generen diferentes potenciales dentro del organismo y se favorezca la captación de agua y el transporte de otros iones (fig. 32). Después de lluvias la cantidad de MO fué mayor y el N también, tanto en suelo como en planta.

Dependiendo de la zona encontramos mas diferencias en las características edáficas y contenido de nutrientes del suelo (a excepción del Na y P), que en las plantas, éstas solamente presentan variaciones en los nutrientes antes mencionados, encontrándose en mayor cantidad: N en VS y C; K en VS y Pn; S en C.

La absorción de nutrientes es afectada de acuerdo a cada especie ya que al realizar una comparación entre el nivel de nutrientes en Opuntia sp. y M. carnea, que se desarrollan en las tres zonas de estudio bajo las mismas condiciones edáficas, se encontraron diferencias en las correlaciones canónicas para las variables nutrientes, por lo tanto podemos decir que estas variaciones son debidas al metabolismo y al estado fisiológico (nutricional) de cada especie.

Aunque se establece la misma correlación entre los dos juegos de variables canónicas para éstas especies, al analizar el contenido de nutrientes por zona, en base a las gráficas se observa para M. carnea una diferencia en el contenido de Mg y para Opuntia sp. en K y Na, en C. Por lo tanto determinamos que la zona en la que se desarrollan los organismos afecta el contenido de nutrientes.

Basandonos en lo anterior podemos decir que el contenido de nutrientes sigue un patrón de variación dependiendo de la especie y de la zona, por lo cuál consideramos que las características edáficas estan determinando la diversidad y distribución en las cactáceas en las zonas de estudio, aunado a las condiciones medioambientales.

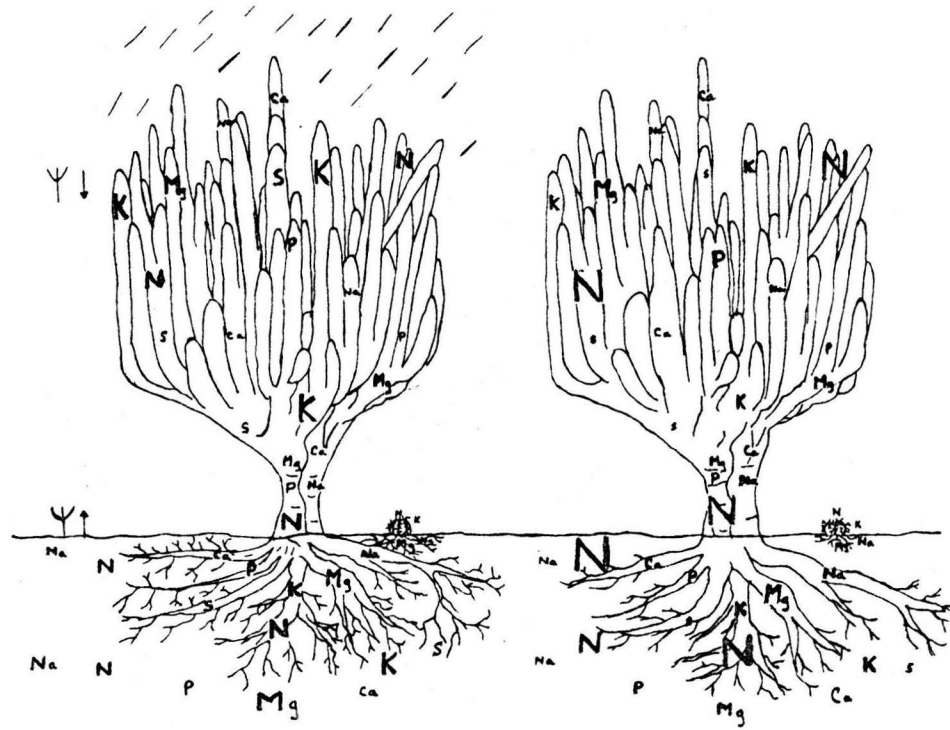


Figura 32. Contenido de nutrientes analizados en diferentes partes de la planta y a diferentes profundidades del suelo, durante la época de lluvias y después de lluvias.

## CONCLUSIONES

1. La especie con mayor altura, cobertura y área basal fué S. weberi; del estrato II las especies con mayor cobertura son F. flavovirens y O. decumbens. Por otra parte en C existen especies con mayor altura y en PN con mayor cobertura (en promedio).

2. La zona que presenta la mayor diversidad y abundancia de organismos es PN, teniendo a su vez un alto índice de similitud con VS.

3. Opuntia sp. y M. carnea presentan una amplia distribución y los valores de importancia mas altos en las zonas de estudio.

4. Los nutrientes que se encuentran en mayor concentración en el suelo en las tres zonas son N y Ca; y en menor P y S.

5. El nivel de nutrientes en el suelo y características edáficas varía dependiendo de la zona, encontrándose los valores más altos en C: K, Ca, Mg y CIC; en PN: P y MO; en VS: Na y N.

6. El contenido de nutrientes en general no varía significativamente en las diferentes partes de los organismos con excepción del K, el cuál tiende a encontrarse en mayor concentración en el nivel superior y va disminuyendo hacia abajo.

7. Se determinó mayor concentración de Mg, S, Na y CIC en suelo y para planta de K y S, durante lluvias; presentandose una mayor concentración en los otros nutrientes determinados, después de lluvias.

8. Para todos los nutrientes determinamos valores menores a los reportados para otras especies, incluso para otras cactáceas.

