



00381
ref. 4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE EL SALADO
MUNICIPIO DE VANEGAS, SAN LUIS POTOSÍ

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS.(BIOLOGÍA)

P R E S E N T A

MIREYA MAPLES VERMEERSCH

0381

1983

MEXICO, D. F.

1982

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DE EL SALADO,
MUNICIPIO DE VANEGAS, SAN LUIS POTOSI

INDICE

CAPITULO 1

GENERALIDADES Y ASPECTOS HUMANOS

1.1	Localización y dimensiones del área de estudio	1
1.2	Vías de acceso a la zona de estudio	1
1.3	Antecedentes de la zona	2
1.4	Introducción al estudio	6
1.5	Objetivos	7
1.6	Definición del problema básico de la zona y planteamiento de hipótesis para su solución.....	8
1.7	El significado de aridez	16

CAPITULO 2

REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1	Bibliografía específica del área de El Salado.....	22
2.2	Literatura a nivel estatal y de zonas aledañas a El Salado	24

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOS

3.1	Trabajo preliminar de gabinete.....	28
3.2	Muestreo en el campo.....	28

3.3	Trabajo de laboratorio	29
3.4	Trabajo final de gabinete	32

CAPITULO 4

ASPECTOS HUMANOS (PROBLEMAS SOCIO-ECONOMICOS)

4.1	Demografía	33
4.2	Servicios públicos	35
4.3	Las actividades económicas de la zona	37
	a- La agricultura	38
	b- La ganadería	42
	c- Otras actividades económicas en la zona	50

CAPITULO 5

DESCRIPCION FISICA DEL AREA DE ESTUDIO

5.1	Geomorfología	52
5.2	Erosión	55
5.3	Topografía	57
5.4	Unidades fisiográficas	57
5.5	Hidrología	62
5.6	Geohidrología	64
5.7	Geología	69
	a) Sistema Jurásico	70
	b) Sistema Cretácico	71
	c) Sistema Terciario	74
	d) Sistema Cuaternario	75

5.8	Climatología	77
5.9	Climatología agrícola	82
5.10	Vegetación	89
	a) Matorral desértico micrófilo	91
	b) Matorral desértico rosetófilo	94
	c) Otros tipos de vegetación	97
	d) Uso de la vegetación nativa	99

CAPITULO 6

FACTORES DE FORMACION Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS

6.1	Introducción	102
6.2	Factores que influyen sobre la formación de los suelos de El Salado	102
6.3	Los grandes grupos de suelos que predominan y su localización en El Salado	109

CAPITULO 7

DISCUSION SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE EL SALADO

7.1	Características físicas	112
7.2	Características químicas	116

CAPITULO 8

DISCUSION GENERAL DE LOS DISTINTOS COMPONENTES QUE FORMAN PARTE DE LOS PROBLEMAS BASICOS DE EL SALADO

8.1 El aspecto físico general.....	124
8.2 La formación de los suelos y los procesos edáficos predominantes.....	125
8.3 Clasificación y uso de los suelos.....	130
8.4 El aspecto humano en el uso del suelo.....	131
CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES.....	138
RESUMEN DE RESULTADOS.....	142
CONCLUSIONES.....	145
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	149

APENDICE 1 - Descripción de perfiles y resultados de análisis.

APENDICE 2 - Tablas y Gráficas.

CAPITULO I

GENERALIDADES Y ASPECTOS HUMANOS

1.1 LOCALIZACION Y DIMENSIONES DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en el extremo norte de San Luis Potosí, se encuentra dentro del cuadrilátero dado por las coordenadas 100° 16' hasta 100° 40' de longitud oeste y 24° 00' hasta 24° 30' de latitud norte. Dicha zona limita al noroeste y oeste con Zacatecas, al norte y noreste con Nuevo León (lo cual coincide con los límites estatales de S.L.P. en su parte norte), al sureste con la Sierra Nevada y al sur coincide aproximadamente con parte de la carretera San Tiburcio-Cedral-Matehuala (S.O.P., 1973).

Dicha zona de estudio se conoce como El Salado, cubre 2253.56 km² e incluye la mayor parte del Municipio de Vanegas y una pequeña parte del Municipio de Cedral. Se hizo coincidir los límites de esta zona con los de la Carta Geológica de México, Hoja El Salado 14R-J(11) publicada por el Instituto de Geología, U.N.A.M. (García-Calderón, 1968), excepto que se descartó la parte de Zacatecas. (Ver Carta I).

1.2 VIAS DE ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO

Las vías de acceso a esta zona son por ferricarril, carretera y brecha. Existe el ferrocarril México-Laredo que cruza la región por la parte baja de la cuenca de El Salado. Se encuentran varias estaciones en este tramo: La

Trueba, San Vicente, El Salado y Estación Lulú. La zona tiene numerosas brechas transitables durante los meses de sequía. La única carretera pavimentada es la que comunica Matehuala-Cedral-San Tiburcio, en este último lugar, entronca con la Carretera Federal No. 54 de Zacatecas a Saltillo y Monterrey. En Matehuala se localiza la Carretera Federal No. 57 que va de San Luis Potosí a Saltillo y Piedras Negras. Dentro del área de estudio existen pequeñas pistas de aterrizaje para avionetas como se observa en Los Encinos, Tanque Nuevo y Santa Rita cerca de El Salado, todos en San Luis Potosí, además hay pista en Coyotillos, Zacatecas, colindando con la zona de El Salado, S.L.P.

1.3 ANTECEDENTES DE LA ZONA

La zona de El Salado durante la época prehispánica fue la tierra de las tribus Cuachichiles que formaban parte de los indígenas Chichimecas, los cuales se dedicaban a la cacería y recolección de productos silvestres. Estos grupos humanos poco afectaron los recursos naturales puesto que no eran numerosos y su forma de vida era nomádica. Cuando llegaron los españoles se encontraron con una zona de matorral xerófila y pastizal en los bolsones donde se localizaban las lagunas salobres. Se puede sospechar que existía una vegetación similar a lo que se observa en la actualidad pero de mayor exuberancia ya que no había ganadería ni agricultura. En las montañas se encontraban bosques, aunque se desconoce

el límite inferior de esta vegetación, pero por analogía con otras zonas de condiciones similares se puede deducir que el táscate (Juniperus sp.) llegaba aproximadamente hasta los 2000 m.s.n.m. Se sabe de la existencia de estos bosques por los relictos que se observan en la actualidad en las serranías y además por los relatos históricos de la época. La conquista española de esta zona fue difícil, y se calificó a los indígenas locales como "feroces guerreros" decididos a mantener sus tradiciones y libertad. Después de casi medio siglo de luchas de guerrilla el área fue dominada por los españoles y para fines del siglo XVI la mayor parte de los indígenas locales habían desaparecido por enfermedades y guerras o ya estaban sometidos a los conquistadores (Cabrera-Ipiña, 1968).

El interés de las autoridades españolas en esta zona del norte de San Luis Potosí y Zacatecas era por las riquezas mineras existentes, en particular la plata. El mineral de Catorce, justo al sur de la zona de El Salado, fue descubierto en 1773 y tuvo gran importancia hasta el siglo pasado. A fin de explotar este mineral y otros en la zona se emplearon grandes cantidades de madera destinada a apuntalar las minas y como combustible para fundir los minerales, además de la madera que se utilizó en la construcción y combustible doméstico de los nuevos habitantes (Cabrera-Ipiña, 1968). El resultado fue un cambio ecológico radical, la desaparición de los bosques en las serranías, dando lugar a una mayor ex-

tensión del matorral xerófito, acompañado al mismo tiempo por un aumento de la erosión natural en las serranías y deposición del material erosionado en los bajíos.

La presencia de la minería favoreció la introducción de ganado tanto mayor como menor, pero principalmente de ovino. Para el desarrollo de las actividades agropecuarias y mineras, se introdujeron a la zona, indígenas de idioma náhuatl procedentes del centro del país. Estos indígenas tenían una antigua tradición agrícola, pero sólo desde el siglo XVI conocieron la ganadería, la cual había sido introducida por los europeos. A partir de la llegada de los indígenas nahuatl aparecieron en la zona pequeñas parcelas bajo agricultura de temporal (Cabrera-Ipiña, 1968).

Se tienen muy pocos datos de El Salado, y debido a su aislamiento, la zona estuvo al margen de los conflictos durante la Guerra de Independencia. A fines del siglo XIX la hacienda de El Salado se había convertido en un centro de producción de lana basado en ganado ovino. La producción se sacaba por medio del ferrocarril México-Laredo que fue construido durante el período del Presidente Porfirio Díaz. La presencia de esta vía de comunicación terminó con el aislamiento local y dio mayor impulso a las actividades agropecuarias mientras que los minerales ya presentaban para esta época, agotamiento en las vetas (Cabrera-Ipiña, 1968).

La Revolución de 1910-1920 dejó huellas sobre la zona. La población local tuvo mayor contacto con personas de otros

lugares, ya que la vía de ferrocarril sirvió para transportar tropa, gente en su mayoría de origen campesino. Este contacto ocurrió en toda la República y fue útil para conocer no sólo teorías políticas sino también nuevas técnicas y especies de plantas que existían en otras partes de México. Al igual que en todo el país, la zona de El Salado tuvo una transformación social con la repartición de las tierras y la formación de los ejidos al finalizar la Revolución (Cabrera-Ipiña, 1968).

Después de 1920 se repartieron las tierras de la hacienda El Salado y el campesino que tenía pocos o nulos medios económicos cambió la cría de ganado ovino por el ganado cabrío el cual resultaba más fácil de adquirir y cuidar, que otros animales. Bajo el sistema de grandes propiedades privadas el área fue manejada como una unidad en la cual existía cierto control sobre el número de animales y había una rotación en el uso de los pastos. Todo lo anterior representaba una menor presión sobre los recursos naturales en comparación a lo que ocurre en la actualidad. (Comunicación personal). Ahora, ya no hay rotación en el uso de los pastizales y los campesinos tratan de tener el mayor número posible de cabezas de ganado sin que se practique ninguna planeación en el manejo del suelo y de los animales. La presión sobre los recursos no es sólo producto de la ganadería sino también de la explotación de plantas silvestres, en particular la destrucción de especies leñosas utilizadas para construcción y combustible doméstico. Esta mayor explotación de la naturaleza está

relacionada con el aumento de...ográfico que ha ocurrido en todo el país durante este siglo lo cual está provocando una degradación del medio natural. La erosión natural de toda zona árida ha aumentado con las actuales prácticas ganaderas de sobre pastoreo; además, como resultado de un mal manejo del suelo, y de la flora, las especies palatables a los animales escasean o han des parecido mientras que proiferan especies menos útiles o bien dañinas como el nopal cegador (Rzedowski, 1966).

Es frecuente el comentario de ancianos de la zona que recuerdan como el área, hace 50 años, tenía más vegetación y que la ganadería predominante era de ovejas, cuya lana se vendía a otros lugares. Este cambio agropecuario de ganado ovino representó un cambio en la economía local que se volvió más ma cadamente de subsistencia.

1.4 INTRODUCCION AL ESTUDIO

A través de los años se ve que El Salado ha permanecido como una zona marginada donde la producción agropecuaria es baja y donde las inversiones para mejorar el área han sido pocas o nulas. El resultado de esta situación es que los problemas humanos son nuerosos, en particular la pobreza, que se podría aminorar si se aprovecharan adecuadamente los recursos existentes en la zona, aunque éstos sean modestos.

Las razones por las cuales se escogió a El Salado como zona de estudio fueron las siguientes:

1. Pensando que El Salado es una zona con graves problemas pero con posibilidades de desarrollo se consideró que un estudio sería útil y conveniente.

