

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



CARACTERIZACION DEL EX-LAGO DE SAYULA CON
VISTAS A IMPLANTAR Atriplex canescens
(COSTILLA DE VACA)

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A N :
MARTIN ANTONIO DE LA TORRE HARO
LUIS EDUARDO JIMENEZ SANCHEZ
GUADALAJARA, JAL., FEBRERO 1993

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

CARACTERIZACION DEL EX-LAGO DE SAYULA CON
VISTAS A IMPLANTAR Atriplex canescens
(COSTILLA DE VACA).

P r e s e n t a :

Martín Antonio de la Torre Haro

Luis Eduardo Jiménez Sánchez

Guadalajara, Jalisco. 1993.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

SECCION ESCOLARIDAD

EXPEDIENTE _____

NUMERO 1152/92

26 de Noviembre de 1992.

C. PROFESORES:

ING. JAVIER VAZQUEZ NAVARRO, DIRECTOR
ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL, ASESOR
ING. JUAN BOJORQUEZ MARTINEZ, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

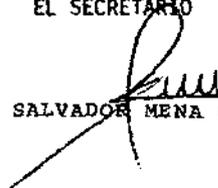
" CARACTERIZACION DEL EX-LAGO DE SAYULA CON VISTAS A
IMPLANTAR ATRIPLEX CANESCENS (COSTILLA DE VACA)."

presentado por el (los) PASANTE (ES) ~~DE LA TORRE PARRO MARTIN ANTONIO~~
JIMENEZ SANCHEZ LUIS EDUARDO

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
"AÑO DEL BICENTENARIO"
EL SECRETARIO


M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA

mam

ryz



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD..

Expediente

Número...1152/92.....

26 de Noviembre de 1992.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
 DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
 DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)
DE LA TORRE HARO MARTIN ANTONIO Y JIMENEZ SANCHEZ
LUIS EDUARDO

titulada:

" CARACTERIZACION DEL EX-LAGO DE SAYULA CON VISTAS A
 IMPLANTAR ATRIPLEX CANESCENS (COSTILLA DE VACA)."

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. JAVIER VAZQUEZ NAVARRO

ASESOR

ASESOR

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL ING. JUAN BOJORQUEZ MARTINEZ

srd'

ryf

Al contestar este oficio cite fecha y número

DEDICATORIAS

A MI PADRE :
Por haberme guiado con sus consejos y
ejemplo hacia el camino de la superación.

A MI MADRE :
Que con su cariño y amor supo iluminarme
para llegar a la meta trazada.

A MIS HERMANOS :
Que me alentaron durante los años de
estudio.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS.

MATH

DEDICATORIAS

A Dios:

Por todo lo que me ha dado.

A mis Padres:

Quienes me brindaron su apoyo y dedicación
para mi realización personal y profesional.

A mis Hermanos y Familiares:

Por el apoyo de ellos recibido.

A mis Compañeros y Amigos:

Por compartir sus conocimientos y amistad

Luis Eduardo.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad de Guadalajara, por haberme dado la oportunidad de formarme como profesionista.
- A la Facultad de Agronomía, porque en sus aulas adquirí los conocimientos que habrán de hacer de mí un hombre útil a la sociedad.
- A mis Maestros, que con sus conocimientos, orientación y dedicación me condujeron a la culminación de mis estudios profesionales.
- A mis Compañeros, por haber compartido este tiempo inolvidable y lleno de esperanza.
- A mi Director de Tesis; Ing. Javier Vásquez Navarro, por la paciencia y fiel conducción en la elaboración de este trabajo.
- A mis Asesores: Ing. J. Antonio Sandoval Madrigal
Ing. Juan Bojórquez Martínez.
- Al INEGI, por el gran apoyo y facilidades otorgadas para hacer realidad esta tesis.
- Y a todos aquellos que de alguna u otra forma me ayudaron a concluir este sencillo pero interesante trabajo

MATH

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

A la Universidad de Guadalajara

A la Facultad de Agronomía:

Por brindarme mi formación profesional.

A mis Maestros:

Por haber compartido sus conocimientos y
dedicación durante mi preparación.

A mi Director de Tesis:

M. C. Javier Vásquez Navarro

Por su disposición y la confianza depositada
en mi para la realización de este trabajo.

A mis Asesores:

M. C. J. Antonio Sandoval Madrigal.

M. C. Juan Bojorquez Martínez.

Por los conocimientos aportados.

Luis Eduardo.

CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	2
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivos específicos	3
3. HIPOTESIS	4
4. MATERIALES Y METODOS	5
4.1. Descripción del área de estudio	6
5. REVISION DE LITERATURA	9
5.1. Características del Atriplex	9
5.1.1. Descripción general	9
5.1.2. Importancia	10
5.1.3. Clasificación taxonómica	12
5.1.4. Descripción Botánica	13
5.1.4.1. Tallo	13
5.1.4.2. Raíz	
5.1.4.3. Hojas	15
5.1.4.4. Flores	15
5.1.4.5. Fruto	16
5.1.5. Ciclo vegetativo	18
5.1.6. Tipos de reproducción	19
5.1.7. Germinación	20
5.1.8. Habitat	26
5.1.9. Distribución	29
5.1.10. Condiciones edáficas	29
5.1.11. Métodos de siembra	30
5.2. Origen de las sales en los suelos	34
5.3. Salinización de los suelos	37
5.4. Solubilidad de las sales	40
5.5. Sales mas importantes en el suelo y agua	42
5.6. Efectos de la salinidad sobre el desarrollo de las plantas y condiciones del suelo	43
5.6.1. Efecto de la salinidad sobre el desarrollo de las plantas	43

	Pag.
5.6.2. Efectos de la salinidad sobre las características de los suelos	46
5.6.2.1. Estructura	46
5.6.2.2. pH	49
5.7. Tipos de suelos salinos	50
5.7.1. Solonchacks (suelos salinos)	50
5.7.2. Solonetz (suelos sódico-salinos)	55
5.7.3. Suelos salino-sódicos (suelos sódico-salinos)	61
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	64
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
APENDICE	
BIBLIOGRAFIA	71

1. INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES

La "Laguna de Sayula" ocupa una de las extensiones mas grandes que no se pueden cultivar, debido a su alto contenido de sales.

En la actualidad se han conocido varias plantas que son tolerantes a la salinidad excesiva, como la alfalfa, el betabel azucarero, el sorgo, la cebada (para heno), el algodón, arroz y especies forrajeras tales como el Sporobolus airoides (Zacatón alcalino) y el Bouteloua karwinskii (Pasto perenne). También encontramos algunas plantas arbustivas las cuáles son muy apetecidas por el ganado vacuno, ovino y caprino, entre ellas tenemos al Parthenium incanum (Mariola) y el Atriplex canescens (Costilla de vaca), el cuál es un excelente alimento por tener un alto contenido protéico.

La costilla de vaca es muy resistente a la sequía y se desarrolla en suelos de textura arenosa, areno-arcillosa, con concentraciones salinas o alcalinas. Conserva durante todo el año su valor forrajero, asimismo su forma de vida le da capacidad de adaptación y resistencia al medio, mayores que las gramíneas. Resiste un ramoneo intensivo y si este se prolonga

por varios años las plantas se debilitan y llegan a morir. Protegen al suelo de la erosión eólica, principalmente en la época primavera-verano con las frecuentes tolvaneras, así como también ayuda en la retención de humedad y de proveer alimento y abrigo a la fauna silvestre.

1.2 JUSTIFICACION

Se dice que el ex-lago de Sayula tiene una superficie aproximada de 80,000 has. las cuáles en su mayoría se ven afectadas por salinidad y un drenaje deficiente.

Estos factores impiden el desarrollo normal de los cultivos, creando así un ambiente propicio para que se presente la erosión eólica a través de tolvaneras n el ciclo primavera-verano.

Previendo lo anterior se pretende darle uso agrícola al suelo y así recuperar la zona dañada.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal que se persigue en la realización del presente estudio, es conocer las condiciones físicas y químicas del suelo para el establecimiento de costilla de vaca (*Atriplex canescens*) en la región Sur-sureste del Estado de Jalisco (Ex-lago de Sayula).

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.- Conocer las características de los suelos en el Ex-lago de Sayula.
- 2.-Determinar zonas donde se pueda adaptar Atriplex canescens.
- 3.-Evitar la erosión eólica en la zona, dando prácticas vegetativas para su control.

3. HIPOTESIS

El Atriplex canescens se adapta a las condiciones adversas en las que se encuentra el ex-lago de Sayula como son :

- Sodicidad (alto PSI)
- Alcalinidad (pH alto)
- Salinidad (alta C.E.)
- Materia Orgánica (pobre)
- Lenta velocidad de infiltración
- Escasa capa arable

Por lo tanto esta planta de tipo arbustivo se desarrolla favorablemente en dichas condiciones.

4. MATERIALES Y METODOS

Primeramente se delimitó el área de estudio, en la cuál se optó por utilizar el método de muestreo aleatorio simple, ya que la cuenca endorréica de Sayula presenta características homogéneas en un 80% .

Se tomaron 32 muestras de suelo en época seca (mes de abril) y otras 32 muestras en época húmeda (mes de agosto), para poder conocer la variabilidad física y química de los suelos.

Dichas muestras se obtuvieron tomando en cuenta la delimitación antes mencionada, considerando la accesibilidad a la laguna por medio de carreteras y caminos.

Aleatoria e indistintamente se tomaron muestras de suelo cada kilómetro y/o cinco kilómetros a un lado y otro de los caminos, teniendo plenamente identificados los lugares de muestreo.

Las muestras en cuestión se llevaron para su análisis y estudio al laboratorio de suelos de la SARH, donde se hicieron determinaciones de pH, C_E y PSI.

4.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el Sur-Sureste del Estado de Jalisco, en una de las partes mas extensas que no se utilizan en la agricultura como lo es el Ex-lago de Sayula.

López (1985), menciona que se encuentra aproximadamente a una altura desde los 1,348 msnm, hasta los 1,800 msnm, con una latitud norte de 19°-53' hasta los 20°-14' y una longitud oeste de 103°-23' hasta los 103°-39' .

CETENAL (1988), la extensión aproximada es de 34,725 has. en su totalidad con poca pendiente, los suelos son muy variables en colores y texturas. Según su clasificación encontramos a ; Cambisol cálcico (Bk), Feozem lúvico (Hl) y Háplico (Hh), Vertisol pélico (Vp) y Crómico (Vc), Solonchak mólico (Zm) y Ortico (Zo) y Litosol (l).

Pocos de estos suelos son aptos a la agricultura (suelos normales) y la mayoría de los suelos tienen cantidades excesivas de sales y de sodio, como: Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros y Sulfatos (Suelos salino-sódicos) y en su mayoría un drenaje deficiente el cuál hace que en tiempo de lluvias se estanque y llegue hasta una altura considerable.

Tienen un pH desde ligeramente alcalino (ocho) hasta fuertemente alcalino (11.1).

La S.P.P. (1981), cita que el material madre originario de la zona pertenece al eje neovolcánico en el cuál dominan las rocas ígneas extrusivas del terciario y algunas del cuaternario, producto de la gran actividad volcánica que atravesó el país de Este a Oeste dentro de los paralelos 20° y 21° N. Esta provincia del eje neovolcánico comenzó a finales del mesozoico y principios del cenozoico.

De entre las rocas ígneas extrusivas del terciario se encuentran las riolitas, andesitas, basaltos, tobas y brechas volcánicas distribuidas por casi toda la zona, y del cuaternario se presentan basaltos, cenizas, tobas y brechas volcánicas.

En segundo lugar de importancia lo ocupan los sedimentos aluviales, residuales y lacustres del cuaternario y que están rellenando todos los pisos del valle y planicies lacustres de la provincia.