9. Se encuentran diferencias en el contenido de nutrientes en cada especie dependiendo de la zona en la que se desarrollaron.

10. Las características fisicoquímicas del suelo aunado al contenido de nutrientes, son importantes para la distribución de las cactáceas, afectando la diversidad de los organismos que se desarrollan en cada zona.

### RECOMENDACIONES

-Determinar macro y micronutrientes en cactáceas para establecer la relación que existe entre ellos.

-Analizar el contenido de nutrientes en las especies de todas las familias que se desarrollen en la misma zona que las cactáceas para determinar relaciones de competencia a nivel de especie por nutriente.

-Realizar análisis de nutrientes en flores y frutos para tener un trabajo más completo, con respecto a su contenido en cada parte de la planta.

-Evaluar el contenido de macro y micronutrientes en plantas cultivadas en invernadero para observar si existen variaciones respecto a los niveles encontrados en campo.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, et. al. 1982. Proposición de una forma de manejo de la Comunidad de Cardonal Micrófilo, mediante uso integral planificado en Coxcatlán, Pue. Reporte de Servicio Social. U.A.M. X.
- Allen, S. E. 1975. Atomic Absorbtion Methods Plant Materials. York Street Cambridge. England.
- A. O. A. C. 1975. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 12ª Ed. Washington, D.C.
- Arnason, J. T. 1984. Mineral Cycling in a Tropical Palm Forest. Plant and Soil. 79: 211-225.
- Bell, D. T. y Ward, S. C. 1984. Foliar and Twig Macronutrient ( N, P, K, Ca y Mg ) in selected species of Eucalyptus used in rehabilitation: sources of variation Plant. Plant and Soil. 81: 363-376.
- Bidwel, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. 2ª Ed. Collier Mac. Millan, New York.
- Braun, B. J. 1979. Fitosociología Bases para el estudio de las Comunidades Vegetales. Blume. Madrid.
- Bravo, H. H. 1978. Las Cactáceas de México. 2ª Ed. U.N.A.M. México.
- Brownell, P. F. y Crossland, C. J. 1974. Sodium requeriment in relation to the Photosynthetic Options of a CAM Plant. Plant Physiol. 54: 416-417.
- Cajuste, L. J. 1977. Química de Suelos con un enfoque Agrícola. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
- Clarkson, D. T. y Hanson. 1980. The Mineral Nutrition of Higher Plants. Annual Reviews Plant Physiol. 31: 239-98.
- Clarkson, D. T. 1985. Factor Affecting Mineral Nutrient Adquisition by Plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 36: 77-115.
- Clenter, C. S. et. al. 1984. Competition for S and N by Associations of three annual range species in Lysimeters. Plant and Soil. 81: 311-321.
- Chapman, H. F. y Pratt, P. F. 1976. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Trillas. México.
- Dick, W. K. 1983. Organic Carbon, Nitrogen and Phosphorus. Concentrations and pH in Soil Profiles as Affected by Tillage Intensity. Soil. Sci. Soc. An. J. 47.
- Duvigneaud, P. y Denaeyer, S. 1973. Considérations sur l'ecologie de la Nutrition Minerale des Tapis Vegetaux. Ecol. Plant. 8(3) 219-246.
- Epstein, E. 1972. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Franco, A. A. y Munns, D. N. 1982 Plant assimilation and Nitrogen cycling. Plant and Soil. 63: 1-13.
- Goodall, D. W. et. al. 1981. Arid-land Ecosystems: structure, functioning and manegement. Cambridge University Press.
- Hocking, P. J. 1984. Acumulation, Partitioning and Redistribution of Dry Matter and Mineral Nutrients in Ixia flexuosa L., with Special Reference to its Cormaceous Habit. Annals of Botany. 53: 489-501.
- Kramer, P. J. 1974. Relaciones Hídricas de Suelos y Plantas. EDITEX. Méx.

- Larcher, W. 1977. *Ecofisiología Vegetal*. Omega, Barcelona.
- 1980. *Physiological Plant Ecology*. 2ª Ed. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Mathur, D. D., et. al. 1978. Elemental analysis of Crassulacean Acid Metabolism Plant Tissue. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 9: 127-139.
- Matteucci y Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Sría. General de la O.E.A., Washington, D. C.
- Meyrán, G. J. 1980. Guía Botánica de Cactáceas y otras Suculentas del Valle de Tehuacán. Soc. Mex. de Cactología. México.
- Medina, E. 1977. Introducción a la Ecofisiología Vegetal. Depto. de Asuntos Científicos de la Sría. General de la O.E.A. Washington, D.C.
- Molla, M. A. et. al. 1983. Microbial Mineralization of Organic Phosphate in soil. *Plant and Soil.* 78:393-399.
- Mardsen, C. 1960. *Cultivo de Cactus*. Garriga. Barcelona.
- Morris, H. R. 1978. Seasonal Changes and Multivariate Studies of the Mineral Element Status of Several Members of the Ericaceae. *Journal Ecology.* 66: 533-545.
- Müeller, D., et. al. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons. E.U.A.
- Muñoz, I. D. y López, G. F. 1984. *Prácticas de Laboratorio de Edafología*. E.N.E.P.I. (UNAM). México.
- Nielsen, N. E. y Hansen, E. M. 1984. Macronutrient cation uptake by plants. *Plant and Soil.* 77: 347-365.
- Nobel, P. S. 1983. Nutrient Levels in Cacti-Relation to Nocturnal Acid Accumulation and Growth. *Amer. J. Bot.* 70(S): 1244-1253.
- Oades, J. M. 1984. Soil Organic Matter and Structural Stability: Mechanisms and Implications for Management. *Plant and Soil.* 76: 319-337.
- Ortiz, V. B. y Ortiz, S. A. C. 1980. *Edafología*. 3ª Ed. UACH, México.
- Phillips, R. D. y Jennings, D. E. 1976. Succulence, Cations and Organic Acids in Leaves of *Kalanchoe daigremontiana* Grown in Long and Short Days in Soil and Water Culture. *New Phytol.* 77: 599-611.
- Rodríguez, B. y Subramaniam, P. 1984. Seasonal Fluctuations of the Mineral Concentration of Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) from the Field. *Plant and Soil.* 78:201-208.
- Rojas, G. M. 1979. *Fisiología Vegetal Aplicada*. 2ª Ed. McGraw-Hill. Méx.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA. México.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1978. *Plant Physiology*. 2ª Ed. Wadsworth Publishing Co., Belmont, Cal.
- 1985. *Plant Physiology*. 3ª Ed. Wadsworth Publishing Co., Belmont, Cal.
- Sosa de P., E. 1981. *Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal*. UACH, Méx.
- Sutcliffe, J. F. y Baker, D. A. 1979. *Las Plantas y las Sales Minerales*. Omega. Barcelona.
- Tabachnick, D. B. y Fidell, L. C. 1983. *Using Multivariate Statistics*. Harper & Row, Pub., New York.