2. Se deseaba hacer un trabajo de tipo interdisciplinario para estar dentro de los lineamientos de investigación propuestos por la Universidad Nacional Autónoma de México. Se escogió la zona de El Salado porque en el Instituto de Geología, donde se realizó este trabajo, ya existían estudios geológicos y estaba en proceso otro sobre geohidrología de esta misma zona. Así se esperaba que un estudio de suelos ayudaría a completar el conocimiento de esta parte del país y serviría para evaluar y mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales.

1.5 OBJETIVOS

El objetivo básico de este estudio es analizar los principales problemas tanto físicos como humanos que tiene la zona de El Salado, especialmente aquellos relacionados con los suelos, y que pudieron servir de base a estudios relacionados con los siguientes puntos: (1) Dar a los lineamientos para un plan de desarrollo local relacionado a un mejor uso del suelo. (2) Hacer una recopilación de la información ya existente sobre los recursos naturales locales para conocer con más detalle las posibilidades de desarrollo que existen. (3) Examinar los suelos y ver cómo se puede prevenir su erosión y degradación en esta zona. (4) Reconocer las posibilidades que hay para mejorar el uso de los recursos bióticos y edáficos que en

la actualidad se encuentran sobre-explotados. (5) Encontrar cómo, por medio de las actividades agropecuarias, se puede mejorar las condiciones económicas de la población rural local para que no tenga necesidad de emigrar hacia otros lugares como ocurre en la actualidad. Para alcanzar todo esto se examinará a la zona basándose en fundamentos técnicos adecuados a los medios ecológicos y socioeconómicos prevalentes en el área.

Se espera que este estudio estimule a que varias dependencias tanto universitarias como otras analicen distintos aspectos de El Salado y completen este estudio interdisciplinado.

1.6 DEFINICION DEL PROBLEMA BASICO DE LA ZONA Y PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS PARA SU SOLUCION

Una visita a la zona de estudio pone de manifiesto la falta de agua y la pobreza de sus habitantes. La primera impresión es que el problema básico de El Salado consiste en la poca agua disponible, ya que con la presencia del recurso hídrico se podrían mejorar las actividades agropecuarias y, por ende la situación económica de los habitantes. Pero ¿acaso es la aridez el verdadero problema? Se podría formular la disyuntiva con otro enfoque y decir que el hombre en estas tierras no ha podido adaptarse adecuadamente a la escasez de agua. En esta parte del norte de San Luis Potosí la mayoría de las actividades agropecuarias necesitan de más agua de la normalmente disponible en El Salado donde hay

sólo 313.1 mm de precipitación media anual, lo cual es inadecuado para una agricultura de temporal que generalmente necesita más de 400 mm al año (Arnon, 1972). Puesto que la precipitación es insuficiente, la agricultura necesita riego y nos encontramos, que para ser más exactos, no es el agua que escasea, sino el agua de buena calidad, libre de sales. Dichas sales proceden del intemperismo de las rocas en las serranías cuyos minerales contienen sales y durante las escasas lluvias son arrastrados por las aguas hacia las partes bajas. En este lugar se acumulan las sales por varias causas; en primer lugar el clima es árido y por lo tanto hay mayor evaporación que precipitación así las sales se acumulan al no ser lavadas. En segundo lugar la presencia de sales se debe al hecho que la cuenca de El Salado es de tipo endorreico y por lo tanto las aguas no tienen salida, lo cual favorece que en las partes más bajas, donde las aguas se acumulan y evaporan habrá concentración de sales, los escurrimientos de las serranías se vuelven salinas a medida que sus aguas pasan por los aluviones que contienen las sales acumuladas por siglos, de manera que tanto aguas superficiales como freáticas tienen alta salinidad en las partes bajas. La poca precipitación anual no permite la formación de escurrimientos superficiales continuos, pero si la acumulación de agua en mantos freáticos, por lo tanto, es en el subsuelo donde está la mayor parte del agua disponible aunque sólo en cantidad limitada y frecuentemente no está libre de sales.

¿Qué se puede hacer en una zona donde el agua de buena calidad escasea? Las soluciones son varias:

1) Obtener más agua.

- a) Puede traerse de fuera, lo cual es costoso y técnicamente muy difícil puesto que las zonas más cercanas con excedentes hídricos se encuentran muy lejos de El Salado, en la Huasteca Potosina.
- b) Captar más del agua superficial, utilizando técnicas especiales de cultivo como es el de microcuentas, o bien, empleando técnicas de cosecha de agua sellando algunos declives con arcilla o plástico y recolectando el agua por medio de bordos en puntos topográficos adecuados.
- c) Otra forma de obtener agua es extraerla de los mantos freáticos. Esto es factible y ya se lleva a cabo. Las exploraciones geohidrológicas demuestran la existencia de varios mantos freáticos, unos son superficiales y están en los aluviones de los bolsones, por lo tanto, sus aguas generalmente tienen sales. Otros mantos freáticos existentes son los profundos, de los cuales se puede obtener agua de buena calidad, aceptable para fines agropecuarios. Esta agua en el subsuelo está sujeta a que los mantos (cuando no son aguas fósiles) se recarguen cada año con el agua de lluvia que se infiltra, pero como en esta zona la

precipitación es poca y de grandes variaciones de un año a otro, las aguas que penetran a los mantos freáticos también son limitadas y variables, lo que hace que no se deba de basar el desarrollo local exclusivamente sobre este recurso (Cuadro 7).

- 2) Emplear un mínimo de agua para los cultivos, lo cual implica:
 - a) Que se seleccionen especies resistentes a la aridez como sería maíz y frijol de rápido desarrollo. Para esto se necesita plantar semillas mejoradas con mayor adaptación climática, las cuales necesitarían poco riego.
 - b) Cultivar especies que necesitan poca agua extra además de la lluvia local como es el caso del sorgo y mijo. Desafortunadamente no es fácil cambiar los cultivos básicos de subsistencia, como son el maíz y frijol, en virtud de que no hay política de apoyo agropecuario para realizar este cambio sin que se corra el riesgo de tener problemas socioeconómicos.
- 3) Pensar en un desarrollo agropecuario sólo con la precipitación existente, lo cual puede basarse en:
 - a) Utilizar la vegetación natural para la ganadería haciendo un esfuerzo para mantener un buen coeficiente de agostadero, y estimulando la expansión y buen es-

tado de los pastos y arbustos de ramoneo. Para realizar esto es necesario que se termine con la práctica de pastoreo libre y que el ganado sea controlado tanto en sus movimientos como en número, que debe ser igual o menor al índice de agostadero propuesto por la COTECOCA, 1974 (Cuadro 4).

- b) Cultivar especies nativas a la flora de zonas áridas que no requieren de riego como es el plantar nopales (Opuntias sp.) para forraje y tunas o bien tratar de introducir la jojoba y buscar formas para reproducir especies que en la actualidad son silvestres como es la lechuguilla y la palma samandoca.
- 4) Utilizar al máximo el agua disponible en los lugares más adecuados.
- a) Para llevar a cabo esto se necesita que el riego que se aplique sea la cantidad adecuada al cultivo practicado. Esto implica un estudio de relación clima-suelo-planta específico para la zona de estudio.
 - b) Emplear en forma intensiva el recurso hídrico como es la aplicación de riego por goteo o por aspersión, pero en forma aún más intensiva sería usar invernaderos especiales donde el agua puede ser reciclada. En este último caso se aplica el riego a las plantas y por medio del proceso de evapo-transpiración, el agua se condensa en las paredes del invernadero donde se encuentran recolectores de agua de los cuales

se toma el líquido para aplicarlo nuevamente como riego. (Bureau of Technical Assistance, 1974). Estas y otras técnicas modernas de riego hacen posible un uso más completo del agua. Pero la economía de este recurso también implica que se seleccionen las tierras más fértiles, profundas, planas y libres de sales. Este último punto es de suma importancia pues al usar tierras con peligro de salinidad o sodicidad se tienen que hacer costosos gastos para un drenaje profundo y conjuntamente aplicar lavados al suelo, lo que resulta una pérdida de líquido. De allí que una de las finalidades de este trabajo es la de conocer los suelos de El Salado.

- 5) Obtener más agua de buena calidad haciendo una desalinización de las aguas existentes.
 - a) Esto se puede llevar a cabo utilizando la energía solar que en zonas áridas es abundante puesto que se calcula que en nuestro planeta las zonas áridas y semi-áridas reciben el 40% de la energía solar total (Glantz, 1977).
- 6) Practicar en la zona de estudio actividades que no son agropecuarias y que requieren de poca agua como sería ciertas industrias o bien la minería. En este caso el problema es disponer localmente de algún recurso o mineral. Desafortunadamente en El Salado gran parte de la riqueza minera se ha agotado y existen muy pocos recursos

sobre los cuales se podría asentar una industria. Aún así, no hay que descartar la posibilidad de que, al lograr una mayor producción agropecuaria se puedan iniciar actividades industriales en pequeña escala relacionadas con el medio rural.

Cabe en este punto preguntarse nuevamente ¿Acaso la escasez de agua es el problema básico? ¿Acaso la falta de este recurso explica la pobreza de la población? La respuesta es negativa puesto que hay partes de la República Mexicana que aún teniendo buena agricultura de temporal, la gente se encuentra en situación económica precaria, mientras que otras zonas áridas de la República están económicamente prósperas. Por lo tanto la falta o presencia de agua no es el único factor para explicar el poco desarrollo y pobreza de una zona. El problema de la escasez de agua de buena calidad va acompañado en muchos sitios de otros problemas socio-económicos que si son posibles de resolver. Esto se puede ver claramente en varios otros países donde poblaciones con voluntad de trabajo, conocimientos tecnológicos, organización y apoyo económico honrado han podido prosperar y hacer producir zonas áridas. A la población de El Salado le falta impulso para desarrollarse, esto se debe a varias razones, entre otras, alimentación y educación deficientes, pocos servicios médicos, inadecuado extensionismo agrícola, falta de apoyo económico, poca organización en los ejidos, falta

de comunicación con el gobierno estatal.

En toda sociedad donde se busca una agricultura eficiente la población tiene que ser organizada y tiene que haber cooperación entre los habitantes, las autoridades y los técnicos, sólo así se podrá lograr una explotación y manejo adecuado de aguas y suelos, además de una aplicación correcta de prácticas ganaderas. En El Salado se observa poca organización y cooperación, por lo tanto, resulta difícil efectuar cambios. La pobreza económica impide a los habitantes salir de la misma ya que su preocupación primordial es la supervivencia inmediata y por lo tanto no puede tomar medidas para resolver los problemas a largo plazo. En tal situación es difícil pedir al campesino el control del ganado, la rotación de pastos, impedir el corte de leña y controlar la explotación de ixtle y lechuguilla. Para cambiar dicha situación serían necesarias varias cosas, entre ellas, dar un fuerte, real y honesto apoyo económico al ejidatario, al mismo tiempo que un extensionismo agrícola eficiente y adecuado, aplicando técnicas sencillas y de poca inversión para mejorar la situación agropecuaria. Resulta necesario estar conciente de que no toda la tecnología moderna agrícola se puede introducir, ya que ésta tiene, primero, que ser probada en la zona y aceptada por los agricultores; además la tecnología tiene que estar en armonía con las condiciones locales tanto físicas como socio-económicas.

1.7 EL SIGNIFICADO DE ARIDEZ

Se ha mencionado que la aridez es uno de los problemas principales de la zona de El Salado, pero aquí cabe analizar ¿qué es aridez?

La aridez es una deficiencia de agua que generalmente se debe a la poca precipitación existente en una área, y depende no sólo de la precipitación absoluta anual de una zona, sino también del grado de efectividad que en conjunto tenga esta precipitación. La efectividad de la lluvia está controlada por varios factores, como son la época del año en que aparecen las lluvias, la naturaleza del suelo, el tipo y densidad de vegetación existente y finalmente la evaporación. Esta última variable está controlada por la temperatura, humedad ambiental, los vientos, el tipo de vegetación y la radiación solar.