López (1985) dice que las temperaturas y precipitaciones medias anuales registradas en los últimos cinco años son: máxima 29.42° y mínima de 13.6° y 646.01 mm, respectivamente.

5. REVISION DE LITERATURA

5.1 CARACTERISTICAS DEL ATRIPLEX

5.1.1 DESCRIPCION GENERAL

Ibarra et-al (1979), Martínez y Villanueva (1985), dicen que el Atriplex canescens (Pursh Nutt) se le conoce por varios nombres dependiendo de la región en que se encuentre, en los Estados Unidos de América se le conoce como Forwuing saltbusk, en el norte de México como costilla de vaca, chamizo y cenizo en algunas partes de Sonora.

Martínez y Villanueva (1985), dicen que la costilla de vaca (Atriplex canescens), es una de las especies arbustivas de la familia Chenopodeaceas, por lo tanto adquiere una importancia antropogénica considerable, puesto que produce tejido foliar con un alto contenido protéico, el cual se desarrolla sobre estructuras anatómicas de fanerófitas, lo que le permite en años desfavorables presentar productividades mayores que la gramínea hemicroptófitas, aunque en años favorables su productividad es ligeramente menor.

Ibarra et-al (1979), comenta que tiene tallo erecto, suave, liso y vigoroso de forma cilíndrica a cónica, de corteza

escamosa de color grisáceo, su follaje es perenne, siempre verde, cuyo color varia de verde pálido a grisáceo, frecuentemente con una superficie casposa sobre el follaje que la hace brillar cuando inciden los rayos solares sobre las hojas. Tiene raíz principal que ocasionalmente se confunden con las secundarias. La altura de las plantas varía de acuerdo a las regiones donde se adapta.

5.1.2 IMPORTANCIA

U.S. Forest Service (1937), Vines (1960), Sampson y Jespersen (1963), Gay Dwyer (1970), Nord y Countryman (1971), Alson (1972), De la Cruz y Zapien (1974), citados por Ibarra et-al (1979), Espinoza et-al (1980), concuerdan que el chamizo es un arbusto forrajero muy apetecido por el ganado, con un alto valor nutritivo (el tallo contiene de 14-16% de proteína), muy tolerante a la sequía, a suelos salinos y al fuego. Cuando las condiciones le son apropiadas se establecen con facilidad ayudando el control de la erosión. Además es muy eficiente en el uso del agua para la producción de raíces y rebrotes.

U.S. Forest Service (1937), Anderson et-al 1953, Gay y Dwyer (1970), citados por Ibarra et-al (1979), comentan que tiene una gran importancia para los ganaderos, por tener hojas

perennifolias, lo cuál constituye una fuente de alimento de buena calidad durante casi todas las épocas del año. Lo mas valioso es que proporciona alimento en áreas en donde generalmente escasean las gramíneas de invierno, o bien la producción de gramíneas de verano se ve restringida por la muerte de éstas, causada por la escasa precipitación que se presenta en algunas zonas, en donde la mayor cantidad de lluvia ocurre durante el verano. Aunado a esto, y dado a las buenas características que reúne, además de poseer buena aceptabilidad y alta productividad, el arbusto ha sido recomendado para resembrarlo en pastizales degradados localizados en las zonas áridas y semiáridas.

Kearney y Scofield (1936), dicen que los arbustos se establecen muy bien en las zonas salinas y que tienen un alto valor como fuente natural de pastura en el oeste de los E.U. para el ganado vacuno y ovino.

Mc Kell (1975), citado por Ibarra et-al (1979), I.N.I.P. (1978), citado por Martínez y Villanueva (1985), mencionan que algunos arbustos tienen muchas virtudes que justifican su uso, pero la costilla de vaca es una de las que mas destaca y se recomienda en la rehabilitación de pastizales degradados localizados en las zonas áridas y semiárida, para ser utilizada en el establecimiento de praderas de propósitos especiales.

Mc Kell (1975), citado por Ibarra et-al (1979), de acuerdo con el autor, algunas de las ventajas que se tienen al utilizar plantas arbustivas forrajeras deseables de fácil establecimiento en las prácticas de resiembra son:

- Protege al suelo de la erosión.
- Son fuente de alimento para el ganado doméstico y fauna silvestre.
- Algunos arbustos tienen la capacidad de recuperarse fácilmente cuando son muy utilizados por el ganado.
- Alta aceptabilidad y gustosidad principalmente en los rebrotes tiernos.
- El valor nutritivo que aportan los rebrotes nuevos es comparable con los rebrotes mas viejos.

5.1.3. CLASIFICACION TAXONOMICA

Vines (1960), citado por Martínez y Villanueva (1985), mencionan que el "Chamizo" ó "Costilla de vaca" tiene la siguiente clasificación taxonómica:

REINO

VEGETAL

División.....Tracheophyta

Sub-división.....Pteropsidae

Clase.....Angiospermae

Sub-clase.....Dycotyledoneae

Orden.....Chenopodiales

Familia.....Chenopodeaceae

Género.....Atriplex

Especie.....canescens

El nombre del género Atriplex, es el usado antiguamente para determinar este tipo de arbusto, y el nombre de la especie se refiere a la costra plateada de las hojas.

5.1.4. DESCRIPCION BOTANICA

5.1.4.1 TALLO

Según Ibarra et-al (1979), Martínez y Villanueva (1985), dicen que la costilla de vaca presenta tallos suaves, vigorosos y lisos, los tallos son fuertes, rígidos y mas o menos quebradizos, variando de cilíndrico a cónico, cubierto por una corteza escamosa y grisácea que se torna más pálida y exfoliada en los tallos viejos.

5.1.4.2 RAIZ

Vines (1960), Gay y Dwyer (1970); Alson (1972), De la Cruz y Zapién (1974), citados por Ibarra et-al (1979); Martínez y Villanueva (1985), comentan que la planta esta provista de un sistema radicular muy complejo formado primeramente por una raíz principal, que en ocasiones se confunde con las raíces secundarias que posee y de un gran número de raíces adventicias distribuidas a lo largo de la raíz principal. Una de las ventajas de esta planta es que posee un sistema radicular muy desarrollado, capaz de extraer de cualquier tipo de suelo y de profundidades considerables el agua necesaria para su supervivencia. Es una de las cualidades que la hacen para establecerla en regiones de baja precipitación y en suelos de baja calidad, en donde el mejoramiento de dichas áreas mediante la resiembra con otras especies de plantas no adaptadas a tales condiciones reduciría la probabilidades de éxito.

Vines (1960), Gay y Dwyer (1970); Alson (1972), De la Cruz y Zapién (1974), citados por Ibarra et-al (1979); Espinoza et-al (1980), concuerdan que el tamaño de las raíces comúnmente es muy variado, y se ha encontrado que difieren dependiendo del sitio, pudiendo alcanzar profundidades de 5 a mas de 15 m..

5.1.4.3. HOJAS

Vines (1960), Gay y Dwyer (1970), Alson (1972), De la Cruz y Zapién (1974), citados por Ibarra et-al (1979); Espinoza et-al (1980), Martínez y Villanueva (1985), tienen hojas de color verde pálido, numerosas, alternas, sésiles ó pecioladas, de forma lineal a elíptica u oblonga. El ápice generalmente de forma obtusa, con base estrecha, margen entero, las hojas son por lo general de 10 a 15 mm de largo y de 12.5 mm a 30 mm de ancho; tienen una nervadura tenue que corre a lo largo del centro de la hoja, una superficie gris casposa en la parte superior e inferior.

5.1.4.4. FLORES

Vines (1960), citado por Martínez y Villanueva (1985), dicen que las flores son pequeñas levemente mostradas de un color amarillo verdoso, nacen en panículas (racimos) en la parte terminal de los brotes durante el verano. Generalmente son unisexuales (dioicas) y raramente se encuentran los dos sexos en una planta (monoica), las masculinas o estaminadas, sin brácteas agrupadas en grandes panículas terminales. Las femeninas o pistiladas en densas panículas formadas por agrupaciones de espigas con dos brácteas persistentes de tamaño regular que continúan hasta la formación del fruto. El

estaminífero tiene forma de cogollo espoloneado en las panículas terminales, el perigonio extendido con dos o tres estambres insertados en la base del mismo, anteras con dos celdas con abundante polen y un perianto ausente.

5.1.4.5. FRUTO

El fruto del Atriplex canescens es lo que comúnmente conocemos como la semilla.

Según Foiles (1974) citado por Ibarra et-al (1979); Martínez y Villanueva (1985), comentan que la formación del fruto es entre los meses de Agosto a Septiembre y varía de tamaño y forma entre una planta y otra dependiendo de la precipitación y de las características climatológicas de la zona en que están localizadas las plantas.

Las brácteas son sésiles, o cortantes penduladas, desarrollan dos pares de alas o brácteas, el margen de las alas puede ser redondo o dentado; con superficies planas lisas o con pequeñas excrescencias entre las alas, venosas y de ápice bífido.

Se desarrolla el fruto o la semilla gradualmente a través del verano, tornándose de color verde cuando está tierno, y

cuando madura se vuelve de color amarillento lo cual ocurre en el otoño.

La semilla se forma dentro del utrículo y es pequeña, mide de uno a tres milímetros de longitud y es de color oscuro.

Cuando la semilla va a ser utilizada para resiembras se recomienda que las colectas se realicen antes del pastoreo, debido a que puede ser consumida por los animales, o diseminada en el suelo, lo que ocasionara mas problemas al momento de la cosecha lo cual reduce las posibilidades de reproducción y propagación de la especie por medio de semilla.

El período de cosecha puede extenderse por algún tiempo, considerando que no todas las semillas de las plantas maduran al mismo tiempo. Sin embargo, la mayoría de los investigadores indican que la mejor época de colecta esta comprendida entre los meses de Octubre a Abril.

Generalmente las plantas empiezan a producir semilla normalmente de los dos a los cuatro años de edad, sin embargo, es común encontrar plantas que producen semillas desde su primer año de vida.

En condiciones normales, solo la mitad de las semillas son

esperadas para contener embriones, aun cuando el llenado de las semillas varíe de acuerdo al lugar y el año de recolección.

La recolección se hace manualmente. Aparentemente las semillas sufren una madurez posterior que parece ser esencial, completa dentro de los 10 meses siguientes a la recolección en otoño.

5.1.5. CICLO VEGETATIVO

Ibarra et-al (1979) y Springfield (1970) citado por Martínez y Villanueva (1975), dicen que la costilla de vaca es una planta con hábito de crecimiento arbustivo, perenne. El período de crecimiento activo de la planta esta comprendido generalmente del mes de Mayo al mes de Noviembre; dentro de la planta se lleva a cabo la floración entre Junio y Agosto, la formación del fruto entre Agosto y Septiembre y la madurez de la semilla entre Octubre y Noviembre. El período de mas baja actividad fisiológica en la planta esta comprendido de Enero a Mayo, etapa en que la planta reduce el nivel de funcionamiento, y únicamente completa los elementos necesarios para su respiración y mantenimiento extrayendolos de las reservas de las raíces que ella misma almacena durante el verano, para utilizarlos posteriormente en épocas críticas.

El ciclo vegetativo de las plantas generalmente varía, por lo que pueden presentarse ciclos mas cortos o mas largos, dependiendo básicamente de las condiciones ambientales en que se desarrollen.

5.1.6. TIPOS DE REPRODUCCION

Ibarra et-al (1979), Martínez y Villanueva (1985); comentan que la costilla de vaca tiene la facilidad de reproducirse tanto por medios sexuales como vegetativamente. En la reproducción sexual, la fecundación de la planta se efectúa cuando se unen los gametos masculinos y femeninos. La polinización juega un papel muy importante en la reproducción de la planta, ya que de eso depende la cantidad de semilla producida.

La fecundación puede ser directa o cruzada, directa cuando intervienen gametos masculinos y femeninos originarios de una misma planta y cruzada cuando intervienen gametos provenientes de plantas diferentes, y puede ser ocasionada por el viento o por insectos.