## A P E N D I C E

Cuadrante	Profundidad (cm)	VENTA			SALADA								
		DURANTE		Textura	LLUVIAS		M O %	H <sub>2</sub> O	pH	KCl	Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad %
		Seco	Humedo		S T C mg/100g de suelo	%							
1	20	7.5YR 5/6	7.5YR 4/6	Migajón	19.55	2.18	6.5	5.8	1.16	2	32		
		Café fuerte	Café fuerte	arc. aren.									
	40	7.5YR 4/6	7.5YR 4/4	Migajón	19.55	2.18	7.1	6.4	1.26	1.84	67.18		
		Café fuerte	Café oscuro	arc. aren.									
	60	7.5YR 5/6	7.5YR 4/6	Migajón	18.54	0.94	7.8	5.8	1.27	1.78	28.65		
		Café fuerte	Café fuerte	arenoso									
2	20	7.5YR 5/4	7.5YR 3/4	Migajón	57.98	1.79	7.2	6	1.29	2.5	48.4		
		Café	Café oscuro	arenoso									
	10	7.5YR 4/4	7.5YR 3/4	Migajón	40.89	1.66	7.8	5.8	1.27	1.57	64.42		
		Café oscuro	Café oscuro	arenoso									
60	10YR 6/4	10YR 5/4	Migajón	44.35	2.18	7	6.5	1.23	2.77	55.59			
	Café liq. am.	Café amar.	arenoso										
3	20	7.5YR 4/4	7.5YR 3/4	Franco	41.47	1.62	7.05	6.2	1.24	2	38		
		Café oscuro	Café oscuro	arenoso									
	40	5YR 4/4	5YR 3/4	Migajón	52.8	1.86	7	6.3	1.13	2.53	57.03		
		Café rojizo	Café rojizo	arc. aren.									
60	7.5YR 4/4	7.5YR 3/4	Migajón	45.88	0.29	6.6	5.7	1.25	2	17.5			
	Café oscuro	Café oscuro	arc. aren.										
DESPUES DE LLUVIAS													
1	20	7.5YR 5/6	7.5YR 3/4	Migajón	13.44	1.58	7.6	6.5	1.20	1.12	62		
		Café fuerte	Café oscuro	arenoso									
	40	7.5YR 4/6	7.5YR 3/4	Migajón	16.70	2.96	7.9	6.6	1.13	2.27	51		
Café fuerte		Café oscuro	arenoso										
60	5YR 5/6	5YR 4/6	Migajón	15.15	1.10	8.1	6.4	1.17	1.84	74			
	Rojo amarill.	Rojo amarill.	arc. aren.										
2	20	7.5YR 4/6	7.5YR 3/4	Migajón	14.4	1.93	7.9	6.6	1.26	1.85	32		
		Café fuerte	Café oscuro	arenoso									
	40	5YR 4/6	5YR 3/4	Migajón	18.04	0.62	8	6.6	1.18	2.18	51		
		Rojo amar.	Rojo. par. os.	arc. aren.									
60	5YR 5/6	5YR 3/4	Migajón	17.08	2.20	7.65	6.4	1.17	2.77	58			
	Rojo amar.	Rojo. par. os.	arcilloso										
3	20	7.5YR 4/6	7.5YR 3/4	Migajón	19.2	1.38	6.4	6.2	1.05	2.77	61		
		Café fuerte	Café oscuro	arc. aren.									
	10	5YR 4/6	5YR 3/4	Migajón	16.70	2.27	8	6.65	1.08	1.92	44		
		Rojo amar.	Rojo. par. os.	arcilloso									
60	5YR 4/6	5YR 3/4	Migajón	17.08	2.07	8	6.8	1.06	2.27	54			
	Rojo amar.	Rojo. par. os.	arc. aren.										

Cuadro 7. Características fisicoquímicas del suelo en las zonas de estudio, a diferentes profundidades.