Se ha definido un clima árido como un clima donde "en la mayor parte del año la precipitación es menor que la evapo-transpiración potencial, o sea, la evaporación más la pérdida de agua procedente de las plantas", (Arnon, 1972). De acuerdo con este enunciado la situación en la zona de estudio es árida ya que se calcula que la evapo-transpiración potencial es de 850 mm al año (Dirección de Agrología, 1976).

Los distintos grados de aridez darán distintos tipos de flora; en caso de que la aridez sea muy severa aparecen los desiertos donde la vegetación escasea o es inexistente debido

principalmente a la poca precipitación. Se consideran como desiertos aquellos lugares que tienen un déficit permanente de agua que corresponda aproximadamente a la isoyeta de 100 mm de precipitación anual, pero esto varía entre 50 mm en las zonas polares a 300 mm en las zonas más cercanas al ecuador, donde la evaporación es mayor a otras partes de la tierra. La isoyeta de 400 mm de precipitación anual corresponde aproximadamente al límite más bajo para cultivar sin riego, en esto hay excepciones pues en las zonas mediterráneas con lluvias en invierno (por lo tanto la evapo-transpiración es mínima) y empleando técnicas especiales es posible tener zonas de cultivo de temporal con lluvias inferiores a los 250 mm como ocurre en varios países entre los cuales están Israel y Tunez (Glantz, 1977). Tomando en cuenta la época del temporal y las temperaturas prevalentes se puede considerar que en El Salado son necesarios más de 400 mm de lluvia anual para llevar a cabo cultivos sin riego y con la tecnología tradicional.

La efectividad de las lluvias en El Salado es baja debido a que la precipitación es de verano y principio de otoño, lo cual significa que las lluvias aparecen en la época de mayor calor, cuando la evaporación y la pérdida de agua por las plantas está a su máximo nivel. A veces la evaporación es tan alta que apenas la gota de lluvia toca el suelo que se evapora, por lo tanto, se considera que es necesario un mínimo de 15 mm de lluvia en un día para que el agua pue-

da penetrar en el suelo y llegue a ser utilizada por las plantas. El Salado, por encontrarse en una situación continental, tiene un ambiente seco. No se beneficia de la influencia marítima en la forma de neblina o humedad ambiental lo cual favorecería a las plantas. Además existen en la zona de estudio fuertes vientos particularmente en febrero y marzo que resecan la atmósfera y afectan desfavorablemente a las plantas. El suelo y la vegetación también influyen sobre el grado de aridez prevalente en la siguiente forma: un suelo erosionado y sin vegetación no estará protegido de los rayos solares y por lo tanto tendrá temperaturas elevadas provocando mayor evaporación de la que se observaría en un suelo con cubierta vegetal. Además de todo esto, el mal manejo del suelo o simplemente el paso de animales y humanos produce una compactación que favorece la desertificación. En El Salado, como consecuencia del sobrepastoreo, se observa que el suelo está sufriendo una degradación en sus cualidades químicas y físicas y ya no puede mantener una vegetación abundante. El suelo al estar sin vegetación se encuentra atacado por la acción de agentes erosivos tales como el viento, la gota de lluvia y las aguas broncas que aparecen esporádicamente después de fuertes lluvias. Al aumentar la erosión se acentúa la aridez climática ya que ocurre un cambio en el micro-clima (Arnón, 1972).

Durante la Conferencia sobre Desertificación de las Naciones Unidas en Nairobi, 1977, se definió el proceso de de-

sertificación del mismo modo como lo expuso Rapp (1974), sólo que este investigador lo llamó desertización (Glantz, 1977). El término desertificación se refiere a "la extensión de condiciones similares al desierto en áreas áridas y semiáridas hasta los 600 mm, debido a la influencia del hombre o a cambios climáticos" (Glantz, 1977). Es decir, "el deterioro generalizado de los ecosistemas bajo las presiones combinadas de un clima adverso y fluctuante y una explotación excesiva o equivocada" (Comisión Nacional de las Zonas Áridas). Se considera que este es un problema a nivel mundial del cual México no se escapa. El Salado, como muchos otros lugares del país, está sufriendo un proceso de desertificación por medio de la erosión eólica e hídrica, además existe la desertificación producida por una inadecuada aplicación de tecnología hidráulica, al crear zonas de riego sin drenes, o utilizando suelos y aguas salinas, lo cual sólo trae la salinización y alcalinización de las tierras como se observa en Las Colonias, dentro de la zona de estudio. En El Salado "la extensión de condiciones similares al desierto", no se debe a un cambio climático general sino, más bien, a una sobre-explotación de los recursos naturales. Esta sobre-explotación incluye el sobrepastoreo, la abertura de más tierras agrícolas sobre suelos no adecuados, y la excesiva explotación de productos forestales, como las fibras duras de la palma samandoca y de la lechuguilla, la explotación de la candelilla y la recolección de distinto material para combus-

tible. La sobre-explotación de recursos frecuentemente ha sido vinculado a una explosión demográfica, en el caso de El Sa lado la población se ha mantenido estable durante las últimas décadas a pesar de que el país en su conjunto está sufriendo un rápido aumento de población.

Se han ideado varias fórmulas para considerar la aridez de una zona. Las más utilizadas en México son las de Köppen modificado por García y la de Thonrthwaite; ambas clasificaciones climáticas se encuentran analizadas en la sección sobre climas de este mismo trabajo. Aquí sólo veremos dos índices para reconocer la aridez.

- 1) El índice de aridez de De Martonne (1926), que tomándolo como base anual consiste en el número de días lluviosos al año multiplicado por la precipitación media por día, y el resultado es dividido por la temperatura media anual más diez.

Es decir:

$$I = \frac{n p}{t + 10}$$

donde I = índice

n = número de días lluviosos

p = precipitación media por día

t = temperatura media durante la época seleccionada

En una base anual: si $I < 30$ el clima es semi-árido

si $I < 20$ el clima es árido

- 2) La fórmula de Gausson (1954) quien considera que un mes es árido cuando $p < 2t$, es decir cuando la precipitación media mensual en cm es mayor a dos veces la temperatura media mensual en grados centígrados.

Aplicando a los datos de la estación climatológica de Vanegas el índice de aridez de De Martonne en una base anual encontramos que la zona es árida, y al aplicar la fórmula de Gausson vemos que todos los meses son áridos excepto junio, julio y septiembre. Resulta que precisamente estos 3 meses reciben un promedio del 49.6% de la precipitación anual.

(Ver Observaciones Climatológicas 5.8).

CAPITULO 2

REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 BIBLIOGRAFIA ESPECIFICA DEL AREA DE EL SALADO

Existe muy poca literatura específica sobre la zona de El Salado, probablemente debido a la poca importancia económica de esta zona. A pesar de este hecho es posible consultar algunos estudios. En cuanto a botánica, se encuentra amplia información en la tesis doctoral de Rzedowski (1961) sobre la vegetación del Estado de San Luis Potosí, además hay otros trabajos (publicados en 1957, 1960, 1966, 1978) de este mismo autor que hacen mención de la cuenca endorréica de El Salado. Por medio de estos trabajos es posible conocer la altura de las especies como también el porcentaje de cobertura y medio ecológico en que se desarrollan.

Basándose en un análisis de vegetación y viendo aspectos climáticos y edáficos, la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) elaboró una publicación para el Estado de San Luis Potosí (1974), que forma parte de una amplia obra "Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana". En esta publicación se da información sobre los coeficientes de agostadero y vegetación de algunos lugares del Municipio de Vane gas.

La geología se encuentra detallada por medio de una

cartografía y memoria que forma parte de la Carta Geológica - de México en la hoja "El Salado" realizada en el Instituto de Geología (1965) y cuyo autor principal es García-Calderón -- (1968). Dicho trabajo fue hecho con la colaboración de Loredo-Murphy y Trujillo-Candelaria, quienes hicieron tesis profesional de esta misma zona ampliando la información presentada en la hoja "El Salado". En todos estos trabajos se presentan generalidades físicas de la zona, estratigrafía, geología histórica y geología económica.

Los suelos de la zona no han sido completamente descritos, pero hay dos estudios llevados a cabo por personal de la Dirección de Agrología de la S.R.H., Obregón-Ovalle y González-Reyes (1976) quienes hicieron los estudios semidetallados de los ejidos de San Juan de la Cruz y El Gallo, del Municipio de Vanegas, S.L.P. Dichos trabajos incluyen aspectos socio-económicos además de los aspectos físico con mención específica sobre los suelos, sus usos y manejo.

La zona de El Salado se encuentra cubierta por las cartas de CETENAL, a escala 1:50,000, por lo que es posible obtener amplia información sobre topografía, edafología, uso del suelo, uso potencial, geología y clima. Dichas cartas fueron hechas entre 1973 y 1975, basándose en aerofotos de 1972.

Los mapas de CETENAL y la Carta Geológica de México Hoja El Salado del Instituto de Geología de la UNAM presentan discrepancia con respecto a los límites estatales entre San

Luis Potosí y Zacatecas. El primero de estos mapas incluye dentro de San Luis Potosí a casi toda la Sierra de El Gallo, la Sierra de Saltillito y parte de Rocamonte; pero este límite es muy distinto a lo presentado en la Carta Geológica donde de estos lugares quedan incluidos en Zacatecas. En este estudio se decidió incluir a estas sierras como parte del área particularmente en el mapa esquemático de fisiografía.

2.2 LITERATURA A NIVEL ESTATAL Y DE ZONAS ALEDAÑAS A EL SALADO

Existen algunos estudios del Estado de San Luis Potosí que tienen interés por encontrarse en ellos mención del Municipio de Vanegas o bien por tratarse de temas de suelos de zonas aledañas a El Salado, aunque no siempre están en el mismo estado. También existen trabajos de zonas que tienen similitud a El Salado, se encuentran dentro del mismo estado pero no son zonas contiguas. Dichos estudios pueden ser útiles para ampliar conocimientos y experiencias que pudieran extrapolarse a la zona de estudio.

Se han encontrado varios trabajos con referencia a lugares relativamente cercanos a Vanegas y cuyos datos, con algunas reservas, podrían extrapolarse a El Salado. Entre éstos se encuentra un folleto de Velasco Molina (1974) sobre captación de aguas en regiones áridas en el cual se hace un resumen general sobre distintos sistemas de recolección de agua en pequeña escala, uso de impermeabilizantes, hidrofóbicos y retardadores de la evaporación para hacer más eficiente

la cosecha de agua. Este trabajo incluye los costos del actual acarreo de agua por auto-tanques y se los compara con los costos de construcción de trampas de lluvia, llegándose a la conclusión que las trampas abaten los costos a más del 50%.

Otro trabajo que se podría extrapolar a Vanegas son los del Campo Experimental Forestal de Zonas Áridas "La Saucedá" Ramos Arizpe, Coahuila. Por medio de dichos trabajos se ha pensado en un desarrollo agropecuario sin el empleo de riego. En el Boletín Divulgativo N° 36 del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de la Cruz-Campa y Zapián-Barragán (1974) señalan las posibilidades de cultivar algunas plantas silvestres nativas a dicho campo experimental como son el mezquite, las palmas del desierto (Yucca sp.), la candelilla, la lechuguilla, el maguey, la gobernadora, el guajillo (Acacia berlandieri), el nopal, la costilla de vaca (Atriplex canescens) y varios zacates nativos (Setaria macros-tachya, Setaria scheelei y Muhlenbergia porteri). También se hicieron experimentos con sorgo, maíz y pastos inducidos. Entre las conclusiones se señala que "las limitaciones económicas para la investigación en las zonas áridas están deteniendo un equilibrado desarrollo del país". Por lo tanto se debería de financiar los trabajos en esta zona. Además intensificar la multiplicación de las plantas arriba mencionadas pero recordando que el éxito de una plantación depende de su establecimiento y después de una utilización adecuada.