Woodmansee y Potter (1970) citado por Ibarra et-al (1979), mencionan que la reproducción vegetativa es mucho mas eficiente y segura que la reproducción sexual. En estudios realizados en

Albuquerque, Nuevo México; encaminados a observar la reproducción vegetativa del chamizo, se ha encontrado que este tipo de reproducción por medio de rebrotes de las raíces es muy importante para la propagación de esta planta.

De la observación del origen de 100 plantas jóvenes encontradas en suelos aluviales, se determinó que el 77% provenían de rebrotes de raíces, localizándose en una distancia de 120 a 240 cm. de la planta principal. En otra observación en un sitio diferente, en un suelo migajón arenoso se examinaron 50 plantas de las cuáles el 96% se observó que provenían también de raíces de otras plantas, encontrándose a la misma distancia de los rebrotes a la planta principal que en el primer estudio.

5.1.7. GERMINACION

Uno de los principales problemas que se presentan en el establecimiento del Atriplex canescens se ha atribuido a la baja germinación que presenta la semilla.

Amen (1963) citado por Leighton (1972), así como Springfield (1964) citados por Ibarra et-al (1979); han realizado trabajos sobre una serie de factores que atribuyen la baja germinación de las semillas, e indican que la dormancia de

Las mismas pueden ser ocasionadas por embriones rudimentarios o fisiológicamente inmaduros, cubierta de la semilla impermeable, el tamaño de la semilla y cubierta de la semilla muy compacta o resistente; mencionan a la vez, que las semillas que presentan mayor dormancia son las que tienen el pericarpio más grueso y compacto.

Otros investigadores como Beadle (1952), Twitchel (1955), Nord y Van Atta (1960); Leighton (1972) citados por Ibarra et-al (1979) han encontrado que los frutos tienen una serie de inhibidores de la germinación entre los que mencionan saponinas, sodios, cloruros y otras sustancias que intervienen disminuyendo la viabilidad de las semillas.

Nord y Van Atta (1960) citado por Ibarra et-al (1979), realizaron pruebas de germinación en las que evaluaron los efectos de la presencia de saponinas y dijeron que con el 1 al 5% de la solución de saponinas inhiben la germinación de la costilla de vaca. También comentan que con remojar las semillas en agua reduce la cantidad de saponinas presentes en las brácteas de éstas.

Según Beadle (1952) citado por Ibarra et-al (1979), menciona que el cloruro presente en los frutos actúa inhibiendo la germinación e indica que es muy probable que el cloruro sea

utilizado como medio de defensa por la semilla, sirviéndole como protección para un desarrollo falso ó incierto, en el período en que las condiciones ambientales son desfavorables para su germinación.

De acuerdo con Willson (1928) citado por Ibarra et-al (1979), dicen que no todos los frutos tienen el mismo poder germinativo en la misma época, aunque las condiciones de temperatura y humedad sean favorables para una germinación uniforme.

Nord y Witacre (1957) citado por Ibarra et-al (1979), comentan que uno de los factores que afectan mas fuertemente la germinación era el tamaño de la semilla y realizaron algunos trabajos y concluyeron que había mas germinación en semilla de menor tamaño que en comparación con las semillas grandes.

U.S. Forest Service (1948) citado por Ibarra et-al (1979), reportan un promedio de germinación de alrededor del 18% en semillas colectadas en diferentes regiones del sureste de E.U.

Vines (1960) y Springfield (1964) citados por Ibarra et-al (1979), mencionan que la germinación de la semilla fluctúa entre un 30 y 60%.

Hervey (1955) citado por Ibarra et-al (1979), reportan un 17% de germinación en semillas cribadas y un 20% en semillas con embrión.

De la Cruz y Zapién (1974) citados por Ibarra et-al (1979), indican una variación en la germinación entre un 40 y 60%.

En los últimos años, se han realizado una serie de trabajos encaminados a observar el efecto de la aplicación de tratamientos mecánicos y químicos a la semilla con el fin de encontrar un método confiable que aumente el porcentaje de germinación.

Según Barton (1960) citado por Ibarra et-al (1979), indican que cuando la cubierta de la semilla es compacta e impermeable, el agua encuentra obstáculo para penetrar en el pericarpio, este no logrará el empapamiento, por lo que no habrá intercambio gaseoso necesario para los procesos metabólicos internos y por lo tanto no habrá germinación.

De acuerdo con Twitchell (1955) citado por Ibarra et-al (1979), comenta que remojando en agua durante varias horas, disminuía el cloro presente en el pericarpio de la semilla hasta un 90%. Las mas altas germinaciones las obtuvo remojando

las semillas durante 20 horas y las mas bajas cuando las remojo menos de 2 horas, y que secándolas después del remojo en diferentes períodos de tiempo tiene poco o nulo efecto en el resultado de la germinación.

Se ha encontrado que la escarificación de la semilla aumenta considerablemente la germinación.

Nord y Whitacre (1957) citado por Ibarra et-al (1979), reportan un alto índice de germinación cuando la semilla se escarificó con papel lija.

Nord y Van Atta (1960) citado por Ibarra et-al (1979), dicen que una escarificación fuerte aumenta la germinación, que la escarificación moderna.

De acuerdo con Springfield (1964) citado por Ibarra et-al (1979), dice que el corte de las alas del utrículo de la costilla de vaca no aumenta la germinación, pero si la acelera. Reporta también que el remojo de la semilla en agua durante ocho horas, no aumentó la germinación o sea, lo contrario que reportó Twitchell, (1955).

U.S. Forest Service (1948), Vines (1960), Pollock y Toole (1961), Macom (1971), citados por Ibarra et-al (1979); han

desarrollado trabajos con el objeto de evaluar el efecto que produce el diferente tiempo de almacenamiento de la semilla, encontraron que requieren de cierto período de almacenamiento en un lugar seco para completar la madurez fisiológica de la misma, y por consiguiente aumentar el porcentaje de germinación.

El poder germinativo de la semilla se ha incrementado a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento.

Según Springfield (1970) citado por Ibarra et-al (1979), logró los mejores resultados de germinación cuando la semilla había sido almacenada durante 24 meses y concluye que la semilla puede ser almacenada hasta por cinco o seis años a temperatura ambiente sin perder viabilidad. También comenta que en el año de 1968 las semillas guardadas en refrigeración (de 3.3 - 5.5°C) durante cuatro años, no presentaban mejor germinación que las almacenadas a temperatura ambiente durante el mismo período, y concluye que las semillas de chamizo no necesitan de condiciones especiales para aumentar la viabilidad.

Beadle (1952) citado por Ibarra et-al (1979), comenta que trabajos realizados en Australia en cinco especies de Atriplex indican que la temperatura óptima para el

establecimiento varía de 15-26°C.

Sin embargo, Wilson (1928) citado por Ibarra et-al (1979), realizó trabajos de germinación en semillas recolectadas de diferentes regiones en el suroeste de E.U. y encontró que a temperatura óptima de germinación fluctúa entre los 20 y 30°C.

Según Springfield (1964) citado por Ibarra et-al (1979), obtuvo mayor índice de germinación a temperaturas bajas de 5.5 a 14.5°C en comparación con las temperaturas altas de 23 a 26°C, en estudios efectuados en Nuevo México en el año de 1966 y 1969; indican que los cambios de temperaturas influyen directamente en la germinación. Encontró que la temperatura óptima de germinación varía de 12.8 a 23.9°C.

5.1.8. HABITAT

Según U.S. Forest Service (1937 y 1948), Vines (1960) citados por Ibarra et-al (1979); dicen que generalmente crece sola o en pequeños grupos dispersos formando manchones, combinada con hierbas, arbustos, zacates y muy rara vez aparece formando poblaciones puras.

U.S. Service (1937), citado por Ibarra et-al (1979); Martínez y Villanueva (1985), comentan que es muy común

encontrar el Atriplex canescens asociada con plantas tolerantes a la sequía en donde la precipitación media anual fluctúa alrededor de los 250 mm o menos. Se le ha encontrado en lugares muy elevados hasta 2,500 msnm, mientras que en el desierto de Mojave se han reportado asociaciones de plantas por abajo del nivel del mar.

Es común encontrarlas desde tierras altas con vegetación herbácea, en partes altas de montañas y faldas de colinas hasta en los desiertos de arena, agostaderos desérticos, llanuras salinas o alcalinas, bajíos y depresiones donde puede acumularse suficiente humedad proporcionada por agua de lluvia.

Frecuentemente se le encuentra asociada con las gramíneas de los géneros Sporobolus, Scleropogon, Distichlis, Aristida, Muhlenbergia, Digitaria, Setaria, Bouteloua, Chloris, Hilaria y Spartina; y con algunas otras especies de Atriplex como A. confertifolia, A. linearis, A. acanthocarpa, A. obovata, A. gardneri y A. matamorensis; así como con Artemisa tridentata. En algunos desiertos se le ha encontrado asociada con gobernadora (Larrea tridentata), mezquite (Prosopis juliflora), chaparro prieto (Acacia greggii), hojansen (Prosopis julicernua), mariola (Parthenium incanum), hierba del burro (Allenrolfea occidentalis), saladillo (Suaeda mexicana), saladilla (Suaeda nigra), hierba amargosa (Himenoxyis odorata),

junco (Koeberlinia spinosa) y *Frankenia gypsophyla*, *Polygala macradenia*, *Klotzchiana* y algunas especies de *opuntia* spp.

Según Marroquín et-al (1964), COTECOCA-SAG (1969), citados por Ibarra et-al (1979), comentan que es una planta que se le ha considerado deseable en los siguientes tipos vegetativos: Pastizal halófito, pastizal halófito arbosufructéense, matorral micrófilo, matorral micrófilo subinerme, matorral de medanos, matorral micrófilo crasicaulescente subinerme, matorral crasicaulescente y matorral arborescente.

Holmgren y Hutchings (1971) citados por Ibarra et-al (1979); mencionan que la adaptabilidad del chamizo se ve incrementada cuando se ve rodeada de asociaciones deseables de plantas como *Furotia lanata* y *Artemisa nova*.

En comunidades de chamizo los primeros signos de deterioro se manifiestan con la presencia de una gradual reducción en cuanto a número de individuos, vigor y cobertura de las plantas, posteriormente decrece la estabilidad del suelo, incrementándose la presencia de hierbas y pastos anuales en corto tiempo. Si la degradación sigue avanzando, la cubierta vegetal sigue disminuyendo, ocasionando por consecuencia diferentes grados de erosión, hasta la pérdida total del suelo.

5.1.9. DISTRIBUCION

Martínez y Villanueva (1985), comentan que el género Atriplex es uno de los mas ampliamente distribuidos, no solamente en el norte de México, Oeste y Suroeste de los E.U. sino también en las regiones áridas de países como Australia, Africa, Irán, Israel y Chile entre otros.

En el norte de México se encuentra desde Baja California, Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí.

5.1.10. CONDICIONES EDAFICAS

U.S. Forest Service (1937), Gay y Dwyer (1970), Patrow y Janish (1970) citados por Ibarra et-al (1979), comentan que se adapta a una gran diversidad de suelos, siendo común encontrarla en suelos arenosos, limo arenosos, areno arcillosos con algo de profundidad, areno grabosos, arcillosos, franco arcillosos, salinos, altamente alcalinos y calcáreos.

Según U.S. Forest Service (1937) citado por Ibarra et-al (1979); dice que ha observado que el chamizo es muy tolerante a la salinidad, pero de ninguna manera la planta queda restringida a establecerse en suelos únicamente salinos, tiene

además capacidad de crecer en áreas fuertemente impregnadas de álcali blanco o "salitre", aunque no por eso es indicador de éste.