PUEBLO NUEVO											
DURANTE Lluvias											
Cuadrante	Profundidad (cm)	Color		Textura	C C mg/100g (1° suelo)	M O %	pH	Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad %	
		Seco	Humedo								
1	20	10YR 1/4	10YR 4/4	Arena	38.97	1.33	7.4	6.6	1.38	7	31
	40	Café liq.am.	Café am.osc.	Miqa josa	38.4	2.25	7.6	6.3	1.30	2.44	55.78
		10YR 6/4	10YR 4/4	Miqa jón							
60	10YR 5/6	10YR 3/6	Miqa jón	25.53	0.88	6.7	6.5	1.36	2.5	45.6	
	Café amar.	Café am.tu.	arenoso								
2	20	10YR 6/4	10YR 4/4	Arena	42.80	2.05	7.4	6.5	1.36	2.28	47.85
	40	Café liq.am.	Café am.osc.	Miqa josa	37.44	2.70	7.25	6.4	1.35	2.61	48.66
		10YR 6/4	10YR 4/1	Arena							
60	Café liq.am.	Café oscuro	Miqa josa	21.61	1.14	7.5	6.4	1.55	2.64	59.63	
	10YR 6/4	10YR 5/4	Arena								
3	20	10YR 6/3	10YR 4/2	Miqa joso	48.90	1.66	6.85	6.7	1.35	1.57	52.18
		Café pálido	Café grisca.	arenoso							
	40	10YR 1/4	10YR 3/4	Miqa joso	42.04	1.40	7.5	6.5	1.32	2.17	36.86
		Café liq.am.	Café am.osc.	arenoso							
60	10YR 1/4	10YR 1/4	Arena	32.83	1.27	7	6	1.58	2.22	28.82	
	Café liq.am.	Café am.osc.	Miqa josa								
DESPUES DE Lluvias											
1	20	10YR 6/3	10YR 3/3	Arena	12.48	2.62	8.2	6.5	1.25	2.38	48
	40	Café pálido	Café oscuro	Miqa josa	12.09	1.51	7.9	6.6	1.33	1.42	42
		10YR 6/3	10YR 4/4	Miqa jón							
60	10YR 7/6	10YR 1/4	Miqa jón	13	1.58	8	6.5	1.35	2.27	50	
	Café amar.	Café am.osc.	arenoso								
2	20	10YR 6/3	10YR 3/3	Arena	11.30	2.69	7.8	6.6	1.35	2.63	57
	40	Café pálido	Café oscuro	Miqa josa	9.98	2.34	8.1	6.6	1.28	1.96	35
		10YR 6/3	10YR 3/3	Arena							
60	Café pálido	Café oscuro	Miqa josa	12.48	1.77	8.1	6.5	1.24	2.34	58	
	10YR 6/4	10YR 1/4	Miqa jón								
3	20	10YR 6/3	10YR 1/3	Miqa jón	16.89	4.96	7.6	6.3	1.35	1.61	57
		Café pálido	Café oscuro	arenoso							
	40	10YR 6/3	10YR 1/3	Miqa jón	32.86	0.82	7.3	6.4	1.38	1.96	35
		Café pálido	Café oscuro	arenoso							
60	10YR 6/3	10YR 4/2	Miqa jón	14.4	3.41	7.8	6.6	1.24	1.84	58	
	Café pálido	Café oscuro	arenoso								

Cuadro 7.....

CALIPAN											
Cuadrante	Profundidad (cm)	DURANTE			LLOVIAS						
		Deco	Color	Humedo	Textura	C i C meq/100g d' suelo	N O %	H <sub>2</sub> O	pH KCl	Densidad Aparente	Densidad Real
1	20	SYR 5/4	SYR 4/4	Migajón	58.17	2.5	6.65	6.15	1.12	1.88	40.42
	40	Café rojizo	Café rojizo	arc.aren.	86.01	1.20	7.2	6.5	1.11	2.27	51.10
		7.5YR 5/4	7.5YR 4/6	Migajón							
Café	Café fuerte	arc.aren.									
2	20	SYR 6/4	SYR 3/4	Migajón	38.97	0.36	7.3	6.7	0.95	2.63	63.87
	40	Café liq.roj.	Café roj.os.	arenoso	54.91	0.03	7.45	6.8	1.14	4.54	74.88
		SYR 3/4	SYR 4/4	Migajón							
	Café rojizo	Café rojizo	arc.aren.								
SYR 5/4	SYR 3/4	Migajón	57.02	1.79	7.4	6.7	1.11	1.92	42.18		
Café rojizo	Café roj.os.	arc.aren.									
3	20	7.5YR 5/4	7.5YR 3/4	Migajón	34.56	1.27	7.1	6.45	1.17	3.57	67.22
	Café	Café oscuro	arc.aren.								
DESPUES DE LLOVIAS											
1	20	SYR 5/4	SYR 3/4	Migajón	13.24	2.62	7.7	6.1	1.14	2.56	56
	40	Rojizo oscuro	Roj.par.osc.	arc.aren.	16.12	1.58	7.7	6.5	1.07	2.08	49
		SYR 5/4	SYR 3/4	Migajón							
Café rojizo	Roj.par.osc.	arc.aren.									
2	20	SYR 5/4	SYR 3/4	Migajón	15.55	3.38	8	6.2	1.02	3.33	70
	40	Café rojizo	Roj.par.osc.	arc.aren.	14.01	1.93	7.3	6.1	1.19	2.63	55
		SYR 6/4	SYR 3/4	Migajón							
Rojizo palido	Roj.par.osc.	arenoso									
3	20	7.5YR 5/4	7.5YR 3/4	Migajón	13.24	3.10	8.1	6.4	1.13	4.16	73
	40	Café	Café oscuro	arc.aren.	14.59	2.41	8.3	6.5	1.09	2.77	61
		SYR 5/4	SYR 3/4	Migajón							
Café rojizo	Rojizo par.	arc.aren.									