Se han elaborado pocos estudios sobre la ganadería del norte de San Luis Potosí, pero Lezama-Escobedo en 1972 presentó un calendario para el manejo de ganado ovino en un ejido del Municipio de Venado, con el propósito de mejorar la ganadería local. Dicho trabajo puede extrapolarse a El Salado por la similitud de condicionales ecológicos, pero el enfoque es principalmente veterinario con casi nula mención de los pastizales y suelos.

Existe una amplia literatura de trabajos sobre las zonas áridas de México pero frecuentemente se trata de estudios realizados por la antigua Secretaría de Recursos Hidráulicos con miras a introducir riego en un área o para mejorar las condiciones de un distrito de riego. Resultan más escasos los trabajos para aumentar la producción agropecuaria en zonas áridas de temporal como es El Salado.

Así, todos los estudios hechos por personal de la Dirección de Agrología, S.R.H. en zonas aledañas a El Salado están hechos con miras a introducir riego, como el Estudio Agrológico Semidetallado Tanque Colorado por Obregón-Ovalle (1976) y el Estudio Agrológico Semidetallado San Isidro, Municipio de Cedral, S.L.P. por Cabral-Berumen (1974). Ambos estudios se localizan al sur de El Salado y reconocen los tipos y series de suelos existentes como también examinan problemas agropecuarios relacionados con cada punto de muestreo. Se nota que los autores tienen particular interés en que se estimule el riego y por lo tanto, se trata de

reconocer lugares adecuados para agricultura de riego. Existen también en esta misma dependencia datos edafológicos de los ejidos Estación Caborca y San Cristóbal. También en esta misma secretaría se encuentran datos climáticos y sobre análisis de agua.

En cuanto a suelos Grande-López (1966) presenta datos sobre la morfología y génesis de suelos yesíferos de Matehuala, S.L.P. examinándolos desde un punto de vista mineralógico. También con orientación mineralógica Castro-Dimas y Aguilera-Herrera (1965) analizan dos perfiles de suelos del Valle de San Luis Potosí, uno sobre roca ígnea y el otro sobre roca caliza para ver cómo el material parental afecta los suelos dentro de un mismo clima árido.

El Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí ha tenido interés en estimular el conocimiento tanto de la vegetación como de los suelos de zonas áridas, de allí que su personal haya hecho trabajos sobre vegetación (Rzedowski, 1966) y suelos como el Estudio Edafológico Preliminar de los Suelos del Municipio de Villa de Arriaga, S.L.P., por Grande-López et al., (1966). Dicho trabajo incluye 65 perfiles con sus respectivos análisis químicos y físicos, además de clasificación de suelos a nivel de series y discusión de problemas relacionados con el uso de estos suelos.

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOS

3.1 TRABAJO PRELIMINAR DE GABINETE

El primer paso en este estudio fue el examen en gabinete de mapas y fotografías aéreas de la zona de estudio; estas imágenes fueron tomadas por CETENAL durante el mes de junio de 1972 a la escala de 1:50,000. Después se realizó un examen de material bibliográfico además de los mapas elaborados por CETENAL con base a las fotografías ya mencionadas. Dichos mapas a escala 1:50,000 incluyen los siguientes aspectos: Topografía, Uso del suelo, Uso potencial del suelo, Edafología y Geología. La carta topográfica apareció en 1973 mientras que el resto de las cartas en 1975. Con esta información y la hoja El Salado 14 R-J 11 (que forma parte de la Carta Geológica de México, serie 1:100,000 del Instituto de Geología, U.N.A.M. publicada en 1968 (García-Calderón, 1968) se prosiguió a escoger teóricamente los sitios de muestreo que se consideraron más representativos de distintas situaciones en la zona. Esto se hizo basándose en la geomorfología, geología, drenaje junto con distintos modelos de color, textura y forma que se observaron en las fotografías aéreas.

3.2 MUESTREO EN EL CAMPO

Después de tener situados hipotéticamente los puntos de muestreo se continuó a realizar dos recorridos al área de es-

tudio durante los cuales se recolectaron los suelos. En algunas ocasiones se cambió estos sitios debido a que localmente se reconocieron puntos más convenientes. El trabajo de campo se hizo durante la época de sequía en febrero y marzo. Se reconoce que un muestreo más adecuado hubiera requerido de otra salida de campo, y que además hubiera sido durante la época de lluvias para así tener idea de las características del suelo bajo condiciones de mayor humedad, pero esto no se pudo realizar. Para el muestreo se cavaron pozos de profundidad variable según las características del suelo, los cuales fueron descritos y muestreados por horizontes. Se hicieron dentro de la zona de estudio de San Luis Potosí 21 pozos de los cuales se recolectaron 109 muestras.

También se muestrearon algunas plantas y rocas que se consideraron importantes y no se podían identificar en el campo. Además tanto los perfiles de suelos como la vegetación y el paisaje fueron fotografiados. En las fotografías aéreas se hicieron anotaciones sobre peculiaridades que se veían sobre el terreno.

Se empleó en general para el trabajo de campo la metodología del Soil Survey (1976) y Clarke (1974).

3.3 TRABAJO DE LABORATORIO

Todas las muestras fueron trabajadas dentro de los distintos laboratorios del Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la U. N. A. M. A dichas muestras se

les hizo las siguientes determinaciones después de secar, moler y pasar los suelos por un tamiz de 2 mm:

- 1.- El color se obtuvo por medio de las Tablas Munsell.
- 2.- Densidad aparente por el método gravimétrico (Black, 1968). Densidad real por el método del picnómetro (Black, 1968).
- 3.- Textura por el método de Bouyoucus (1969), destruyéndose previamente la materia orgánica.
- 4.- La materia orgánica (M.O.) está dada por medio del porcentaje de carbón orgánico. El método que se utilizó fue el de Walkley (1935) eliminando interferencia de cloruros por medio de la adición de sulfato de plata en el ácido de digestión (Jackson, 1958).
- 5.- La reacción del suelo (pH) se midió tanto en una suspensión de agua destilada como de cloruro de potasio en ambos casos con una relación 1:2.5 empleando un potenciómetro Corning con electrodos de vidrio y Calomel.
- 6.- La conductividad eléctrica (C.E.) se obtuvo por medio de un puente de conductividad eléctrica de marca Philips en extracto de saturación.
- 7.- El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se obtuvo por cálculo a partir de la relación de absorción de sodio (RAS).

$$\text{RAS.} = \text{Na}^+ \frac{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})}{2}$$

$$\text{PSI} = \frac{100 (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})}{1 + (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})}$$

(USDA, 1973)

- 8.- La C.I.C.T. empleando centrifugación para: saturar con cloruro de calcio, lavar con alcohol etílico, eluir con cloruro de sodio la titulación para conocer la C.I.C.T. es con Versenato (EDTA) (Bower y otros, 1952).
- 9.- Los cationes intercambiables se extrajeron con acetato de amonio. El Ca^{++} y Mg^{++} se titularon con versenato (EDTA) empleando murexida y negro de eriocromo 1, como indicadores; mientras que el potasio y sodio se cuantificaron por flamometría (Cheng y Bray, 1951).
- 10.- Los iones solubles se cuantificaron a partir del extracto de saturación de cada muestra. Se determino el Ca^{++} y Mg^{++} con versenato, (Cheng y Bray, 1951) el potasio y sodio por flamometría, los carbonatos y bicarbonatos por titulación con ácido sulfúrico, (Reitemeier, 1943), los cloruros por titulación con nitrato de plata (Reitemeier, 1943), los sulfatos se determinaron empleando un método gravimétrico con cloruro de bario, provocando una precipitación de

sulfato de bario (Jackson, 1958).

- 11.- El yeso se cuantificó por precipitación con acetona (Bower y Huss, 1948).
- 12.- Los carbonatos alcalino-terreos por titulación empleando ácido clorhídrico e hidróxido de sodio. (American Public Health Association and American Water works Association, 1946).

La mayor parte de los métodos analíticos mencionados en este trabajo se encuentran en el Manual de Agricultura N° 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (sexta edición, México 1973).

3.4 TRABAJO FINAL DE GABINETE

Una vez que se disponía de todos los datos de campo y laboratorio se prosiguió a elaborar el informe y los mapas, los cuales se hicieron con un mosaico de fotografías aéreas no restituidas, interpretadas con la ayuda del M. en C. Gilberto Hernández-Silva.*

* Investigador de Tiempo Completo del Instituto de Geología, U.N.A.M., donde se llevó a cabo esta Tesis.

CAPITULO 4

ASPECTOS HUMANOS

(PROBLEMAS SOCIO-ECONOMICOS)

La extensión de la zona de estudio es de 2253.6 km², algo menor que la del Municipio de Vanegas, el cual cubre 2667.2 km². La diferencia de ambas representa un 16% y no existen datos más detallados, por lo tanto se han tomado los datos* de todo el municipio como representativos para la zona. Dicho municipio tiene el 4.2% de la extensión del Estado de San Luis Potosí.

4.1 DEMOGRAFIA

Según el censo de 1970 la población del Municipio de Vanegas era de 6771 habitantes, lo cual representa el 0.5% de la población del estado. Conociendo la población y kilometraje de este municipio se calcula que la densidad de población es de 2.5 habitantes por km². En realidad se encuentra concentrada en pequeños núcleos, encontrándose los principales a lo largo de la vía férrea como se observa en El Salado. La población de Vanegas es cabecera de municipio y su importancia se debe a que es un entronque ferroviario con

* Los datos socio-económicos de este estudio fueron tomados del censo de 1970, ya que al momento de escribir esta tesis todavía no estaban disponibles los datos del censo 1980 y las proyecciones de 1975 no incluyen datos económicos a nivel municipal.

aproximadamente el 33% de los habitantes del municipio, por lo tanto resulta más adecuado considerar la densidad de población como 1.6 habitantes por km². No se puede estimar que esto sea una fuerte presión demográfica ya que áreas similares en otros países pueden sustentar más población. La pobreza que se nota en la zona de El Salado no es resultado de sobrepoblación sino más bien de mal uso de los recursos en gran parte debido a una inadecuada organización en el manejo de las tierras.

Cuando se compara la población de 1960 que era de 6790 individuos con la de 1970, se nota que hubo un muy ligero decrecimiento, del orden de 0.03%. Esto es resultado de la emigración de campesinos empobrecidos por la pérdida de cosechas y que salen en busca sustento en los Estados Unidos y ciudades del centro de la República (Comunicación personal). Los campesinos al abandonar sus tierras de cultivo las dejan sin ningún plantío que pudiera defenderlas de las fuerzas erosivas del viento y el agua. Esto provoca un grave daño a la zona pero, además, la emigración no es conveniente porque representa la pérdida de hombres jóvenes, o sea, la parte más fuerte y emprendedora de la población. Frecuentemente los que se quedan atrás no pueden efectuar todas las labores de cultivo siendo que predominan niños, mujeres, ancianos y esto se convierte en un círculo vicioso. Los jóvenes dejan sus hogares orillados por la pobreza, pero al ausentarse sólo provocan mayor pobreza y no siempre el trabajar fuera de

la zona mejora los ingresos familiares.

La población del Municipio de Vanegas muestra varias señales de pobreza y atraso. Uno de los principales es el alto índice de analfabetismo prevalente de 1059 analfabetos o sea 32.2% de la población de 15 y más años, cuyo total es de 3286 habitantes. En comparación, el analfabetismo a nivel nacional es de

La población es principalmente mestiza, pues sólo 236 habitantes mayores de 5 años se consideraron indígenas, de los cuales se reportó que 56 no hablaban español.