Schmuts et-al (1968) citado por Ibarra et-al (1979); comenta que el Atriplex esta catalogada dentro del grupo de plantas capaces de absorber selenio en forma secundaria, ya que se ha visto que acumula este elemento en suelos donde se encuentra presente.

5.1.11. METODOS DE SIEMBRA

Comenta Ibarra et-al (1979), que los métodos de siembra para la propagación de la costilla de vaca son mediante siembra directa y trasplante. La siembra directa consiste en la diseminación artificial de semilla directamente en el área que se desea sembrar, y se efectúa sobre una cama de siembra preparada adecuadamente, por lo general antes del período de lluvias.

La siembra por medio de trasplante consiste en sembrar en viveros las plantas mediante siembra directa en una cama de siembra donde se les da todo el cuidado posible, luego se les trasplanta en bolsas de polietileno con el fin de conservar mas la humedad y se les sigue regando hasta que las plantas

completan de 16-20 semanas de edad, tiempo suficiente para trasplantarse directamente en el campo a una profundidad aproximada de 10 cm. Generalmente se procura que la siembra en el invernadero se realice durante los meses de invierno para que estén preparadas para el trasplante en primavera verano, poco antes de la aparición de las primeras lluvias. Las plantas pueden ser trasplantadas en el campo directamente, aunque no se les haya trasplantado anteriormente en bolsas de polietileno, únicamente que se aumenta el riesgo de tener fallas en el establecimiento causadas por la falta de humedad en el caso de que las lluvias esperadas se retrasen.

En los últimos años, el Atriplex canescens se ha sembrado con mucho ahínco en el suroeste de E.U. . Algunas siembras han tenido éxito pero en su gran mayoría se han reportado fracasos; las fallas son atribuidas a altas y bajas temperaturas, humedad insuficiente, época de siembra y profundidad inadecuada, semilla con pobre condición de crecimiento, semilla en estado inmaduro, ataque por lagomorfos, roedores y pastoreo permanente. Las experiencias indican que la siembra profunda puede ser causa de estas fallas.

Springfield (1964) citado por Ibarra et-al (1979); probaron diferentes profundidades de siembra 12, 25, 37 y 50 mm, en todos los tipos de suelos arenosos, se encontró que la

textura del suelo influía gradualmente, no así la profundidad, 12 mm fue significativamente mayor en cuanto al porcentaje de emergencia, disminuyendo progresivamente a medida que aumentaba la profundidad. Se recomienda una profundidad de siembra de 25 mm para un mejor aprovechamiento de la humedad en los suelos arenosos.

Nemati (1974) citado por Ibarra et-al (1979); dice que en el desierto de Irán, existen grandes extensiones con escasa vegetación y una de las alternativas para la rehabilitación de dichas áreas se puede lograr mediante el establecimiento de plantas arbustivas forrajeras. Y realizó trabajos con la intención de probar la capacidad de establecimiento de diferentes especies de *Atriplex* mediante trasplante, el *A. canescens* es la planta que ha mostrado el mejor comportamiento.

Vines (1960), Springfield (1964), citados por Ibarra et-al (1979); comentan que la semilla de la planta es abundante, tiene un promedio de 47,000 semillas por kilogramo con cerca de 85% de pureza y un 50% de vigor y puede ser sembrada durante cualquier época del año en suelos arenosos a una profundidad de tres milímetros e indica que no es necesario sembrar la semilla en invernadero cuando se dispone de suficiente humedad.

Foiles (1974) citado por Ibarra et-al (1979); dice que las

densidades de semilla que se han recomendado para la siembra, varían de 4.5 a 9 kilogramos de S.P.V. por hectárea cuando se utiliza semilla escarificada y de 9 a 17 kg. de S.P.V. por hectárea cuando se utiliza semilla natural.

Wilson (1928), De la Cruz y Zapién (1974) citados por Ibarra et-al (1979); han desarrollado trabajos de siembra en diferentes épocas de siembra y en diferentes épocas del año y han encontrado que las mejores poblaciones las han logrado cuando se realizan de otoño a invierno.

Plumet et-al (1966) citado por Ibarra et-al (1979); reporta que las plantas pueden ser trasplantadas con facilidad al principio de la primavera.

Alson (1972), Van Epps (1975) citados por Ibarra et-al (1979); coinciden que la mayoría de los casos para obtener mejores resultados en la siembra es necesario utilizar semilla nativa u originaria de los sitios similares o adyacentes que tengan un medio ambiente parecido al área donde se va a realizar la siembra.

Cassady (1937), Anderson et-al (1953), Duley (1952), Abernathy y Herbel (1973), Herbel et-al (1973) citados por Ibarra et-al (1979); concuerdan que el establecimiento de las

BIOTIPIA PRODUCTO DE ASISTENCIA

plantas es beneficiado cuando se distribuyen sobre la siembra residuos de cosecha, arbustos muertos y otros compuestos orgánicos, ya que ayuda a conservar por mas tiempo la humedad en el suelo, que tan fácilmente se pierde debido a los frecuentes vientos secos y a las altas temperaturas que predominan durante el día. Además crea un microambiente favorable para el mejor establecimiento de las plántulas y protege a los mismos cuando las temperaturas por las noches son muy bajas.

5.2. ORIGEN DE LAS SALES EN LOS SUELOS

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), mencionan que los suelos salinos son los que contienen concentraciones excesivas de sales solubles, sodio intercambiable o ambos.

Según Pizarro (1978), las sales presentes en los suelos salinos proceden de la meteorización de los minerales y rocas que constituyen la corteza terrestre, la cual tiene una composición media que se puede ver en la tabla No. 1 del apéndice.

De los elementos que participan en las sales de los suelos salinos son: Ca, Mg, Na, K, Cl, S, C, y con menor frecuencia N,

B e I.

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), Kearney y Scofield (1936), dicen que la mayor parte de las sales disueltas que causan perjuicios a los cultivos de las regiones áridas, provienen de los materiales rocosos de la corteza terrestre que afloran, de los cuales son liberados durante el intemperismo y descomposición que intervienen en la formación de los suelos. Las mismas clases de rocas y los mismos procesos de intemperización se presentan tanto en climas húmedos como en los áridos. En los climas húmedos la mayor parte de los productos solubles de la formación del suelo son lixiviados por el agua de lluvia y transportados finalmente a los océanos. En las regiones áridas, sin embargo, aún cuando la lluvia puede ser adecuada para la lixiviación local, las sales no son arrastradas con frecuencia muy lejos y pueden acumularse en los lugares bajos donde el agua se colecta y evapora.

En cada una de las sales simples ordinarias hay dos elementos o iones, uno de los cuales es básico, el catión y el otro ácido, el anión.

Pizarro (1978); menciona que los cloruros, nitratos, sulfatos y carbonatos de iones alcalinos y alcalinoterreos, son las sales que con mas facilidad han de formarse como

consecuencia de la meteorización de la corteza terrestre. En cambio, la precipitación ocurre en orden inverso. Por esa razón el ClNa , permanece mas tiempo en las soluciones.

Polinov y Kovda clasifican los elementos en cinco categorías según su capacidad de emigración (ver tabla 2 del apéndice).

Los elementos de las categorías 4 y 5 son los que forman parte de las sales que salinizan el suelo: ClNa , SO_4Na_2 , Cl_2Mg , SO_4Mg , SO_4Ca , CO_3Na_2 , CO_3HNa , CO_3Mg . Estas sales se acumulan en las depresiones o son conducidas al mar.

Inicialmente en el mar predominaba ClNH_4 , pero las aportaciones de sales de Na, K, Ca y Mg han ocasionado la formación de los correspondientes cloruros. Las sales de amonio se han ido descomponiendo, liberando N_2 gaseoso que pasa a la atmósfera.

El personal de laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), menciona que al discutir estos problemas de suelos, es conveniente usar términos que se refieran específicamente a las dos causas principales del problema. "Suelo Salino" es aquel que contiene sales solubles en tal cantidad que alteran desfavorablemente su productividad. De igual manera los "Suelos

Sódicos" pueden clasificarse en términos del efecto del sodio intercambiable en su productividad. Según esto, los suelos alcalinos pueden o no contener un exceso de sales solubles.

Según De Sigmond (1938) citado por el personal del laboratorio de los E.U.A. (1973), denominan "Suelos Salino-Sódicos" aquellos que contienen un exceso de sales solubles, así como de sodio intercambiable.

Scofield citado por el personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), considera que un suelo salino si la solución es extraída de una pasta saturada del suelo tiene una conductividad eléctrica de 4 mmhos/cm ó mayor.

5.3. SALINIZACION DE LOS SUELOS

Ortíz (1955), Pizarro (1978); comentan que las aguas cargadas de sales procedentes de la meteorización de la corteza terrestre se acumulan en las depresiones, ya sea subterráneamente constituyendo mantos freáticos salinos o bien superficialmente dando lugar a charcas, lagunas, lagos, etc.. Esto se ve facilitado por el hecho de que con frecuencia las depresiones tienen mal drenaje natural por sus condiciones topográficas y por que en las áreas bajas suelen acumularse arcillas arrastradas por el agua de escorrentía.

Pizarro (1978), Ortiz (1984); la mineralización progresiva de las aguas salinas depende de factores climáticos e hidrogeológicos. Los lavados con agua de lluvia eliminan sales de la zona. La evaporación y transpiración consumen grandes cantidades de agua, pero no afectan prácticamente a las sales disueltas, por lo que aumentan la concentración salina de las aguas. En áreas donde predominan los factores salinizantes (evaporación y transpiración) frente a los de lavado, las aguas freáticas irán paulatinamente mineralizándose. Por esta razón la mayor parte de las áreas salinas están situadas en regiones de clima árido.

Fitz Patrick (1984), dice que las sales solubles solo se encuentran en proporciones significativas en suelos de zonas áridas y semiáridas, en las cuales se acumulan debido a que la precipitación anual es insuficiente para lixiviar las sales de los suelos, debido a que las aguas freáticas están a poca profundidad y se jala humedad a la superficie llevando con ella sales disueltas que se quedan en esos sitios al evaporarse la humedad.

Ortiz (1955), Pizarro (1978); mencionan que cuando las sales freáticas salinizadas se encuentran próximas a la superficie del terreno (menos de tres metros), este puede salinizarse como consecuencia del aporte capilar de sales

procedentes del agua freática, que se acumulan en los horizontes superiores y van dejando el suelo cada vez mas cargado de estas sales, cuyos cationes saturan la arcilla, formándose el complejo coloidal sodio-suelo.

Pizarro (1978), las sales así acumuladas pueden permanecer en la solución del suelo, en cuyo caso su principal efecto es dificultar el desarrollo de los cultivos. Otras veces, cuando el contenido de Na es elevado en relación con los demás cationes este elemento puede ser adsorbido por el complejo de cambio en cantidades excesivas. En este caso las partículas arcillosas pueden dispersarse, el suelo pierde su estructura, se hace impermeable, etc.

El personal del laboratorio de los E.U.A. (1978), comentan que la baja permeabilidad del suelo es causa del mal drenaje, impidiendo el movimiento descendente del agua. La baja permeabilidad puede deberse a textura o estructura desfavorable o a la presencia de capas endurecidas que pueden estar constituidas por arcillas compactas, por caliche o una capa sílica dura.

Pizarro (1978), menciona que la naturaleza de las sales acumuladas depende del origen de las aguas. En áreas continentales suelen predominar los carbohidratos, sulfatos y

cloruros. En las llanuras costeras, las sales predominantes son ClNa. En los deltas se acumulan aguas continentales y marinas.

A veces el carbonato sódico se forma en el propio sitio, a partir del CO₂ de la atmósfera del suelo y del Na contenido en éste.