Cuadro 7. ....

**CUADRO 13.** Características de las especies de la familia Cactaceae presentes en: Pueblo Nuevo, Venta Salada y Calipan, del Mpo. de Coxcatlán, Pue. (Información obtenida de: Bravo, 1978; Aguilar, Arteig, Rodríguez, 1982; Meyrán, 1980).

Nombre Científico y nombre vulgar	Distribución	Epoca de Fructificación	Características Generales
<p><u>Escontria chiotilla</u> (Weber) Rose.</p> <p>"quiotilla" "jiotilla"</p>	<p>Tehuacán, Calipan, Cuicatlán, Sierra Mixteca, Totoloapa en el cañon del Zopilote, y en la presa del Infiernillo.</p>	<p>Mayo-Julio</p>	<p>Plantas arborescentes, de 3 a 4m. de altura. Tronco corto, aproximadamente 40 cm. de diámetro. Ramas numerosas y rígidas, de color verde oscuro, de 20 cm de diámetro. De 7 a 8 costillas, prominentes algo crenadas. Aréolas próximas, a menudo confluentes elípticas, como de 1 cm de longitud. Espinas radiales 10 a 15, subuladas, rectas extendidas, a veces dirigidas hacia abajo. Espinas centrales 3 a 5 una mas larga como de 7 cm de longitud. Flores en la terminación de las ramas, infundibuliformes, de 3 cm de longitud. Fruto globoso, escamoso de color café rojizo, de 3.5 cm de diámetro, pulpa purpurina, dulce, comestible, semillas negras, de 15 mm de anchura y largo, testa rugosa.</p>
<p><u>Neobuxbaumia tetetzo</u> (Coulter) Backeberg.</p> <p>"tetetzo" "teteche" "cardón"</p>	<p>Cerca de Zapotitlan, Zinacatepec y Calipan. Puebla y Oaxaca.</p>		<p>Plantas columnares, gigantescas de 10 a 15 m de altura ó más, cuando jóvenes columnares, después salen del tallo principal a diversas alturas algunas ramificaciones. Es de color verde grisáceo claro. Tronco principal de 30 a 60 cm de diámetro. Costillas 13 a 17 en las ramas y hacia el ápice son elevadas, de 2 a 2.5 cm de alto, y algo tuberculadas. Aréolas distantes entre sí 7 a 10 mm y hasta 2 cm en las partes viejas del tallo, las del ápice tienen abundante fieltro lanoso moreno claro. Espinas radiales 7 u 8, aciculares, de 5 a 20 mm de largo y una en la parte inferior más larga de 12 a 20 mm de largo dirigida hacia abajo, color moreno grisáceo. Flores en el ápice de las ramas, nocturnas, blancas, infundibuliformes. Fruto ovoide, como de 4 cm de largo y 3 cm de diámetro, semillas café oscuro.</p>

Cuadro 13...

Nombre Científico y nombre vulgar	Distribución	Epoca de Fructificación	Características Generales
<u>Stenocereus weberi</u> (Coultter) Buxbaum. "cardón" "candelabro" "chico"	Oaxaca, Guerrero y Puebla; Calipan y San Sebastian Zinacatepec.	Febrero-Abril	Arborescentes, candelabriformes, 10 m de altura. Ramas muy numerosas, largas y verticales, como de 20 cm de diámetro, color verde glauco, como 10 costillas separadas por senos profundos. Areólas distantes entre sí. De 6 a 12 espinas radiales, de 1 a 2 cm de largo, gruesas. Espina central como de 10 cm, aplanada, gruesa, dirigida hacia abajo. Flores diurnas, en areólas laterales, de 8 a 10 cm de largo, infundibuliformes. Fruto espinoso, globoso de 6 a 7 cm de diámetro. Por su tamaño es empleada como viga y las flores y semillas como forraje.
<u>Coryphantha calipensis</u> Bravo.	Desde Calipan hasta Tecomavaca.	Agosto-Septiembre	Plantas simples globosas o estrobiliformes, hasta 8 cm de diámetro y 9 cm de altura con tubérculos alargados hasta de 3 cm de longitud.
<u>Cephalocereus hoppenstedtii</u> (Weber) Schumann. "órgano" "cardón blanco"	Zapotitlán de las Salinas, en San Sebastian Zinacantepec, Sur y Suroeste de Texcala, y entre Calipan y Teotitlán.		Columnares como de 10 m de altura y 40 cm de diámetro, generalmente sin ramificaciones, verde grisáceo claro, ápice redondeado con numerosas espinas setosas, como de 8 cm de largo y con fieltro lanoso blanco. De 16 a 26 costillas separadas arriba por surcos estrechos que se ensanchan hacia abajo. Areólas elípticas, pequeñas, próximas. De 12 a 18 espinas radiales y de 5 a 8 centrales. Flores nocturnas aromáticas blancas con la punta rosada. Fruto ovoide como de 3 cm de largo, con escamas pequeñas, semillas numerosas.
<u>Ferocactus flavovirens</u> (Scheidweiler) Britton y Rose.	Abundante en los cerros cercanos a Tehuacán.	Enero	Plantas cespitosas que forman grupos muy grandes, con flores amarillas provistas de escamas lineales de bordes ciliados.
<u>Ferocactus recurvus</u> (Miller) Y. Ito. "biznaga"	En todo el valle de Tehuacán.	Enero	Plantas de tamaño mediano, hasta de 25 cm de altura, habitualmente solitarias, espinas robustas, la central ganchuda, rojizas; flores blancas con franja púrpura.