En la Comisión Nacional de Salarios Mínimos se consideró que el salario del campo para la zona norte de San Luis Potosí era en 1978 de \$62.00 (Sesenta y dos pesos) al día siendo que en ese mismo año en el D.F. el salario era casi el doble. Esto explica la atracción de la gran urbe para la población rural. La verdad es que en la zona de estudio el campesino recibe diariamente mucho menos que el salario mínimo.

4.2 SERVICIOS PUBLICOS

Entre los servicios públicos más completos que existen en la zona se encuentran las escuelas rurales, que sólo cubren la primaria y frecuentemente en forma incompleta pues comprende únicamente los 3 ó 4 primeros años. Las secundarias más cercanas están fuera de la zona de estudio hacia el norte, en El Salvador, Zacatecas, a unos 22 kiló-

metros de la Estación El Salado o bien en la población de Vanegas y en Cedral a más de 36 kilómetros de dicha estación. Cedral es una población que además de tener secundarias tiene una escuela técnica agropecuaria, pero en realidad, debido a las dificultades de transporte, la zona sólo cuenta con primarias que se localizan en los siguientes lugares:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Cuatro Milpas | 9. Noria de los Cedros |
| 2. El Gallo | 10. Presa de Santa Ana |
| 3. El Salado | 11. Salitrillo |
| 4. El Tepetate | 12. Santa Teresa |
| 5. Huertecilla | 13. San Vicente |
| 6. La Noria de Jesús | 14. Tanque de López |
| 7. La Trueba | 15. Tanque Nuevo |
| 8. Los Encinos | 16. Zaragoza |

La preparación educativa de la población es deficiente, aún en el aspecto agropecuario y ésto se ve en la forma que esta actividad se practica. Generalmente se llevan a cabo las labores del campo en forma tradicional sin el empleo de técnicas modernas, lo cual es reflejo de una situación económica precaria acompañada de falta de conocimientos; por lo tanto, resulta absolutamente necesario ampliar la labor de extensionismo agrícola, que puede tener un fuerte punto de apoyo en las escuelas rurales.

El servicio médico en la zona es casi inexistente. En

Tanque Nuevo hay un centro asistencial, también hay un médico que recorre el norte de la zona, pero cuya base está en El Salvador.

En realidad los servicios médicos más cercanos son El Salvador, para la zona norte del área de estudio, mientras que para el sur la asistencia más cercana se encuentra en Vanegas, Cedral y Matehuala (esta última a más de 50 km).

No existe agua de buena calidad en las partes bajas de la cuenca de El Salado, excepto aquella transportada por el ferrocarril y que proceden de zonas fuera del área estudiada. El agua local se obtiene por medio de pozos someros localizados sobre aluviones con sales, lo cual hace que las aguas tengan conductividades eléctricas altas como se cita en la Tabla N° 1). El uso de estas aguas para riego representa un peligro para los suelos ya que se provocaría salinidad en los mismos.

Existe servicio de teléfono y telégrafo en las estaciones ferroviarias, además existe energía eléctrica para las poblaciones a lo largo del ferrocarril, pero también hay ramales para dar energía a otros poblados; a partir de El Salado se abastece El Gallo y Santa Teresa, desde San Vicente se facilita este servicio a las poblaciones de El Tepetate, Huertecillas y Zaragoza, mientras que desde la Estación Vanegas hay líneas de conducción para el sureste de la zona de estudio.

4.3 LAS ACTIVIDADES ECONOMICAS DE LA ZONA

La principal actividad económica en la zona es de índole

agropecuaria, incluye la agricultura, la ganadería y la explotación de productos silvestres. El censo agrícola de 1970, realizado por la Dirección General de Estadística, da un panorama de sólo una parte del Municipio de Vanegas, que cubre 2338 km² de los 2667 km² que tiene todo el municipio. El área cubierta por el censo es de extensión similar a la zona de estudio por lo tanto, se puede considerar que el censo da una idea aproximada de la realidad de la zona de El Salado, considerando que la zona es bastante homogénea en cuanto a desarrollo agrícola.

a) La agricultura

La agricultura es casi en su mayoría de temporal llevada a cabo con herramientas rudimentarias. Lo comprueba el hecho de que en 1969 sólo el 8.46% de las 6237 ha. de tierras de labor recibieron riego y más de 64% de los arados existentes son de madera jalados por tracción animal que comúnmente consiste en mulas; mientras que sólo hay 5 tractores de poca potencia y todavía la mayor parte de la labor de campo es manual usando azadón y pala (V Censo Ejidal).

Por lo general no se emplean semillas mejoradas ni abonos químicos ya que los campesinos no cuentan con el capital necesario para adquirirlos. Los gastos que se hacen en el campo son más bien para pagar sueldos de peones, cuando no alcanza la mano de obra familiar, o bien para compra de forraje. El capital que se invierte se destina principalmente a la

adquisición de ganado y tierra. Esta pobreza en recursos económicos impide el uso de la tecnología moderna, lo cual, junto con la escasa precipitación que ocurre en algunos años, provoca pérdidas de cosechas. La sequía es el factor más importante para explicar la baja productividad de la zona. Durante el censo se calculó que entre 80 y 90% de las pérdidas de cosecha de 1969 se debía a la sequía. Los rendimientos de maíz en años de bonanza llegan a ser más de 900 kg por Ha., aunque la media más frecuente es de 400 kg por Ha. a 500 kg por Ha. y con frecuencia se pierde la totalidad de la cosecha. La baja producción explica los pocos ingresos económicos locales. (Comunicación personal).

Aquí se observa un círculo vicioso. La agricultura es precaria, de subsistencia, con rendimientos bajos. En estas condiciones es difícil para el Banco Rural financiar la tecnología moderna adecuada que pudiera hacer subir la producción local debido a que no hay manera de garantizar la recuperación de la inversión que se haga. Además la mayor parte de las tierras de labor, como un 81.76%, forman parte de ejidos y comunidades agrarias, los ejidatarios en forma individual no son sujetos de préstamos a menos que sea en forma colectiva, esto también restringe las posibilidades de préstamo bancario ya que frecuentemente no hay suficiente organización dentro de los mismos ejidos. Hay en el Municipio de Vanegas 19 ejidos y comunidades agrarias, de las cuales 12 tienen entre 1000 y 5000 Has. de tierras de cultivo (Censo, 1970).

Las 6237.1 Has. de tierras de labor representan el 2.67% del área cubierta por el censo, o sea el 2.33% de todo el municipio. Eso no quiere decir que todas estas hectáreas estuvieron en 1969 bajo cultivo al mismo tiempo ya que la mayoría permaneció en descanso, además hay hectáreas que tuvieron cosechas de crecimiento en verano y otras en invierno.

Durante el invierno del 68-69 se sembraron 1,037 Has. (V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal, 1970), mientras que en el ciclo primavera-verano del 69 se sembraron 1,567.7 Has.; de las cuales, la mayor parte se perdió por sequía (ver Tabla N° 2). Los principales cultivos son anuales y de ciclo corto, incluyen al maíz, frijol, chile y alfalfa; los dos últimos son de poca importancia (ver Tabla N° 3). El principal cultivo es el maíz, ocupa el 72% de la superficie cosechada, predomina la variedad criolla y tanto este producto como el frijol se plantan solos o bien en forma intercalada, resultan no ser los más remunerativos ni los más adecuados para la agricultura de temporal de esta zona, sin embargo, se siguen cultivando debido a que forman tradicionalmente parte de la alimentación básica local y además, porque el campesino sabe cultivar estas plantas, lo que no ocurriría con el sorgo y mijo que son productos más adaptados desde el punto de vista climático, pero son totalmente desconocidos por el ejidatario local. Además hay que considerar los trastornos económicos resultantes al introducir localmente un nuevo producto que en México no se utiliza directamente, sino sólo como alimento de ganado y que pasa a

plantas de concentrado alimenticio para animales; por lo tanto se considera al sorgo y mijo como un producto industrial.

Otros cultivos existentes son: durazno, tuna de nopal, agave para elaborar mezcal. Estos últimos productos aparecen tanto en plantación como en forma dispersa.

Las tierras que están reportadas en el censo como "incultas productivas" 10,243 Has., son áreas donde hay productos silvestres como la candelilla, el guayule y el ixtle. El censo no consideró los dos primeros, ya que en 1969 casi no fueron explotados debido a la presencia de substitutos (como son las ceras y hules sintéticos fabricados a partir de procesos petroquímicos), pero a pesar de ello se produjeron aproximadamente 705 mil toneladas de ixtle de palma (Yucca sp.) y 893 mil toneladas de ixtle de lechuguilla (Agave lechuguilla). La mayor parte del área reportada como no apta para la agricultura ni para la ganadería, son áreas pedregosas con muy poca vegetación y que están en la parte montañosa.

En esta zona árida de El Salado las tierras de labor se encuentran en áreas que por su topografía reciben una mayor dotación de agua. El campesino escoge lugares que no sólo reciben las aguas de las precipitaciones sino también de escurrimientos de la parte montañosa. Estas aguas se concentran en angostos valles donde se realiza la roturación de las tierras siempre y cuando el suelo tenga suficiente profundidad para practicar la agricultura. También hay concentración de agua y

se cultiva la tierra en la parte baja de los abanicos aluviales donde las texturas del suelo tienden a ser francas y por lo tanto, favorables para los cultivos además de ser lugares que reciben agua tanto superficial como del subsuelo.

b) La ganadería

La principal actividad de la zona es la ganadería, para lo cual se explotan las tierras cerriles como también las amplias praderas denominadas zacatales o pastizales. Este tipo de vegetación se distingue por estar compuesto principalmente de "herbáceas de tipo graminiforme" (Rzedowski, 1966). Existen 34,127.5 Has. de pastos naturales en cerros y 103,535 Has. en llanuras (ver Tabla N° 2). En este último caso muchos de los pastos son de tipo halófito y gipsófito, los cuales se desarrollan sobre suelos salinos y yesosos respectivamente. En los cerros algunos pastizales son secundarios, es decir su presencia se debe a la destrucción de la vegetación original de matorral xerófito y bosque, de lo cual es principalmente responsable el hombre y sus actividades económicas y políticas.

Los pastos locales de mayor importancia para las actividades ganaderas son las del género Bouteloua y Muhlenbergia. Pero también existen otros tipos de plantas que no son gramíneas y que son ingeridas por los animales como Acacia sp., Ephedra spp., Prosopis spp., Calliandra eriophylla, Krameria spp., Opuntia (Platy-opuntia) spp., Dalea tuberenlata. Según

Rzedowki (1966) algunos de los géneros y especies más comunes en la zona y que además son útiles para la ganadería son: en las laderas riolíticas, Aristida divaricata, A. schiedeana, Bouteloua curtispindula, B. gracilis, B. hirsuta, B. radicata, Muhlenbergia repens, M. rigida, Stipa eminens; en laderas de calizas se ven Bouteloua curtispindula, B. gracilis, B. scorpioides, Leptochloa dubia, Muhlenbergia rigida, Stipa eminens, Tridens grandiflorus; en las llanuras de los bolsones donde hay suelos aluviales predomina la Bouteloua scorpioides y B. gracilis, cuando los suelos son salinos hay Sporobolus wrightii o S. nealleyi, Buchloe dactyloidea, pero si las concentraciones de sales son muy altas se observa Distichis spicata, Eragrostis obtusiflora, Sporobolus argutus, Atriplex spp., Suaeda spp. y Sesuvium sp.; en las llanuras con suelos yesosos existen Bouteloua chesei, Muhlenbergia purpuris y M. villiflora. Se considera en general que es de mayor valor pecuario un pastizal gipsófilo o uno halófito.