5.4. SOLUBILIDAD DE LAS SALES

Según Pizarro (1978), esta propiedad es muy importante porque mientras mayor es la concentración salina de la solución del suelo, mayor es su efecto perjudicial sobre los cultivos. Las sales más nocivas son las que tienen elevada solubilidad, ya que dan lugar a soluciones salinas muy concentradas; en cambio las poco solubles precipitan antes de alcanzar los niveles perjudiciales.

En general la solubilidad disminuye cuando lo hace la temperatura. Es importante conocer este hecho pues afecta a los lavados, que pierden efectividad en épocas frías.

En soluciones complejas, en general la presencia de sales con iones comunes disminuye la solubilidad de las sales. En cambio, cuando los iones son diferentes suele aumentar el nivel de solubilidad de la sal menos soluble.

Kearney y Scofield (1936), dicen que en las regiones húmedas el agua de la solución del suelo es proporcionada por la lluvia, la cual contiene muy pocos materiales disueltos. En las regiones áridas donde la solución del suelo tiene que ser proporcionada por el agua agregada en los riegos, ésta siempre contiene cantidades apreciables de sales disueltas y algunas veces éstas cantidades son grandes.

Consecuentemente la solución del suelo de las tierras irrigadas es característicamente mas salina que la de las tierras de cultivo no irrigadas.

Los elementos de las sales agregadas a la solución del suelo con cada aplicación de agua de riego tienden a aumentar la concentración de la misma porque algo de esa agua es eliminada directamente por evaporación y también porque las plantas absorben el agua de la solución sin absorber en cantidades correspondientes los elementos de las sales disueltas. Consecuentemente el efecto de ambas, evaporación directa y absorción de las plantas, deja la solución del suelo mas concentrada a medida que su volúmen decrece. Hay dos procesos que tienden a retardar el grado de concentración de la solución del suelo en la zona de las raíces.

Uno de estos consiste en la precipitación natural de las

sales de la solución cuando las concentraciones de sus dos radicales llegan a su límite de solubilidad. En esta forma cuando las concentraciones de Calcio y Sulfato llegan al límite de solubilidad de esta sal (que para el sulfato de calcio CaSO_4 , es aproximadamente el 0.2%), la misma se precipita de la solución y queda formando parte del suelo. El otro proceso consiste en el desplazamiento natural de la solución del suelo de la zona de raíces, lo cual ocurre cuando la cantidad de agua agregada al suelo por medio de riegos o lluvias excede la capacidad de humedad retentiva del suelo. Este proceso es conocido como lixiviación.

5.5. SALES MAS IMPORTANTES EN EL SUELO Y AGUA

Según Pizarro (1978), las tres sales mas importantes en relación con los suelos salinos son:

- * Sulfato de Magnesio
- * Sulfato de Sodio
- * Cloruro de Sodio

y le siguen en importancia:

- * Carbonato de Sodio
- * Cloruro de Magnesio

5.6. EFECTOS DE LA SALINIDAD SOBRE EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS Y CONDICIONES DEL SUELO

Kearney y Scofield (1936), comentan que los efectos de las sustancias disueltas en la solución del suelo se manifiestan de dos maneras: una es directamente sobre las plantas y la otra es sobre las condiciones físicas del suelo con efectos subsecuentes e indirectos sobre las plantas.

5.6.1. EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Pizarro (1978), dice que las sales disueltas en la solución del suelo afectan a las plantas a través de dos mecanismos diferentes: mediante un aumento de la presión osmótica y por su efecto tóxico.

Kearney y Scofield (1936), el personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), Pizarro (1978); dice que a medida que aumenta la concentración salina de la solución del suelo, aumenta su presión osmótica y llega un momento en que las raíces de las plantas no tienen la fuerza de succión necesaria para contrarrestar esa presión osmótica y, en consecuencia, no absorben el agua del suelo. Tanto es así que el carácter del Halofitismo (tolerancia a habitats salinos) se

debe a adaptaciones morfológicas o fisiológicas de las plantas que les permiten absorber agua de soluciones de elevada presión osmótica.

Pizarro (1978), cita que el otro mecanismo por el que las sales afectan al desarrollo de las plantas es la toxicidad. Esta cuestión ha sido muy estudiada pero no suficientemente esclarecida. Parece que la toxicidad de las sales no es debida al efecto directo de sus iones, sino que estos inducen alteraciones en el metabolismo, ocasionando la acumulación de productos tóxicos.

Muchas plantas cultivadas en medios salinos, alteran su metabolismo acumulando aminoácidos libres, algunos de los cuales tienen efectos tóxicos. Así ocurre, por ejemplo, con la leucina, alanina y tiroxina, que se acumulan en el tabaco y el maíz y perjudican el desarrollo de los tallos.

Parece que el efecto tóxico es mas importante que el de la dificultad de absorción de agua cuando la salinidad no es excesiva. En suelos muy salinos en cambio, la elevada presión osmótica es el factor principal.

Según Strognov citado por Pizarro (1978); dice que los efectos sobre las plantas depende del tipo de sales presentes,

como lo demostró en el caso del cultivo del algodón. Según el predominio de Sulfatos o Cloruros en la solución del suelo los efectos sobre una serie de características (altura, peso, producción, absorción de agua, etc.) son diferentes.

Kearney y Scofield (1936), comenta que es probable que el comportamiento de la vegetación no sea siempre igual para todas las sales solubles comunes. Es decir, que dos plantas pueden diferir grandemente en su tolerancia a un compuesto y muy poco en relación con otro. No se tiene mucha información disponible en relación con los efectos que ejercen sobre la vegetación las reacciones de los diversos compuestos entre sí, ya que el efecto de uno es influenciado por la presencia o concentración de otro. Se sabe además que una concentración dada a un compuesto puede ocasionar daños muy diferentes en las diversas etapas de desarrollo de las plantas. En general, estas pueden sufrir mayores perjuicios durante la germinación que en las etapas sucesivas de su desarrollo.

Pizarro (1978), dice que, el estudio riguroso de la tolerancia de las plantas a la salinidad debería considerar no solamente las cantidades totales de sales, sino también su composición, fase de la planta, tipo de suelo, estado de humedad, etc.. Aunque se han realizado numerosos experimentos, no se dispone de unos resultados sistemáticos completos. Por

tanto, en lo que sigue, vamos a seleccionar las informaciones mas útiles desde el punto de vista de ingeniero que ha de explotar o recuperar suelos salinos.

En la tabla 3 del apéndice se puede observar los valores de conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en relación con sus efectos sobre los cultivos.

5.6.2. EFECTOS DE LA SALINIDAD SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS.

5.6.2.1. ESTRUCTURA

Según Pizarro (1978), el efecto principal de la salinidad sobre los suelos consiste en su acción sobre la estructura. Esta propiedad depende de la floculación de los coloides y de la cementación de los mismos formando agregados. Por esta razón, los efectos son tanto mas pronunciados cuando mayor es el contenido de coloides, es decir, cuanto mas arcilloso es el suelo.

Las fuerzas de atracción entre las partículas arcillosas depende mucho de la naturaleza de los cationes adsorvidos. Los cationes divalentes y trivalentes dan lugar a agregados mayores y, en consecuencia, a una mejor estructura. En los

suelos normales, el calcio es con mucho el catión mas abundante en el complejo de cambio y los suelos mantienen su estructura.

En cambio, cuando el contenido de sodio adsorvido aumenta, las fuerzas de atracción disminuyen mucho y las arcillas tienden a dispersarse, perdiendo su estructura. En estos casos, cuando la solución del suelo esta muy salinizada con abundante Na^+ , las partículas arcillosas se mantienen floculadas. Pero si la solución del suelo se diluye y su salinidad desciende, desaparece la acción floculante: los coloides se dispersan, las partículas mas finas son lavadas, acumulándose en el horizonte B; la estructura se deteriora y la porosidad se reduce, disminuyendo la permeabilidad del suelo, que se hace asfixiante.

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), indican que la relación de permeabilidad al aire y al agua aumenta notablemente a medida que en el suelo aumenta el contenido de sodio intercambiable, indicando esto que el sodio intercambiable disminuyo la estabilidad de la estructura del suelo al agua.

Un aspecto importante de la estructura del suelo es la disposición de las partículas de este en migajones o agregados mas o menos estables al agua. Los suelos sódicos casi siempre

tienen una estructura densa, en bloques y de un solo grano; son duros para laborarse cuando secos y poseen una baja conductividad hidráulica cuando mojados. Todo esto se debe a que los agregados y poros no son estables. Los agregados se desmoronan con el agua y los poros se llenan de partículas finas.

Los suelos que tienen baja permeabilidad estructural, se dispersan y desmoronan cuando son mojados por la lluvia o el agua de riego y pueden formar una costra dura cuando la superficie se seca. Los suelos sódicos son un problema ya que forman una costra dura y representan un serio impedimento para la emergencia de las plántulas recién nacidas y en ciertos cultivos es la causa principal de que se obtengan una pobre población de plantas. Los factores que intervienen en la formación de la costra dura superficial son: alto contenido de sodio intercambiable, baja proporción de materia orgánica, batimiento y humedecimiento del suelo a cero tensión debido a la lluvia o riego.

Dhawan et-al (1953), Pizarro (1978); comentan que cuando los suelos contienen carbonato sódico, aumenta mucho la solubilidad de la materia orgánica que forma alcalihumatos dispersos de color negro, que por capilaridad se acumulan en la superficie. Esto adquiere un color negro característico de

donde proviene el nombre de álcali negro.

Según Pizarro (1978), dice que en estos suelos la montmorillonita es casi siempre la arcilla predominante, lo que ocasiona:

- 1.- Elevada T, del orden de 45 meq/100 gr.
- 2.- Suelo resbaladizo cuando esta húmedo. Cuando se seca, aparecen grietas profundas.
- 3.- Estructura prismoidocolumnar, con tendencia a formar hexaedros.

5.6.2.2. pH

Pizarro (1978), en general, para reducidas concentraciones de sal, el pH de las aguas freáticas pueden ser elevados, pero a medida que aumenta la salinidad, decrece el pH. Para salinidades de mas de 50 mmhos/cm, las aguas suelen ser neutras.

Fireman y Wadleigh (1951), citados por el personal del ; laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), y Pizarro (1978), estudiaron la relación entre el pH y PSI. Los resultados de este estudio se resumen en la tabla 4 del apéndice.

5.7. TIPOS DE SUELOS SALINOS

5.7.1. SOLONCHAKS (Suelos salinos)

Gedroiz (1917), citado por Alvarez (1960), ha fijado las bases de la escuela Rusa y adoptó por primera vez los términos Solonetz, Solonchaks y Solod para diferenciar los diferentes tipos de suelos salinos.

Vilensky (1928), citado por Alvarez (1960), estableció una clasificación de suelos salinos basado en el material de formación de suelos, su condición salina y los elementos de clima bajo los cuales se había formado.

La FAO-UNESCO (1985), considera que la salinización de un suelo puede ser presente o potencial y que conviene tener en cuenta que el efecto de salinidad varía grandemente según el tipo de sales presentes, la permeabilidad del suelo, las condiciones climáticas y la clase de cultivo a que se dedica el suelo.

Pizarro (1978) y el personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), definen a los suelos salinos como los que contienen en la zona radicular una cantidad de sales disueltas en la solución del suelo (elevada C_{Es}) suficientemente alta

para restringir el desarrollo de los cultivos. La reacción de estos suelos va de neutra a ligeramente alcalina. El pH puede variar entre siete y menor de ocho y medio. El PSI se mantiene por debajo de siete por lo que la estructura no se ve afectada.

Durante mucho tiempo se ha aceptado como límite de CEe para definir si un suelo es salino o no, el valor de CEe=4 mmhos/cm.

La FAO-UNESCO (1985), indica que un suelo es salino si alguno de los horizontes situados en los 100 cm de la superficie muestra valores de CEe superiores a 4 mmhos/cm.