Cuadro 13...

Nombre Científico y nombre vulgar	Distribución	Epoca de Fructificación	Características Generales
<u>Mammillaria carnea</u> Zuccarini.	En todo el valle de Tehuacán.	Diciembre	Plantas simples, globosas, a veces cilíndricas, de color verde grisáceo, de tubérculos angulados con 4 espinas centrales.
<u>Mammillaria viperina</u> J. A. Purpus	Crece cerca de Zapotitlán.	Diciembre	Plantas cespitosas, decumbentes, de cuerpo cilíndrico de 1.5 a 2 cm de diámetro. Tubérculos con jugo acuoso. Espinas centrales ausentes, 25 a 30 espinas radiales. Flor de 20 mm de ancho.
<u>Myrtillocactus geometrizans</u> (Bravo) Backeberg.  "garambullo" "padre nuestro"	En todo el valle de Tehuacán.	Junio-Julio	Plantas arborescentes de 4 m de alto, tronco bien definido, corto; ramificación abundante formando una copa amplia. Ramas verde azuladas, costillas 5 ó 6, redondeadas de 2 a 3 cm de alto. Aréolas grandes, distantes entre sí 1.5 a 3 cm rojizas cuando jóvenes. Espina central grande en forma de daga, de 1 a 7 cm de largo, y 6 mm de ancho, negra. Flores en la parte superior de las aréolas, de 2.5 a 3.5 cm de ancho, blanco verdosas. Fruto pequeño de 1 a 2 cm de diámetro, globoso hasta elipsoide, moreno purpúreo, sin espinas.
<u>Opuntia decumbens</u> Salm-Dyck  "nopal pastrero"	Entre Calipan y Tecomavaca	Agosto-Septiembre.	Plantas bajas de 30-40 cm de altura, comúnmente ras treras, de flor amarillenta. Artículos aplanados, desprendibles. Aréolas rodeadas de manchas púrpuras.
<u>Opuntia pilifera</u> Weber.  "nopal crinado" o "nopal de crines"	Sur y sureste de Puebla y Norte de Oaxaca.	Mayo-Julio	Arborescente, hasta de 5 m de altura, con tronco bien definido, grueso y leñoso. Artículos orbiculares de 12 a 35 cm de longitud, gruesos, verde glauco o verde pálido. Aréolas numerosas circulares, de 3 mm de diámetro, distantes entre sí 2 cm, con pelos blancos abundantes. De 3 a 9 espinas blancas con la punta arbarina. Flores grandes de 6 cm de diámetro de color rosa fresa obscuro. Fruto rojo de 4 a 5 cm de largo, jugoso.

Nombre Científico y nombre vulgar	Distribución	Epoca de Fructificación	Características Generales
<u>Opuntia pumila</u> Rose. "cardo", "nopal cardoso", "vixivixio"	Desde la Mesa Central hasta Oaxaca, Morelos y Puebla.		Plantas bajas ramosas. Artículos que se desprenden fácilmente, de 6 a 20 cm de longitud y de 1 a 1.5 cm de diámetro, cilíndricos y ligeramente aplanados, turgentes con tubérculos más o menos prominentes. Aréolas pequeñas, al principio con 2 espinas después más. Flores amarillas. Fruto globoso, rojizo, de 1.5 mm de longitud.
<u>Opuntia velutina</u> Weber. "nopal"	Sur de Puebla Morelos, Guerrero y Oaxaca.	Mayo-Julio	Arborescentes, de 2 a 4 m de altura, tronco bien definido, ramificado desde la base. Artículos obovados a oblongos o piriformes, redondeados en la parte superior, angostándose en la inferior, pubescentes. Aréolas pequeñas, distantes entre sí 2 a 3 cm, obovadas, como de 3 mm de longitud, con fieltro blanco. Espinas a veces ausentes en las aréolas inferiores del artículo, cuando presentes de 1 a 6 flores amarillas, anaranjadas o rojas. Fruto pequeño, subgloboso, rojo oscuro.
<u>Stenocereus pruinosus</u> (Otto) Buxbaum "pitayo de octubre" "pitayo"	Tamaulipas, Veracruz, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.	Mayo y Septiembre	Arborescente, tronco bien definido, de 4 a 5 m de alto. Ramas de 8 a 10 cm de diámetro, verde oscuro en la extremidad de las ramas azuloso, con pruinosis blanquecina. De 5 a 6 costillas, prominentes agudas, algo onduladas. Aréolas distantes entre sí 3 a 4 cm. Espinas radiales 5 a 7 de 1 a 2 cm de largo, radiadas. Espinas centrales 1 a 4, grises, de 2 a 3 cm de longitud. Flores infundibuliformes, de 9 cm de longitud. Fruto ovoide de 5 a 8 cm de largo, de color variable, rojo púrpura, anaranjado verdoso, con pulpa carnosa, con aréolas grandes y lanosas.
<u>Stenocereus steilatus</u> (Pfeiffer) Riccobono "xoconostle" "pitayo"	Puebla y norte de Oaxaca.	Agosto-Septiembre	Arborescentes de mediana altura, de 2 a 3 m. Ramoso desde la base. Costillas 8 a 12, obtusas, como de 2 cm de alto, algo onduladas. Aréolas distantes entre sí 1 a 2 cm. Espinas radiales 9 a 13, cortas,

Cuadro 13...