Son pocas las áreas de zacatal puro ya que frecuentemente hay plantas leñosas y arbustos como las acacias, mezquites y chamizo, que pueden ser componentes naturales dentro de la comunidad herbácea y además también son útiles para la cría de ganado, particularmente el menor, puesto que los animales practican el ramoneo. Debido al sobrepastoreo, pueden observarse cambios en la vegetación. Algunas especies, no apetecibles por el ganado han aumentado a expensas de otras mas palatables. Este es el caso de la engorda cabra (Dalea

sp.) que es muy nutritiva y ha disminuido mientras que están proliferando la gobernadora y hasta especies dañinas como es el caso del nopal cegador (Opuntia microdasys).

El sobrepastoreo es resultado del pastoreo libre que se practica en la zona de El Salado. En la actualidad no hay ningún control del número de cabezas, ni tampoco rotación en el uso de los pastos. Esta falta de manejo adecuado de los pastizales está provocando erosión y degradación del suelo. Si se practicara un mayor control sobre la ganadería sería posible que resurgieran muchas especies palatables y más nutritivas para los animales de las que existen en la actualidad. Esto ha quedado claramente comprobado en la estación experimental de la Saucedá, Coahuila (de la Cruz Campa, 1974), como también en otros lugares similares. Hay tendencias a tener el ganado vacuno y equino en los valles bajos, mientras que el ovino y caprino en las montañas, pero se pueden ver rebaños mezclados, particularmente en las laderas bajas de las montañas.

Los factores más limitantes en una economía ganadera son la obtención de alimentos para el ganado, agua, sal y condiciones sanitarias adecuadas, además de la comercialización. Como la zona tiene distintos tipos de vegetación natural, la cantidad de hectáreas necesarias para sostener una cabeza de ganado (el coeficiente de agostadero) variará de año en año y en distintas áreas dentro de la misma zona de El Salado. No se han hecho estudios experimentales sobre

este aspecto ganadero en el Municipio de Vanegas, pero por extrapolación con zonas similares y estudio de la vegetación local en 1974 se calculó que aproximadamente varía entre 11.80 Has. por unidad animal en condiciones excelentes de pastizal halófito a 56.46 Has. por unidad animal en condiciones pobres de matorral inerme parvifolio en la Sierra (COTECOCA, 1974) (ver Tabla N° 4). En la literatura sobre este tema se calcula que para las zonas áridas se necesitan unas 30 hectáreas por cada cabeza de ganado, mientras que en zonas semiáridas pueden ser unas 15 hectáreas. El número de hectáreas variará según el grado de aridez y el estado en que se encuentre la vegetación y el suelo. El coeficiente de agostadero* está basado en el concepto de equilibrio entre el número de animales en una área especificada y por otra parte la cantidad de material vegetal que crece en un año en ese mismo lugar y que puede ser ingerido por los animales sin disminuir la capacidad productiva de la pradera. Poco trabajo se ha hecho sobre este tema en zonas áridas debido a la gran variación de la precipitación anual (ver Gráfica I), lo que hace que la productividad de las praderas también varía ampliamente. Para no provocar daños a la zona, el ganado debe moverse en rotación por distintas praderas durante el año, además las praderas deben llevar menos ganado del dado por el coeficiente de agostadero medio y en años de sequía suplir la alimentación de fuentes fuera de la zona

* La unidad animal para el cálculo del índice de agostadero es una vaca durante 12 meses con su becerro durante 6 meses. Se considera que esto equivale a 5 ovejas ó 5 ca bras.

o bien vender los animales en otros lugares. También deberá haber menos ganado en zonas donde hay peligro de erosión (Arnon, 1972). Todo esto necesita de organización en el manejo del ganado y buena comercialización para reducir al número de animales en épocas de sequía cuando hay una gran presión sobre los recursos bióticos.

Para la obtención de agua se sabe que la zona tiene agua pero salobre; el ganado es bastante tolerante a ella, por lo tanto, se pueden encontrar muchos pozos y norias que se utilizan como abrevaderos, pero hay que asegurarse que la abertura de nuevos pozos no vaya a favorecer la presencia de un mayor número de cabezas de ganado, sin tomar en cuenta los coeficientes de agostadero, lo cual sólo agudizaría el problema de sobrepastoreo y podría dar lugar a una situación similar a la que se observa actualmente en Africa, donde en años secos el ganado muere más por hambre que por sed (Glantz, 1977). En cuanto a la necesidad de sal, esto no es ningún problema en El Salado, puesto que es suficiente llevar el ganado sobre pastizales salinos en la parte baja de los bolsos o darles a beber de pozos con agua salina, para que los animales adquieran la sal necesaria. Respecto a las condiciones sanitarias para el ganado, las zonas áridas se consideran mejores que las húmedas tropicales. En las zonas áridas hay menos enfermedades y las existentes pueden ser combatidas por el servicio veterinario. Pueden observarse en El Salado unidades móviles de este servicio, no obstante se necesita

más esfuerzo veterinario para mejorar las razas, controlar enfermedades y tener manejo adecuado de los animales.

El ganadero en las partes áridas de México se encuentra expuesto a la fluctuación de sus rebaños debido a las variaciones climáticas. A veces la disminución del ganado por sequía no se resiente inmediatamente, debido a que la alimentación de emergencia puede traerse de otras zonas, pero en El Salado esto no ocurre, por lo tanto, años secos significa pérdidas tanto en la ganadería como en la agricultura y la reducción de ingresos por concepto de estas actividades, esto hace que el campesino busque ingresos en la tala de fibra o en la recolección de la cera de candelilla (Comunicación personal).

El tipo y número de cabezas de ganado existentes en el Municipio de Vanegas en febrero de 1970 fue reportado en el censo agrícola de la Dirección General de Estadística y aparece en la Tabla N° 5. Al examinar esta tabla se observa que el ganado de mayor importancia es el caprino, mientras que le siguen con mucho menos importancia el ganado vacuno y lanar. También es posible observar que son escasos los animales finos siendo la mayoría animales corrientes, en los cuales no se lleva a cabo ninguna selección, control de número, manejo especializado ni uso de potreros cercados, todas prácticas que serían muy útiles para mejorar las razas de los distintos tipos de ganado, además de que mejoraría el uso del suelo.

El ganado caprino en 1970 fue de 37,429 cabezas, lo cual representa un fuerte aumento en comparación a 1960 cuando sólo había 13,493 ejemplares. El gran aumento del ganado caprino ha sido fuertemente criticado ya que estos animales tienen una gran capacidad para destruir la vegetación natural, a tal grado que en los Estados Unidos se los emplea de manera muy vigilada para controlar la vegetación arbustiva en lugar de usar herbicidas (Green et al., 1978). Las cabras también tienen aspectos muy favorables como es la capacidad de adaptarse a medios muy adversos con largos períodos de sequía o áreas montañosas con vegetación arbustiva donde difícilmente se adaptan otros animales. El problema de las cabras no es el del animal en sí, sino más bien el del ganadero que con el deseo de obtener una mayor ganancia inmediata no controla el número de cabezas. La presencia de este animal debería estar en concordancia con los coeficientes de agostadero locales, por lo tanto su presencia no debe verse negativamente, sino más bien, abogar por un cambio en las prácticas ganaderas prevalentes, estimulando por medios económicos, a que el campesino practique un buen manejo del suelo y del ganado, lo cual a la larga sería provechoso. Para realizar ésto sería necesario acabar con la práctica de libre pastoreo y organizar a nivel ejidal el uso de los pastizales.

Todos los animales tienen usos múltiples. Entre las especies grandes, cierta cantidad es apartada para realizar trabajos de campo, como animales de tiro. Durante el censo se

reportó que existían 580 bueyes y vacas de trabajo, así como 558 caballos y 495 mulas. En todo tipo de ganado se aprovecha la carne y el cuero. El ganado caprino si no es para consumo local, generalmente se vende pequeño y en pie para el mercado de Monterrey, Saltillo y Matehuala. Se produjo durante un año en Vanegas 1,125 millares de litros de leche de vaca y 1,055 millares de litros de leche de cabra. Frecuentemente estos dos tipos de leche se mezclan y se consumen localmente o se envían a Matehuala, donde se elabora cajeta y dulces de leche. También elaboran y consumen localmente 821 kg. de mantequilla y 3,060 kg. de queso al año. Otros productos animales son: del ganado ovino, 6,971 kg. anuales de lana sucia; de las 776 colmenas existentes se obtienen 6,272 litros de miel y de las 12,489 aves, 418 millares de huevos al año (Censo, 1970).

El valor estimado de la producción agrícola, forestal y animal en su conjunto alcanzó 7,532,000 de pesos, distribuido en la siguiente forma (Censo, 1970):

662,000 pesos en cultivo del ciclo de invierno (1968-69).

361,000 pesos en cultivo del ciclo de verano 69.

28,000 pesos en cultivos frutales y plantaciones (maguey, nopal).

37,000 pesos bebidas alcoholicas.

3,481,000 pesos de tierras incultas productivas

2,963,000 pesos producción animal.

De lo anterior se destaca que desde el punto de vista económico los más importantes son los productos silvestres

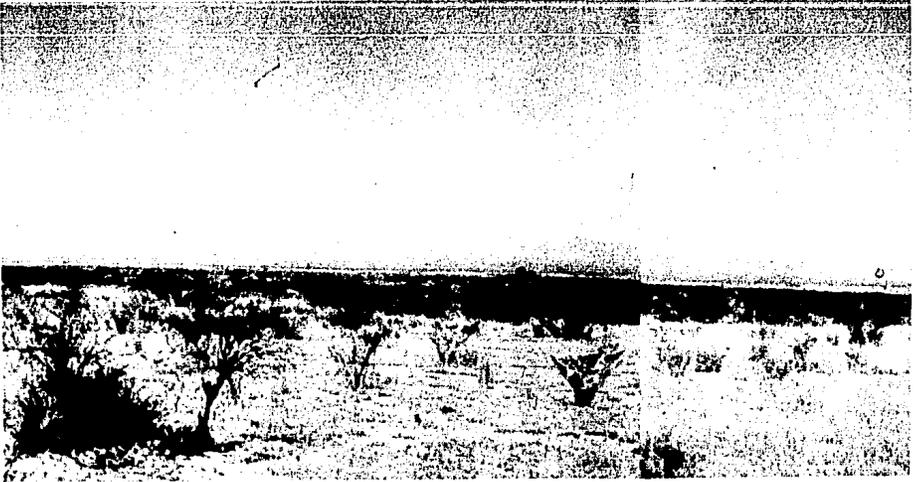
como la candelilla, guayule e ixtle, y en segundo término la ganadería.

La variabilidad en el clima de un año a otro (ver Figura I), de esta parte de la República no sólo afecta la producción agrícola sino también la ganadera y sus productos derivados; por lo tanto, los datos que se dan no sólo representativos del año en que se llevó a cabo el censo. En 1970, que fue el año para el censo de animales, las lluvias sumaron 325 mm., lo cual es ligeramente mayor al promedio anual de 313.1 mm de Vanegas. Mientras que los datos de la producción agrícola son de 1969, año del cual se desconoce la precipitación de Vanegas pero se sabe que en Cedral (que generalmente es un poco más húmedo que Vanegas), hubo 353.2 mm; esto representa para Cedral menos lluvia que en 1970.

c) Otras actividades económicas en la zona

La minería tuvo a principios de siglo bastante importancia, pero en la actualidad ya no se practica. Las vetas contienen oro, plata, plomo, cobre y zinc, además existen fosfatos, pero todos estos minerales se encuentran en pocas cantidades y no resulta económico explotarlos. Las principales minas se encuentran en las partes montañosas de la Sierra de El Saltillito y la Sierra de El Tunal (García-Calderón, 1969).