Pizarro (1978), dice que de acuerdo con esto, se considera no salino todo suelo de CEe = < 4 mmhos/cm. Sin embargo un suelo con CEe = 3 mmhos/cm puede ocasionar pérdidas de producción importantes en varios cultivos; por ejemplo, la lechuga y el pimiento, perdían un 25%. Por esta razón, adopta como límite el valor de CEe = 2 mmhos/cm.

Pizarro (1978), Ortiz (1984); comentan que atendiendo a los efectos sobre las producciones de los cultivos, los suelos salinos se pueden clasificar en la forma indicada en la tabla 5 del apéndice.

Alvarez (1960), describe a los suelos salinos y sódicos mediante el esquema de clasificación (Gráfica 1 del apéndice) empleando como argumento la CEE y PSI en el suelo.

Ortiz (1955), Vicente (1985) y Fitz Patrick (1984); coinciden que los suelos se verifican principalmente en climas áridos, semi-áridos y semi-húmedos de latitudes medias y tropicales.

Ortiz (1955), dice que los suelos afectados son generalmente los formados por el proceso de calcificación como los Chernozem, Chestnut y Sierozem, cuyas características se conservan cuando la acumulación salina es pequeña, notándose solamente manchas de salitre distribuidas en el perfil.

Jiménez (1983), Fitz Patrick (1984), comentan que los suelos salinos se presentan en las zonas planas o de depresiones y donde se desarrollan a menudo terrazas aluviales, lechos de lagos antiguos o cuencas rodeadas por montañas que arrojan grandes cantidades de agua durante los períodos húmedos, de tal manera, que están temporalmente encharcados. El agua de las montañas trae cantidades variables de sales que se quedan en el terreno cuando el agua se pierde por evaporación.

Delgado (1984), Fitz Patrick (1984), Vicente (1985); dan

a conocer que durante la estación seca el nivel freático, por lo general, esta a menos de tres metros de la superficie. En la estación de humedad sube el nivel de agua freática llegando a menudo hasta la superficie y ocasionando cierta reducción de hierro y la formación de un patrón de nomenclaturas en el medio anaeróbico.

La repetición anual de este ciclo de mojadura y secado conduce a que se efectúe una acumulación progresiva dentro de la zona de saturación permanente.

Al parecer la textura del suelo influye sobre la tasa de acumulación de sales. Los suelos de textura fina tienen una mayor retentividad y por lo tanto, retienen mas agua salina, que al evaporarse deja una cantidad mayor de sales, tambien tiene una permeabilidad menor, la cual disminuye a medida que aumenta el contenido de sodio.

Hilgard (1906), citado por Ortíz (1955), y el personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973); describe a los suelos "Alcali Blanco" a aquellos que en sus zonas ocurren afloroscencias de sales en depresiones someras aisladas, de color gris pálido. A medida que aumenta la salinidad las áreas aumentan y finalmente se unen para formar una costra de sal casi ininterrumpida.

Pizarro (1978), narra que estos suelos casi siempre se encuentran flocculados, debido a la presencia de un exceso de sales en la solución y al reducido PSI. En consecuencia, su permeabilidad es igual o mayor a la de los suelos similares.

Fitz Patrick (1984), dice que esta clase de suelos presentan los problemas mas difíciles de mejoramiento, debido principalmente a las dificultades que se encuentran para remover las sales.

Pizarro (1978), de acuerdo con el tipo de sales presentes que afectan a la recuperación de estos suelos, se clasifican en:

A: Suelos salinos con sodio, que contienen principalmente ClNa , (cloruro de sodio) y SO_4Na_2 (sulfato sódico).

B: Suelos salinos con Ca y Mg, que contienen principalmente: SO_4Mg (sulfato magnesico), Cl_2Mg (cloruro magnesico), Cl_2Ca (cloruro de calcio) y SO_4Ca (sulfato cálcico).

En la solución del suelo el Na rara vez presenta mas de la mitad de los cationes disueltos y por lo tanto, no es adsorvido

en forma importante. Los aniones principales son el Cloruro y Sulfato, y algunas veces, pequeñas cantidades de bicarbonatos, pero invariablemente los carbonatos solubles casi no se encuentran.

Fitz Patrick (1984), dice que para remover estas sales es necesario usar agua para removerlas pero en un medio árido ó semi-árido, por lo general hay escasez de agua o por la provisión disponible de ella tiene un contenido de sales tan elevado que las hace inapropiadas para la lixiviación.

5.7.2. SOLONETZ (Suelos Sódicos no Salinos)

La FAO-UNESCO (1985), dice que los suelos Solonetz son aquellos que contienen un horizonte B natrico y sin un cambio textural brusco.

Fitz Patrick (1984), cita que generalmente se acepta que los Solonetz se formaron por lixiviación progresiva de los Solonchaks, que son deficientes de calcio pero tienen una gran cantidad de iones de sodio. Ello conduce a la migración de arcilla de la posición superior a la media del suelo para formar el horizonte B natrico.

Es posible que los Solonetz se hayan formado por

lixiviación progresiva de los Solonchaks, al parecer muchos de ellos pueden formarse en donde se infiltran en ellos aguas ricas en sodio.

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), dice que cuando no se contenga yeso continuamente en los suelos o en agua de riego, el drenaje con el lavado de los suelos sódico-salinos conduce a la formación de suelos sódicos no salinos.

Ortiz (1955), estos suelos se caracterizan por contener arcillas sódicas que, en soluciones acuosas se hidrolizan, produciéndose hidróxido de sodio, que les imprime una reacción marcadamente alcalina.

Pizarro (1978), a definido que son suelos que contienen en la zona radicular suficiente sodio adsorvido por el complejo de cambio para desarrollar propiedades físicas y químicas desfavorables, restringiendo el normal crecimiento de las plantas. La reacción de estos suelos varía según el PSI y la presencia o ausencia de CO_3 ó CO_3H^- .

Ortiz (1955), el personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), Pizarro (1978), Fitz Patrick (1984); plantearon que los valores de pH por lo general varía entre 6

y 7.5 en la superficie, aumentando a mas de 8.5, llegando hasta 10 en el horizonte inferior. Cuando el pH se reduce cuando el PSI no excede considerablemente de 15, o si no se encuentran carbonatos alcalinotérreos. A estos suelos si se les aplica fenoftaleina dan el color rojo que es el indicador para el pH de 8.5.

Fitz Patrick (1984) cita que la capacidad de intercambio catiónico varía con la textura y mineralogía de la arcilla, pero frecuentemente está entre un 15 y 35% a excepción del horizonte B natrico predomina el sodio y magnesio, que juntos exceden al contenido de calcio e hidrógeno; alternativamente, el sodio ocupa cuando menos un 15% del complejo de intercambio. Con la profundidad, de nuevo el calcio puede volver a ser el principal catión intercambiable.

Gutierrez (1978), Pizarro (1978), Fitz Patrick (1984); han dicho que usualmente, los horizontes superiores no son salinos, pero la salinidad aumenta con la profundidad. La CEE en el horizonte B natrico con frecuencia llega a 2.0 mmhos/cm, pero en los horizontes subyacentes puede alcanzar hasta 15 mmhos/cm, teniendo un 0.5% de sales y en ocasiones muchos carbonatos.

Al igual que en los Solonchaks, el contenido y el tipo de sales varían de un lugar a otro, pero predominan los iones de

calcio, magnesio, carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato predominando el sodio.

La FAO-UNESCO (1985), considera que un suelo es sódico, a un suelo con mas de 6% de saturación con sodio intercambiable en alguno de sus horizontes comprendidos el los 100 cm superiores del suelo.

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), dice que el PSI de estos suelos es mayor de 15, mientras que Pizarro (1978), cita que los suelos se pueden clasificar de acuerdo al PSI (ver la tabla 6 del apéndice).

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), Fitz Patrick (1984), comentan que estos suelos con frecuencia se encuentran en regiones áridas y semi-áridas, donde hay suficiente precipitación como para lixiviar los horizontes superiores. Por otra parte, la cantidad de humedad que pasa a traves del suelo es insuficiente para reducir la alcalinidad de los horizontes inferiores.

Ortíz (1955), el personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), Pizarro (1978), Jiménez (1978); han fijado que en estos suelos las arcillas se dispersan parcialmente saturadas con sodio, estas pueden ser transportadas hacia abajo

por el agua de lavado y puede acumularse a pocos centímetros de profundidad formándose una capa densa, pesada y dura, de baja permeabilidad y asfixiante, de una estructura prismática o columnar con las aristas redondeadas y que se rompen en fragmentos del tamaño de una nuez, duros y tenaces. La capa superior presenta textura gruesa y quebradiza.

Fitz Patrick (1984), dice que el material madre principal son los depósitos no consolidados, incluyendo loess, aluviones y depósitos glaciales. En zonas con formas terrestres antiguas, los Solonetz se pueden formar en suelos viejos o en material coluvial derivado de ellos. Se presentan generalmente en sitios planos o de pendientes suaves y tienden a estar ausentes en depresiones en que el nivel freático llega cerca de la superficie, formando entonces Solonchaks. Los suelos no se forman en material que contenga carbonato de calcio debido a que el calcio desplaza al sodio y al magnesio, pero si se forman, despues que haya habido descalcificación.

Dhawan et-al (1953), ha determinado que la presencia de carbonato de sodio o de bicarbonato de sodio, determina una serie de complicaciones, los suelos se hacen sumamente impermeables y es muy frecuente que el calcio no pueda competir satisfactoriamente con iones de potasio o sodio.

Ortíz (1955), clasifica a los Solonetz en dos clases extremas: los que no contienen o contienen muy poco calcio; y los que contienen grandes cantidades de calcio, bajo la forma de carbonato, sulfato o cloruro.

Ortíz (1955), Fitz Patrick (1984), han dicho que se consideran bastante buenos para la producción agrícola cuando ocurren en zonas climáticas frías asociadas con Chernozem o Castanozem y en que contienen grandes cantidades de cal que regenera el suelo. Pero cuando están en regiones tropicales y subtropicales, de ordinario las condiciones son secas para la agricultura pero se les puede dedicar a pastizales.

Dhawan et-al (1953), Ortíz (1955); el personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), Pizarro (1978); dicen que estos suelos corresponden a los llamados por Hilgard "álcali negro". Se les dio este nombre porque contienen carbonatos de sodio e hidróxido de sodio, el cual es sumamente cáustico y ataca a los tejidos orgánicos, destruyendolos y comunicándoles un color negro o café oscuro, color que adquieren los suelos afectados al arrastrar el agua de lluvia.

Dhawan et-al (1953), Pizarro (1978); el PSI afecta a las propiedades del suelo y no directamente a los cultivos, aunque indirectamente estos se vean perjudicados por el deterioro de

ciertas propiedades como estructura, permeabilidad, etc.

5.7.3. SUELOS SALINO - SODICOS

(SUELOS SODICO-SALINOS)

Pizarro (1978), dice que estos suelos tienen en la zona radicular una cantidad de sales solubles, (medidas por CEe) y un PSI suficiente para restringir el crecimiento de las plantas.

Como límite adopta: CEe > 2 mmhos/cm y PSI > 7. La reacción de estos suelos varía con su grado de salinidad y con la presencia de CO_3^{2-} ó CO_3H^- .

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), indican que son aquellos suelos que contienen sus valores de CEe ≥ 4 mmhos/cm y de PSI mayor a 15.

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), y Pizarro (1978), concuerdan que siempre que contengan un exceso de sales (alta CEe), su apariencia y propiedades son similares a la de los suelos salinos. En este caso el pH raramente es mayor de 8 1/2 y las partículas permanecen floculadas. Si el exceso de las sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente,

llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos. A medida que la concentración de sales disminuye en la solución, parte de sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de sodio, a su vez, con el CO_2 presente en la atmósfera del suelo se puede formar CO_3Na_2 . En cualquier caso, el lavado de un suelo puede hacerlo mucho más alcalino (pH mayor de 8.5), las partículas coloidales se dispersan de la misma manera que en los suelos sódicos.