Nombre Científico y nombre vulgar	Distribución	Epoca de Fructificación	Características Generales
<u>Stenocereus stellatus</u>			algo subuladas, grisáceas con la punta obscura, radiadas, generalmente 3 espinas centrales; 2 divergentes hacia arriba y una dirigida hacia abajo, más gruesa y larga (hasta 5 cm), grisácea. Flores en el ápice de las ramas, a veces en corona, diurnas, rosa pálido, tubular-campanuladas, de 5 a 6 cm de largo. Fruto globoso, de 3 cm de diámetro, rojo, con espinas setosas caducas, semillas pequeñas, con testa negra, verrucosas.
<u>Cephalocereus chrysacanthus</u> (Weber) Britton y Rose.  "organo"	Tehuacán y Zapotitlán de las Salinas.		Plantas de 3 a 4 m de alto, con ramas desde la base. Ramas erectas o ascendentes, de color verde glauco. Costillas 9 a 12. Aréolas distantes entre sí 1 cm, tienen 12 a 15 espinas, de jóvenes son amarillo dorado. Aréolas floríferas con pelos largos, blancos y espinas amarillas que forman un pseudocefalio apical. Flores de 7 a 8 cm de longitud con tinte rosa. Fruto globoso, de 3 a 4 cm de diámetro, purpúreo, semillas negras.

CUADRO 14. Captación, distribución, incorporación, movilidad y funciones de los Macronutrientes. (Información basada en Larcher, 1977, modificado por las autoras).

ELE- MENTO	Compuesto en que se encuentra en el suelo	Disponibi- lidad en el suelo	Captación como	Incorporación a la planta	Función en la planta	Enriqueci- miento preferencial	Posibilidades de distribución	Síntomas de deficiencia
N	Compuestos orgánicos, ácido nítrico.	Suministros por descomposición microbiana, $\text{NH}_4^+$ adsorbido a minerales de arcilla y humus, $\text{NO}_3^-$ en solución.	$\text{NO}_3^-$ $\text{NH}_4^+$ (urea)	Libre como ion $\text{NO}_3^-$ (vacuolas), en compuestos orgánicos, proteínas, ac. nucleicos, metabolitos secundarios.	Componente importante del protoplasma y de los enzimas.	Brotos jóvenes, yemas, semillas, órganos de reserva.	Buena, sobre todo en forma orgánica.	Crecimiento raquítrico o enano, rigidez, esclerosis. Relación vástago-raíz a favor de la raíz, amarillo temprano de las hojas.
P	Compuestos orgánicos, fosfatos de Ca, Fe, y Al.	Como $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ , poco soluble, adsorbido y formando quelatos; suministro bajo por microorganismos.	$\text{HPO}_4^{2-}$ $\text{HPO}_4^-$	Como ion libre, en unión primaria, nucleótidos, fosfátidos, fitina.	Metabolismo energético y síntesis (fosforilación).	En órganos reproductores más que en los vegetativos (granos de polen).	Buena en forma orgánica.	Dificultades en los procesos reproductores (retraso en la floración), rigidez, coloración bronce violeta de hojas y tallo.
S	Compuestos orgánicos, sulfurosos sulfatos de Ca, Mg y Na.	$\text{SO}_4^{2-}$ muy soluble poco adsorbido.	$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{SO}_2$ de la atmósfera)	Como ion libre, en compuestos como SH o grupos SS y como éster en proteínas, coenzimas metabolitos secundarios.	Componente del protoplasma y enzimas.	Hojas, semillas.	Buena en forma orgánica.	Semejante a la deficiencia en N.
K	Feldespato mica y arcilla.	Adsorbido disuelto.	$\text{K}^+$	Disuelto como ion (sobre todo en las vacuolas) y adsorbido.	Efectos coloidales químicos (requiere hidratación); Activación enzimática (fotosíntesis).	Zonas de división, tejidos jóvenes, parénquima cortical, lugares con metabolismo activo.	Buena	Dificultades en la economía hídrica (sequía), raquitismo en las hojas (marchitadas).



**Cuadro 14...**

<b>Mg</b>	Carbonatos (dolo- mita), silicatos (augita, anfiboles, olivina, sulfatos, clo- ruros).	Soluble ad- sorbido, defi- ciencia en sue- los ácidos.	$Mg^{2+}$	Como ion disuelto y ad- sorbido formando complejos, en forma orgánica con la clorofila y pectanas, com- ponente de en- zimas.	Regulación de la hidratación (antagonismo con $Ca^{2+}$ ), metaboli- smo energético (fo- tósíntesis, trans- ferencia de fosfa- tos), sinergismo con Mn, Zn.	Hojas	Buena parte.	Rigidez, clorosis intercostales de ho- jas adultas.
<b>Ca</b>	Carbonatos, yeso fosfatos, silicatos (feldspatos, au- gita).	Adsorbido di- suelto, defi- ciencia en suelos muy á- cidos.	$Ca^{2+}$	Como ion, como sal, di- suelta, cris- talizado e in- crustado como quelato, en unión orgánica con pec- tanás.	Regulación de la hidratación (antagonismo con $K^+$ , $Mg^{2+}$ ), activador enzi- mático.	Hojas, cortezas de árboles.	Muy mala	Crecimiento en divi- sión dañado (células pequeñas).