El ferrocarril es otra fuente de ingresos para algunos habitantes de la zona, pero la mayor parte de los habitantes



Paisaje de la llanura de El Salado con vista hacia la bajada Noroeste. Los suelos en esta parte más baja de la cuenca son de Solonchaks órticos y Xerosoles gípsicos con fases salinas y sódicas, ocasionalmente se observan litosoles.



Llanura de San Vicente con vegetación de matorral desértico micrófilo y dominancia de gobernadora (*Larrea* sp.). En el fondo la sierra de El Tunal y un torbellino muestra el proceso geomorfológico de erosión eólica. Un poste telegráfico señala la posición de la vía férrea junto a la cual hay áreas sin vegetación indicando problemas de salinidad y sodicidad.

relacionados con esta actividad se encuentran en la población de Vanegas, fuera del área de estudio, donde hay un entronque ferroviario de la vía México-Laredo con la vía Vanegas Matuhuala.

La población de Vanegas surgió no sólo como punto de entronque, sino también como lugar de abastecimiento de agua y combustible para las locomotoras en la época en que estas máquinas eran de vapor y necesitaban de agua y carbón, el cual a veces era reemplazado por leña. Vanegas alcanzó mayor importancia al convertirse en cabecera de municipio en 1922, cuando se creó el municipio del mismo nombre. La población actual de este pueblo pasa de los tres mil habitantes y es el centro comercial y administrativo para los ejidos de la zona de El Salado.

CAPITULO 5

DESCRIPCION FISICA DEL AREA DE ESTUDIO

5.1 GEOMORFOLOGIA

La geomorfología de la zona de El Salado es típica de un ciclo geomorfológico de clima árido que se encuentra en etapa submadura. Las montañas coinciden en parte con los anticlinales y han sufrido fuerte erosión, mientras que los valles principales coinciden con los sinclinales y se encuentran rellenos por rocas intemperizadas procedentes de las cimas montañosas. La erosión ha afectado la zona de manera que no existen las estructuras originales, por eso se considera que el área tiene un paisaje submaduro (Loredo-Murphy, 1966).

El paisaje local está formado por distintas geoformas: sierras longitudinales, valles, conos volcánicos aislados, sierras, pedimentos, lomeríos, cuencas cerradas o bolsones, llanuras lacustres, planas conocidas como playas. Todas estas geoformas tienen características propias de un paisaje que se ha desarrollado en un clima árido donde la erosión hídrica y eólica son importantes. Las escasas lluvias de verano forman esporádicas torrenteras por donde se encajona el agua en angostas cañadas; estas efímeras corrientes montañosas erosionan y transportan grandes cantidades de material hacia las partes más bajas de la zona. Así se forman cuencas de relleno conocidas como bajíos, donde los depósi-

tos aluviales son de gran profundidad. A veces se observan cerros aislados en estos bajíos, los cuales representan cumbreras de elevaciones que se encuentran enterradas.

El material intemperizado de las montañas se mueve hacia partes más bajas no sólo por medio de las aguas broncas superficiales, sino también por el viento y por la gravedad. Este material va a formar lo que algunos geomorfólogos europeos conocen como el pedimento, y la escuela francesa, como glacis de transición y acumulación (Mabbutt, 1977; Cooke y Warren, 1975). No hay que confundir este tipo de pedimento con el mismo término de la escuela americana, el cual significa la parte alta de la pendiente donde, debido a la erosión la roca madre se encuentra casi aflorando y es sólo cubierto por una capa delgada de aluvión (American Geological Institute, 1974). Frecuentemente se denomina a estos materiales, que no son in-situ, como depósitos coluvio-aluviales; el talud coluvial es la zona de acarreo por gravedad, y el talud aluvial es la zona cubierta de material acarreado por las corrientes superficiales y depositados como abanicos aluviales. Las pendientes de los pedimentos, que incluye todo el material coluvio-aluvial varían de $1/2$ grado hasta 7 grados, mientras que las montañas son mucho más verticales generalmente arriba de los 15 grados (Thornbury, 1960). Al frente del talud aluvial, hacia las partes más bajas de los valles, se localizan depósitos proluviales cerca de las salitreras. Estas últimas son lagunas salinas intermitentes

que se forman en las partes más bajas de las cuencas endorréicas, gracias a las esporádicas acumulaciones de aguas superficiales durante la época de lluvias. Las sales proceden de la descomposición de las rocas, acumulándose debido a la escasa precipitación como consecuencia de un clima árido y la naturaleza endorréica de la cuenca.

A todo el material que se extiende al pie de una cadena montañosa y que forma coalecencia de abanicos aluviales se conoce como pie de monte aluvial. El tamaño de las partículas del material que forman estas distintas geoformas varía de gruesa (grava y arenas) cerca de las montañas, a fina (limo y arcilla) en las partes bajas donde se encuentran los depósitos proluviales. Esta diferenciación en los tamaños de los depósitos procedentes de las sierras se debe a que las partículas gruesas, por su mayor peso se depositan antes que las finas y estas últimas junto con las sales van a dar a las partes más bajas de los valles (Mabbutt, 1977). Así en el valle de El Salado el sulfato de calcio se encuentra en mayor concentración en las partes más bajas (Ver Carta V).

En la zona de El Salado se observan todas las geoformas mencionadas con anterioridad, además la textura del suelo es generalmente más gruesa al pie de la sierra, pero existen excepciones relacionadas con la naturaleza de las formaciones geológicas circundantes, como por ejemplo, se observa que hay suelos arenosos aún en las partes más bajas del valle de San

Vicente debido a que el material se originó en la sierra de El Jabonero que está formada por gravas y conglomerados poco consolidados.

La existencia de lluvias, aunque en forma irregular, combinada con una geología predominantemente de rocas calizas favorece la disolución de esta última y aunque el clima semi-árido no facilita la formación de un verdadero paisaje de carst, existen ciertas características cársticas como son cavernas y comunicación subterránea de algunas cuencas endorréicas que forman la región de El Salado. Es principalmente en las calizas Zuloaga y Formaciones Cupido que se observa disolución. Favorecen el intemperismo físico los factores climáticos, así como las grandes diferencias de temperaturas, aunados a las esporádicas lluvias y fuertes vientos locales, todo lo cual ayudó a intemperizar las rocas que, una vez sueltas, fácilmente pueden ser transportadas por las aguas broncas y el viento de tal modo que los contornos geomorfológicos se suavizan y las pendientes abruptas sólo aparecen sobre afloramiento de calizas resistentes como son las Formaciones Zuloaga, Cupido y del Cura (Loredo Murphy, 1966).

5.2 EROSION

Las lluvias al caer sobre la superficie terrestre primero, forman avenidas en capas, luego las aguas se concentran en cauces formando arroyos que en gran parte modelan el paisaje ya que provocan la translocación del material intem-

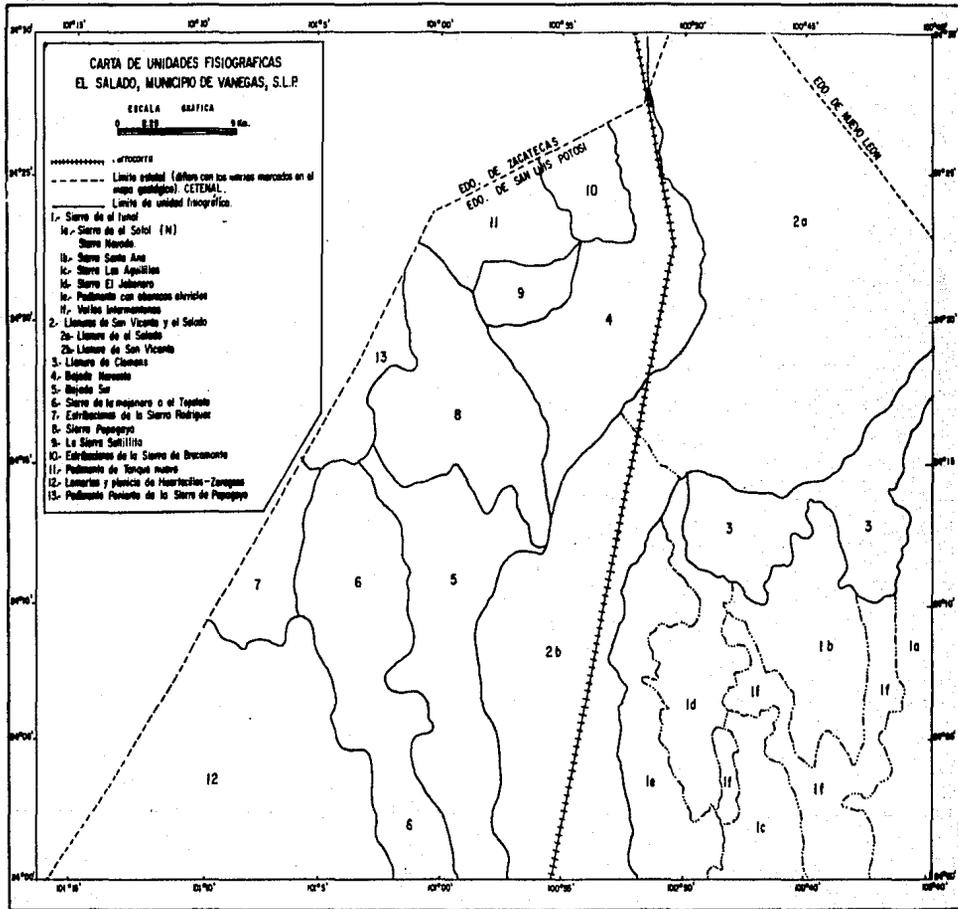
perizado de las partes más altas de las serranías hacia los valles. Así el material transportado por los arroyos sirve para rellenar los valles. Dicho material es heterogéneo, procedente de diferentes afloramientos rocosos por donde han pasado las corrientes. Mientras los escurrimientos se encuentran en las partes montañosas, las fuertes pendientes hacen que las corrientes tengan un gran poder erosivo y por lo tanto son degradantes. Una vez que alcanzan las partes bajas, los escurrimientos pierden fuerza y depositan todo el material que llevan en suspensión convirtiéndose en corrientes agradantes. El aluvión que se va depositando en las llanuras hace que se eleve el nivel general de estas partes de manera que los cerros en el suroeste de la zona aparecen aislados y rodeados de aluvión dando la visión de un paisaje sepultado.

En las llanuras no hay ningún río importante porque inmediatamente que salen las corrientes de las serranías se filtran las aguas a estratos inferiores debido a la naturaleza permeable de los suelos en las bajadas*. Además, lo plano del terreno hace que las aguas de lluvia tengan demasiado terreno a cubrir, y por lo tanto no se pueda formar ningún cauce de importancia excepto por efímeras corrientes.

En general las curvas redondeadas de las serranías y la acumulación de aluvión en los bajíos dan indicios de que la zona ha sufrido los efectos de un clima árido por mucho tiempo, y que tanto el viento como las aguas broncas, han

* Ver apéndice 2.

CARTA III



sido agentes erosivos importantes en el modelado del relieve actual.

5.3 TOPOGRAFIA

La topografía de esta zona del extremo norte de San Luis Potosí es variada debido a que se encuentra en una zona de transición en la sub-provincia de Sierras Bajas de la Sierra Madre Oriental (Raisz, 1959). Se trata de una franja de sierras con dirección general de norte a sur en las estribaciones ponientes de la Sierra Madre Oriental y donde comienza la Meseta Central. Las diferencias de altura entre las cúspides de las sierras y las depresiones son casi siempre inferiores a los 500 m., así la parte más baja de la zona es de 1,700 m.s.n.m., y se trata de la salitrera de El Salado. La mayor parte del área está incluida entre esta altura y los 2,200 m., pero existen cimas que alcanzan los 2,500 m de altura, como ocurre en la Sierra de El Gallo (Mapa CETENAL, 1972) (Ver Carta II).