Delgado (1984), y Vicente (1985); han concordado que este tipo de suelos se encuentran en el subtrópico y zonas tropicales generalmente áridas y periódicamente húmedas.

Se forman de los Solonchaks, como resultado del aumento de sales y acumulación en la superficie de las sales insolubles, con un alto contenido de sodio y pocos sulfatos.

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973), dice que este tipo de suelos se forman como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio.

Delgado (1984), Vicente (1985); han dicho que el horizonte superior es pobre en arcilla y los inferiores ricos de estas; cuando el horizonte está húmedo, este se vuelve compacto e

impermeable y cuando está seco, se forman grietas tubulares y prismáticas por las que se infiltran aguas y se lixivian las sales.

El personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. (1973, Pizarro (1978); coinciden que el suelo se vuelve desfavorable para la entrada de agua y para las labores de labranza. Aunque el retorno de las sales puede hacer que baje el pH y restaure las partículas a una condición floculada, el manejo de los suelos Sódicos-Salinos sigue siendo un problema hasta que se elimine el exceso de sales y de sodio intercambiable de la zona de cultivo y se restablecen las condiciones físicas del suelo.

Cuando los suelos Salino-Sódicos contienen yeso, al ser lavados, el calcio se disuelve reemplazando al sodio adsorbido.

Esto tiene lugar con la eliminación simultánea del exceso de sales, con lo que el lavado se produce sin deterioro de la estructura.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En las dos etapas de muestreo realizadas en la cuenca del ex-lago de Sayula se observó que:

- No hubo diferencias considerables en los suelos de la zona en las épocas de muestreo, ya que el pH se mantuvo en un promedio de 9 a 11, destacando además el 78% de la zona en estudio tiene problemas de pH. (ver apéndice, plano No.1)

- En cuanto salinidad se refiere sabemos que es el principal factor que impide el desarrollo y/o adaptabilidad de especies vegetales, dicha salinidad se encuentra distribuída a lo largo del ex-lago en un 59% notándose claramente los graves problemas que tienen dichos suelos. (ver apéndice, plano No.2)

- El sodio intercambiable, otro factor determinante en el establecimiento de cualquier cultivo se encuentra distribuído en un 62.5%. (ver apéndice, plano No.3)

Es importante mencionar además la presencia de carbonatos y bicarbonatos como elementos que hacen que un suelo tenga

problemas de fertilidad.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos fueron:

	pH		
Ligeramente alcalino	7.0 - 8.2	---	21.87 %
Moderadamente alcalino	8.2 - 9.2	---	18.75 %
Fuertemente alcalino	9.2 - 10.2	---	15.62 %
Muy fuertemente alcalino	10.2 - 11	---	34.37 %
Extremadamente alcalino	> 11 -	---	9.37 %

	CEe (mmhos/cm)		
Ligeramente salinos	2.0 ~ 4.0	---	40.62 %
Medianamente salinos	4.0 - 8.0	---	6.25 %
Fuertemente salinos	8.0 - 16.0	---	6.25 %
Extremadamente salinos	> 16.0	---	46.87 %

PSI

No sódicos	< 7.0	---	37.5 %
Ligeramente sódicos	7.0 - 10	---	3.12 %
Medianamente sódicos	20.0 - 30.0	---	3.12 %
Muy fuertemente sódicos	> 30.0	---	56.25 %

Estos resultados se obtuvieron de 32 muestras equivalentes a un 100 % .

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando las condiciones bajo las cuáles se desarrolló este trabajo y de acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- En un 80 % de la zona de estudio el *Atriplex canescens* se puede adaptar favorablemente ya que esta planta se desarrolla bajo condiciones adversas tanto de suelos como de clima.

Se debe recordar que existen ciertas limitantes, ya que en algunas zonas, las características edáficas son similares; pero las concentraciones de agua son heterogeneas en la época de lluvia, por lo que la costilla de vaca es susceptible a inundaciones en períodos prolongados.

- El *Atriplex canescens* se puede utilizar favorablemente para la protección de los talúdes de la autopista Guadalajara - Colima en su tramo que abarca desde el ex-lago de Zacoalco - San Marcos hasta el ex-lago de Sayula a inmediaciones de Usmajac Mpio. de Sayula, controlando la erosión de los mismos.

- Es importante recomendar además de la costilla de vaca ó chamizo, otras especies vegetales que se adapten a las condiciones en las que se encuentra el ex-lago de Sayula, dándole así un uso agrícola y pecuario a los suelos del lugar.

Podemos hablar del Romerito (Suaeda difusa), que siendo ésta una planta endémica, su adaptabilidad y desarrollo es bueno, como lo es también el de el zacate salado (Distichlis spicata), teniendo como inconveniente la poca palatabilidad en el ganado bovino.

Es conveniente destacar que existen especies que pueden desarrollarse favorablemente como lo son: el mezquite (Prosopis juliflora); el zacatón alcalino (Sporobolus airoides); la mariola (Parthenium incanum) y el pasto perenne (Bouteloua karwinskii) entre otras especies, no sin antes recalcar que es necesario e importante llevar a cabo pruebas de cada una de éstas especies para medir su adaptabilidad a la zona en cuestión.

Es importante tomar en cuenta como una alternativa a seguir la construcción de bordos en las partes mas bajas de el

ex-lago para así poder almacenar un mayor volúmen de agua, ya que teniendo un espejo de agua mas reducido y profundo la evaporación disminuiría notablemente.

El espejo de agua que se tiene actualmente es muy grande y de profundidad variada, dichas condiciones elevan el porcentaje de evaporación en la zona de estudio favoreciendo año con año la concentración de sales que son arrastradas de los cerros que circundan el ex-lago y que son depositadas en el lecho lacustre.

Con dichos bordos, se almacenaría el agua evitando la acumulación de esta, en algunas partes del vaso impidiendo la concentración de sales en los suelos con fines agrícolas y pecuarios.

Analizando previamente el agua almacenada se podría utilizar:

- Para realizar lavados de suelos e incorporarlos a la producción.
- Construyendo abrevaderos; ya que con el establecimiento del Atriplex canescens se tendría una fuente de alimento con un alto porcentaje de

APENDICE

Tabla No. 1 Composicion de la Corteza Terrestre (Segun Clark)

Elemento	Porcentaje
OXIGENO	49.13
SILICIO	26.00
ALUMINIO	7.45
HIERRO	4.20
CALCIO	3.25
SODIO	2.40
MAGNESIO	2.35
POTASIO	1.00
HIDROGENO	1.00
TOTAL	96.78

Tabla No. 2 Categorías de Emigración de los Elementos.

CATEGORIA	ELEMENTO
1. PRACTICAMENTE NO LAVABLES	Si (Cuarzo)
2. POCO LAVABLES	Fe, Al, Si.
3. LAVABLES	Si, P, Mn
4. BASTANTE LAVABLES	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn
5. MUY LAVABLES	Cl, Br, I, S, C, B.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

Tabla No. 3 Efecto de la Conductividad Electrica Sobre los Cultivos.

EFFECTOS	C.E.
- DESPRECIABLES	0 - 2
- RENDIMIENTO RESTRINGIDO EN CULTIVOS SENSIBLES.	2 - 4
- RENDIMIENTO RESTRINGIDO EN LA MAYOR PARTE DE LOS CULTIVOS	4 - 8
- RENDIMIENTO SATISFACTORIO SOLO EN CULTIVOS TOLERANTES.	8 - 16
- MUY POCOS CULTIVOS DAN RENDIMIENTOS SATISFACTORIOS	16 >

Tabla No. 4 Relacion del pH y PSI Segun Pizarro.

pH	DESCRIPCION
< 7	CANTIDADES IMPORTANTES DE HIDROGENOS INTERCAMBIABLES
< 7.5	AUSENCIA DE CARBONATOS ALCALINOTERREOS
< 8.5	PSI PUEDE O NO SER MENOR DE 15
> 8.5	PSI CASI SIEMPRE MAYOR DE 15. PRESENCIA DE CARBONATOS ALCALINOTERREOS

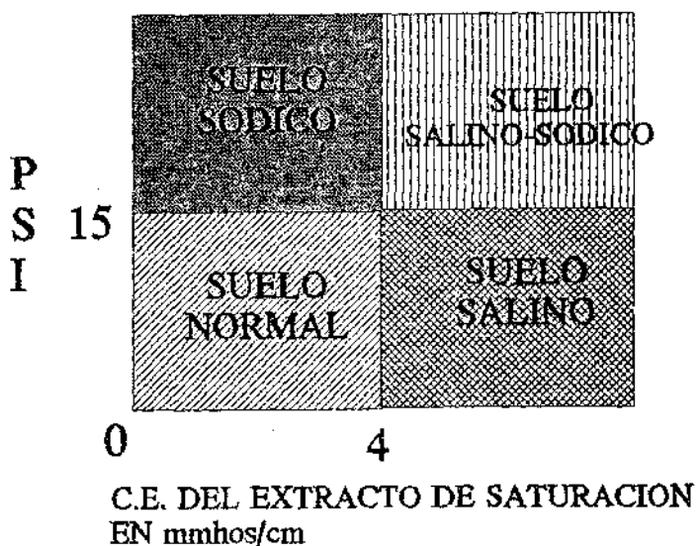
Tabla No. 5 Clasificación de los Suelos Segun su Conductividad Electrica.

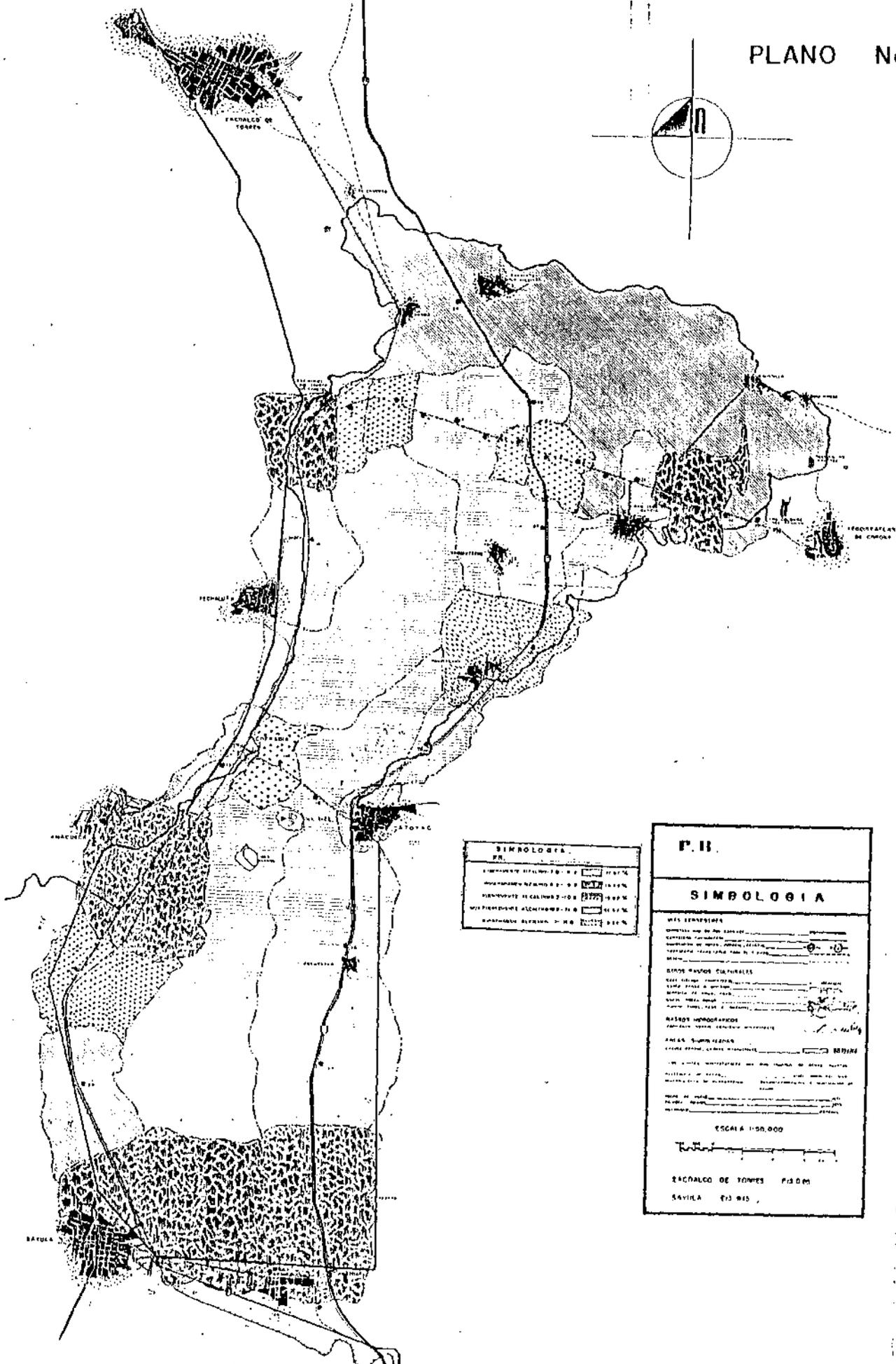
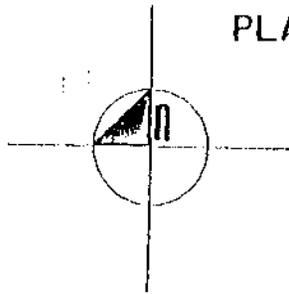
CLASE DE SUELO	C.E. (mmhos/cm)
LIGERAMENTE SALINO	2 - 4
MEDIANAMENTE SALINO	4 - 8
FUERTEMENTE SALINO	8 - 16
EXTREMADAMENTE SALINO	> 16