FV	SC	GL	CM	F	P <sup>0.05</sup>
A	462.47	2	231.23	0.15	3.40
B	36 233.52	3	12 077.84	7.96	3.01*
C	10 081.49	1	10 081.49	6.64	4.26*
AC	383.68	2	191.84	0.12	3.40
BC	507.68	3	169.22	0.11	3.01
E	36 392.95	24	1 516.37		
TOT	48 424.34	35			

CUADRO 15. Análisis de Varianza para la Variable Respuesta Capacidad de Intercambio Catiónico, en suelo

FV	SC	GL	CM	F	P <sup>0.05</sup>
A	1.49	2	0.74	0.88	3.40
B	4.74	1	4.74	5.88	4.26*
C	4.03	1	4.03	4.99	4.26*
AC	3.87	2	1.93	2.99	3.40
BC	4.10	1	4.10	4.66	4.26*
E	16.18	24	0.88		
TOT	34.41	35			

CUADRO 16. Análisis de Varianza para la Variable Respuesta % de Materia Orgánica, en suelo.

Abreviaciones utilizadas en los Análisis de Varianza:

A, Zona; B, Profundidad; C, Epoca; AC, Interacción Zona-Epoca; BC, Interacción Profundidad-Epoca; E, Error; TOT, total; \*, Factor con Significancia Estadística.

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>F<sup>0.05</sup></b>
A	0.015	2	0.007	0.06	3.40
B	0.117	3	0.039	0.33	3.01
C	4.048	1	4.048	34.72	4.26 *
AC	0.202	2	0.101	0.86	3.40
BC	0.304	3	0.101	0.86	3.01
E	2.8	24	0.116		
<b>TOT</b>	<b>7.487</b>	<b>35</b>			

**CUADRO 17.** Análisis de Varianza para la Variable Respuesta pH, en suelo.

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>F<sup>0.05</sup></b>
A	0.155	2	0.077	0.95	3.40
B	0.093	3	0.031	0.38	3.01
C	0.602	1	0.602	7.38	4.26 *
AC	0.080	2	0.040	0.49	3.40
BC	0.364	3	0.121	1.48	3.01
E	1.956	24	0.081		
<b>TOT</b>	<b>3.251</b>	<b>35</b>			

**CUADRO 18.** Análisis de Varianza para la Variable Respuesta Nitrógeno, en suelo.

FV	SC	GL	CM	F	F <sup>0.05</sup>
A	206.37	2	103.18	1.00	3.40
B	581.71	3	193.90	1.87	3.01
C	19.46	1	19.46	0.18	4.26
AC	859.47	2	429.73	4.16	3.40 *
BC	190.27	3	63.42	0.61	3.01
E	2 475.69	24	103.15		
TOT	4 332.97	35			

CUADRO 19. Análisis de Varianza para la Variable Respuesta Potasio, en suelo.

FV	SC	GL	CM	F	F <sup>0.05</sup>
A	189.60	2	94.80	8.54	3.40 *
B	62.61	3	20.87	1.88	3.01
C	401.00	1	401.00	36.16	4.26 *
AC	223.96	2	111.98	10.09	3.40 *
BC	25.51	3	8.50	0.76	3.01
E	266.13	24	11.08		
TOT	1 168.84	35			

CUADRO 20. Análisis de Varianza para la Variable Respuesta Calcio, en suelo.

FV	SC	GL	CM	F	F <sup>0.05</sup>
A	0.31	2	0.15	0.69	3.40
B	0.74	3	0.24	1.11	3.01
C	7.41	1	7.41	33.25	4.26 *
AC	2.32	2	1.16	5.21	3.40 *
BC	5.11	3	1.70	7.63	3.01 *
E	5.37	24	0.22		
TOT	21.81	35			

CUADRO 21. Análisis de Varianza para la Variable  
Respuesta Azufre, en suelo.

FV	SC	GL	CM	F	F <sup>0.05</sup>
A	1.68	2	0.84	5.52	3.40 *
B	0.33	3	0.11	0.72	3.01
C	0	1	-	-	-
AC	0.37	2	0.18	1.22	3.40
BC	0.20	3	0.06	0.43	3.01
E	3.65	24	0.15		
TOT	6.24	35			

CUADRO 22. Análisis de Varianza para la Variable  
Respuesta Fósforo, en suelo.

FV	SC	GL	CM	F	F <sup>0.05</sup>
A	51.44	2	25.72	0.21	3.40
B	6.22	3	2.07	0.01	3.01
C	299.00	1	299.00	2.48	4.26 *
AC	11.97	2	5.98	0.04	3.40
BC	95.52	3	31.84	0.26	3.01
E	481.53				
TOT					

CUADRO 23. Análisis de Varianza para la Variable Respuesta Sodio, en suelo.

FV	SC	GL	CM	F	F <sup>0.05</sup>
A	33.66	2	16.83	1.83	3.40
B	5.52	3	1.84	0.20	3.01
C	86.67	1	86.67	9.44	4.26 *
AC	18.72	2	9.36	1.02	3.40
BC	11.92	3	3.97	0.43	3.01
E	220.25	24	9.17		
TOT	376.77				

CUADRO 24. Análisis de Varianza para la Variable Respuesta Magnesio, en suelo.