Tabla No. 6 Clasificación de Suelos Segun su Contenido de Sodio Intercambiable.

CLASE	PSI	REND.
LIGERAMENTE SODICO	7 - 15	60 - 80 %
MEDIANAMENTE SODICO	15 - 20	40 - 60 %
FUERTEMENTE SODICO	20 - 30	20 - 40 %
EXTREMADAMENTE SODICO	> 30	< 20 %

Grafica No. 1 Clasificacion de Suelos Segun su Contenido de Sodio Intercambiable y Conductividad Electrica.





SIMBOLOGIA

PR

ALCANTARILLA	...
...	...
...	...
...	...
...	...

P. H.

SIMBOLOGIA

MIS CONSIGNAS

...

SERIE MASAS CULTURALES

...

MASAS DEMOGRAFICAS

...

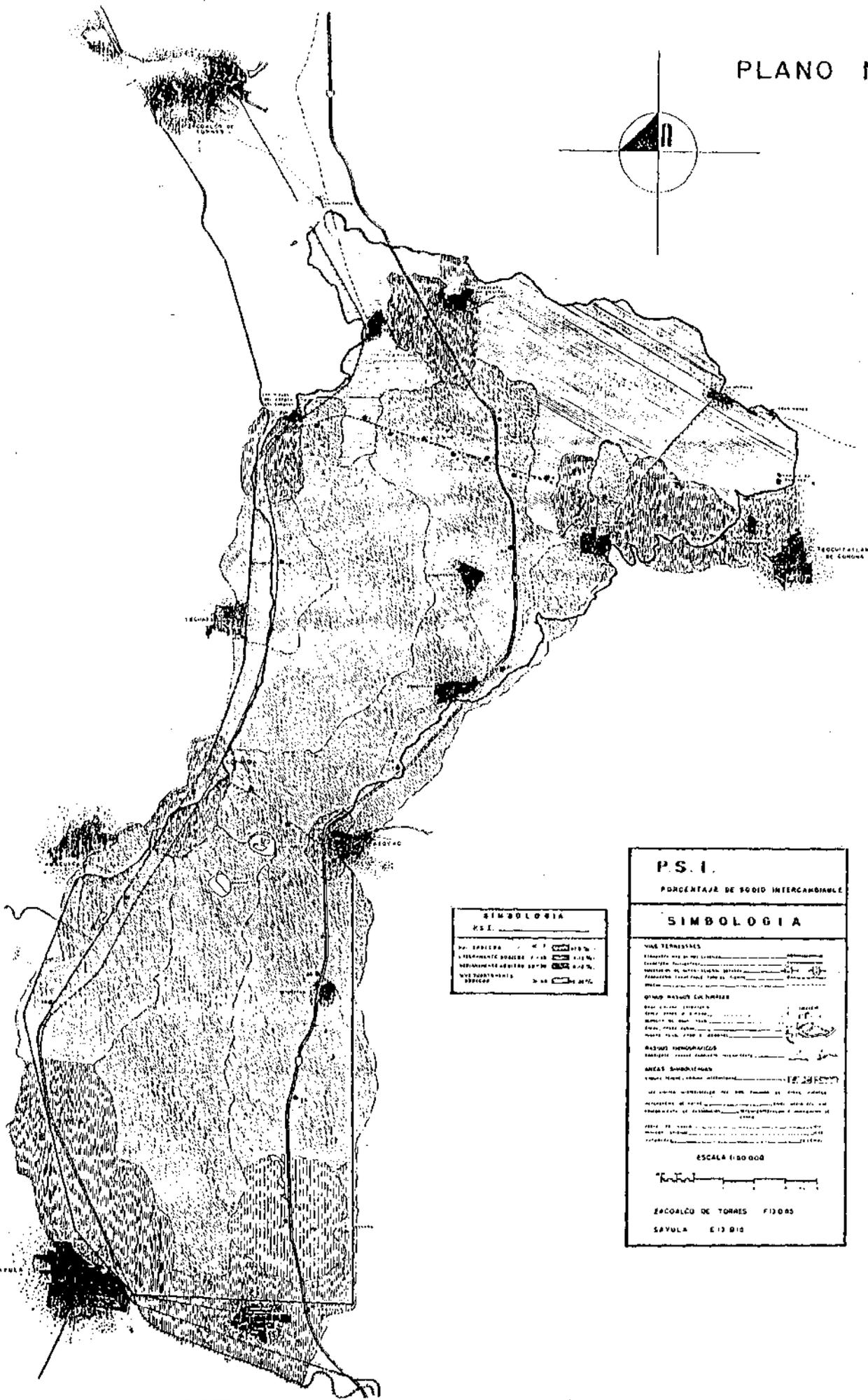
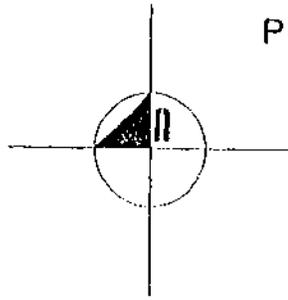
AREA SUPERFICIALES

...

ESCALA 1:50,000

RECALCO DE TONDES P. H. M.

SAYULA 1915



SIMBOLOGIA
P.S.I.

PAR. SERRERA	0.7	0.15 %
PERMANENTE SOBRESA	1.2	0.15 %
PERMANENTE SOBRESA	0.7	0.15 %
NOV. SUPPLEMENTO	0.7	0.15 %
DEBILIDAD	0.7	0.15 %

P.S.I.
PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE

SIMBOLOGIA

VIAS TERRISIMAS

ESTRADA DE 20 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 10 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 5 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 3 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 2 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 1 MET. ANCHURA

QUINDO PASAJES EN UNIDAD

PAR. SERRERA

PERMANENTE SOBRESA

NOV. SUPPLEMENTO

DEBILIDAD

AREAS SUBSIDIARIAS

ESTRADA DE 20 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 10 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 5 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 3 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 2 MET. ANCHURA

ESTRADA DE 1 MET. ANCHURA

ESCALA 1:50 000

PROYECTO DE TORRES FIDIAS

SAVULA E 13 D10

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alvarez Luna Manuel 1960. Estado actual de salinidad y fertilidad de algunos suelos de la comarca lagunera. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México. Pag. 6 - 11.
- 2.- CETENAL. 1988. Cartas Edafológicas. Jocotepec F13D-75, Zacoalco de Torres F13D-85, Sayula E13B-15.
- 3.- Delgado Ibarra R. 1984. Plantas halófitas y su relación con características edáficas en la cuenca endorréica Zacoalco - Sayula (Jalisco). Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara. Guadalajara Jalisco. Pag. 7 - 15.
- 4.- Dhawan C.L.; Lal M. M. Mahotra; Jagir Singh. 1953. Reclamation of alcali soils. International commission on Irrigation and Drainage. India. Pag. 1 - 7.
- 5.- Espinoza Lozano E.; Flores Hernández R. A. ; Ruelas Martínez F. ; Rivera Rangel E. 1980. Adaptación y crecimiento de cuatro especies de Atriplex en once meses de siembra bajo condiciones de temporal en el campo experimental de María, Nuevo León. Tesina de

Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León.
Facultad de Agronomía. Monterrey Nuevo León. México.
Pag. 3 - 11.

- 6.- FAO/UNESCO. 1985. Mapa Mundial de Suelos, 1:5'000 000.
Leyenda revisada. Fotocopias. Fao, Roma. Pag. 53 -
111.
- 7.- Fitz Patrick E. A. 1985. Suelos. Su formación,
clasificación y distribución. Edit. CECSA. 2da
impresion. México. Pag. 148 - 334.
- 8.- Ibarra Flores F. A. ; Garza C. H. M. ; De Luna V. R.
1979. Establecimiento de costilla de vaca "Atriplex
canescens" (pursh) Nutt. En forma directa bajo
estructuras de poceo en condiciones áridas.
Monografía técnico científica Volúmen 5. Número 2.
Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
Saltillo Coahuila México.
- 9.- Jiménez Calderon L. 1983. Plantas halófitas de los suelos
de la cuenca endorréica Zacoalco-Sayula. Tesis
Profesional. Universidad de Guadalajara, Jalisco,
México. Pag. 30 - 34.

- 10.- Kearney T. H. y Scofield S. C. 1936. Selección de cultivos para terrenos salinos. Circular No. 404. Pag. 1 - 27.
- 11.- López S. C. M. 1985. Datos climatológicos de Jalisco. 1ra y 3ra parte. Instituto de Astronomía y Meteorología. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- 12.- Martínez Castro M. A. y Villanueva Díaz J. 1985. Adaptación de ecotipos de costilla de vaca (*Atriplex canescens*), bajo condiciones de temporal. Boletín técnico # 135. Primera edición. Instituto Nacional de investigaciones Forestales. Pag. 5 - 23.
- 13.- Ortiz Monasterio R. 1955. Los recursos agrológicos de la República Mexicana. Fotocopias. Pag. 41 - 45.
- 14.- Ortiz Villanueva B. y Ortiz Solorio C. A. 1984. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 5ta Edición. Pag. 201 - 306.
- 15.- Personal del laboratorio de salinidad de los E.U.A. 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Edit. LIMUSA. Sexta edición. Pag. 1 - 74.

- 16.- Petróleos Mexicanos. 1988. Atlas de carreteras y ciudades turísticas. Plano 28. Cartografía y servicios editoriales. HFET. S.A. de C.V.
- 17.- Pizarro Fernando. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Edit. Agrícola Española, Madrid. Pag. 69 - 107.
- 18.- S.P.P. 1981. Síntesis Geográfica de Jalisco.
- 19.- Vicente Ramírez I. 1985. Manejo de los Suelos en la región semi-árida del Municipio de Zacualco de Torres Jalisco. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara. Facultad de Agricultura. Guadalajara Jalisco. Pag. 12 - 17.