5.4 UNIDADES FISIOGRAFICAS

Considerando que el clima es similar en todo El Salado con excepción de las sierras y tomando en cuenta la geología, geomorfología, suelo, drenaje y vegetación, la zona de El Salado puede dividirse en las siguientes unidades fisiográficas: (Ver Carta III y Tabla 15).

1) Sierras de El Tunál. Localizadas en el extremo sureste

de la zona, son un conjunto de elevaciones montañosas paralelas cuya altura máxima, dentro de la hoja geológica de El Salado, llega a ser de 2,250 m de altura sobre el nivel del mar y al igual que la mayoría de las sierras de la zona el alineamiento es de norte a sur. Estas sierras cubiertas por litosoles y vegetación de matorral desértico rosetófilo están intercaladas por varios valles intermontanos angostos que generalmente están sobre sinclinales pero a veces se localizan sobre anticlinales. Los suelos de estos valles son de poca profundidad y poco desarrollados, además de ser alcalinos no salinos. Se puede subdividir esta unidad de este a oeste como sigue:

- a) Sierra de El Sotol al sur de la cual se encuentra la Sierra Nevada, que es la de mayor altura.
- b) Sierra (Presa) Santa Ana
- c) Sierra Las Aguilillas
- d) Sierra El Jabonero (la más baja)
- e) Pedimento con abanicos aluviales
- f) Valles intermontanos

2) Llanuras de San Vicente y El Salado. Estas llanuras formadas de aluviones, derivadas principalmente de calizas, ocupan las partes más bajas del área que tienen una altura aproximada de 1,700 a 1,730 m.s.n.m. Se caracterizan por suelos salinos y yesosos con vegetación de gobernadora y zacate salino, así como también nopaleras. Esta unidad fisiográfica puede subdividirse en dos partes: a) Las llanuras lacustres de El Salado

constituyen la parte más baja de la cuenca del mismo nombre; aquí se llega a formar, durante épocas de lluvias, una laguna de agua salada, intermitente, de muy poca profundidad, cuyo límite medio es la cota de 1,700 m.s.n.m. aunque esto puede variar. b) La llanura de San Vicente es un valle sinclinal con alineación norte-sur, se extiende de Santa Teresa a Vanegas. Los aluviones de esta llanura proceden no sólo de calizas sino también de gravas y conglomerados del Cuaternario.

3) Llanura de Clemens. Esta llanura por su geomorfología correspondiente a una bajada con alturas aproximadas de 1,710 a 1,800 m.s.n.m. y formada por la confluencia de abanicos aluviales de material procedente de calizas del Cretácico y Jurásico de las Sierras de El Tunal. Los suelos son susceptibles a salinizarse cuando se localizan cerca de la llanura de El Salado, pero más alejado, los suelos son alcalinos no salinos. La vegetación es predominantemente de matorral desértico micrófilo.

4) Bajada noroeste. Dicha unidad con distintas alturas está formada por un gran abanico aluvial, cuyo centro es la población de Tanque de López, además de una confluencia de abanicos aluviales hacia el norte. El material de esta bajada procede de calizas del Cretácico de las Sierras de Papagayo, Saltillito y Rocamontes, además de material pórfido granodiorítico de la Sierra de Saltillito. Suelos de variada profun-

didad y textura, a veces con un horizonte petrocálcico cerca de la superficie. La vegetación es predominantemente de matorral desértico micrófilo.

5) Bajada sur. Esta unidad de distintas alturas está formada por un gran abanico aluvial cuyo centro es la población de El Tepetate. Además comunica hacia el sur con una confluencia de abanicos menores. El material del cual proceden los aluviones son calizas del Cretácico de la Sierra Papagayo (o El Gallo) y de la Sierra de La Mojonera (o de El Tepetate). Suelos de variada profundidad y textura a veces con un horizonte petrocálcico cerca de la superficie y vegetación de matorral desértico micrófilo.

6) Sierra de La Mojonera o El Tepetate localizada al suroeste de la zona de estudio tiene alturas máximas cercanas a 2,500 m.s.n.m. Esta sierra tiene una dirección norte-sur y es un anticlinal formado por calizas principalmente del Cretácico. Sus suelos son muy someros o inexistentes y se clasifican como litosoles.

7) Estribaciones de la Sierra Rodríguez, al oeste de la Sierra La Mojonera. Dicha unidad está formada por calizas del Cretácico y Jurásico. Los suelos son litosoles.

8) Sierra Papagayo o El Gallo con dirección noroeste a sursureste, alcanza los 2,500 m.s.n.m. y es un anticlinal formado principalmente de calizas del Cretácico. Los suelos existentes son principalmente litosoles.

9) La Sierra Saltillito con 2,350 m.s.n.m. presenta una dirección este-oeste contrasta a las demás sierras de la zona de estudio y está formada por material metamórfico de pórfito granodiorítico cubierto por litosoles.

10) Estructuras de la Sierra de Rocamonte, la mayor parte de la cual se encuentra en Zacatecas y Coahuila, está formada por calizas del Cretácico y los suelos existentes son litosoles. La vegetación predominante de las unidades 6 a la 10 es de matorral desértico rosetófilo.

11) Pedimento de Tanque Nuevo con altura media de 1,850 a 2,000 m formado de material procedente de la parte norte de la Sierra Saltillito y Papagayo. Además de la parte sur de la Sierra de Rocamonte. La vegetación es de matorral desértico rosetófilo y micrófilo.

12) Lomeríos y planicies de Huertecillas-Zaragoza, con alturas de 1,850 a 2,050 m.s.n.m. Esta unidad consiste en una planicie y un pedimento con material procedente de las sierras circundantes de calizas del Jurásico y Cretácicos, se distingue por la presencia de algunos volcanes del Terciario y lomeríos de calizas del Jurásico y Cretácico, además no es una cuenca cerrada ya que tiene comunicación con el valle de San Vicente. La vegetación predominante es de matorral desértico micrófilo pero en los conos volcánicos y en los lomeríos donde los suelos son delgados la vegetación es predominantemente de matorral desértico rosetófilo.

5.5 HIDROLOGIA

Según la regionalización de la S.R.H. la zona se localiza en la región hidrológica No. 37, conocida como El Salado, es una de las vertientes interiores más importantes del país con un área de 87,788 km² y tiene 64 cuencas interiores. (Dirección de Hidrología, 1972). En la subcuenca más baja es donde se localiza la población de El Salado cuyo nombre se utiliza para denominar la región hidrológica en conjunto y también específicamente a esta subcuenca. La zona analizada en este estudio es de 2253.562 km², incluye básicamente la subcuenca de menor altura y otras cuencas endorréicas muy pequeñas que se localizan en la parte sur de la Sierra de El Tunal (Loredo-Murphy, 1966). Otras son de mayor extensión como la cuenca de El Salitre, que se localiza al norte de la hoja geológica de El Salado (García-Calderón, 1968) (Carta IV), dentro del Estado de Zacatecas y cuyo escurrimiento procede de la Sierra de Papagayo de San Luis Potosí, (CETENAL, 1972). La existencia de dichas cuencas endorréicas débese a la topografía montañosa y al clima árido de la zona que sólo permite la formación de escurrimientos intermitentes y efímeros sin el suficiente poder erosivo para excavar algún flanco de las cuencas y así dar salida a las aguas salobres que se acumulan en las partes más bajas. Sólo después de una copiosa precipitación se puede observar agua en los cauces por un corto tiempo. Si la lluvia es ligera, las aguas son absorbidas por la tierra antes de que se formen

los arroyos. Generalmente es en verano, cuando ocurren estas esporádicas tormentas que permiten la formación de un escurrimiento superficial sobre las sedientas tierras. La presencia de aguas salinas es también el resultado de la aridez, ya que es mayor la evaporación que la precipitación y en estas circunstancias, las aguas tienden a volverse salinas, además el recorrido por suelos salinos las contamina y el hecho de estar en una cuenca cerrada no permite la eliminación de las sales.

Los valles originalmente eran consecuentes, es decir que el curso de los escurrimientos era determinado por la pendiente original, pero en la actualidad, parte de los escurrimientos intermontanos, se encuentran ajustados a la estructura y son subsecuentes, ya que se han desviado y corren sobre el material más fácilmente erosionable. Se observa en general un diseño de avenamiento de enrejado, los ríos corren paralelamente entre sí y sus tributarios forman ángulos rectos, de tal manera que se forman retículas o enrejados. Este tipo de hidrología muestra que la estructura controla el curso de las corrientes. Aunque lo anterior se observa en todos los escurrimientos de las serranías de la zona, resulta más notable en la Sierra de El Tunal, excepto en las formaciones del Cuaternario, como es sobre grava jabonera y aluviones, en estos casos los escurrimientos tienen un patrón dentrítico (Loredo-Murphy, 1966).

En general se puede concluir que la hidrología superficial de la zona es endorréica con corrientes intermitentes y efímeras donde no existen ni manantiales, ni corrientes perennes, sino sólo por temporadas.

5.6 GEOHIDROLOGIA

Para fines de estudio García-Calderón (inédito), ha dividido la zona en unidades denominándolas de A hasta H, algunas de las cuales forman buenos acuíferos. A continuación se expone un resumen de este estudio, además observaciones de la S.R.H. y las propias del autor de este trabajo (Ver Carta IV).

- Unidad A Está formada por rocas ígneas y metamórficas con espesores que alcanzan los 30 m y por ser rocas semi-permeables tienen poca capacidad de infiltración y por lo tanto no tienen importancia hidrogeológica.
- Unidad B Comprende la caliza Zuloaga que es una formación de capas gruesas fracturadas con espesor de más o menos 400 m. Se presenta en la Sierra de El Tunal formando capas permeables que pueden ser buenos acuíferos libres o confinados.
- Unidad C Formación La Caja y Taraises son calizas arcillosas, fosforitas y limolitas de 20 a 100 m de espesor que aparecen en la Sierra El Tunal, pero no

tienen capacidad de infiltración y por lo tanto no tienen importancia geohidrológica.

Unidad D Formada de Caliza Cupido donde predominan las calizas criptocristalinas muy fracturadas, se localiza en las sierras de El Tunal, Rocamonte y El Gallo; es una de las formaciones de mayor importancia geohidrológica por ser permeable con alta capacidad de infiltración, su espesor alcanza los 350 m aproximadamente.

Unidad E Formación Peña y Cuesta del Cur consiste en calizas, calizas arcillosas, margas interestratificadas con lutitas presentes en la Sierra de El Tepepate, Rocamontes y Rodríguez. Debido a su alto contenido de arcilla no es permeable y por lo tanto hay poca infiltración y es sin importancia geohidrológica. El espesor de estas capas puede alcanzar de 500 a 550 m.

Unidad F La integran las Formaciones Indidura y Caracol formadas por calizas arcillosas, margas, lutitas bastante fracturadas; por lo tanto a pesar de ser muy arcillosas pueden ser permeables y formar acuiclu- dos libres. Estas capas presentes pueden tener 600 m de espesor y se considera que son importantes acuíferos.

Unidad G Está formada por la Grava El Jabonero que tiene arenas, gravas y calizas débilmente consolidadas.

Estas presentan alta permeabilidad y gran capacidad de infiltración y en caso de estar sobre rocas impermeables pueden formar buenos acuíferos. El espesor de estas capas puede ser de 100 m. Se localiza esta formación en la Sierra de El Jabonero.

Unidad H Dicha unidad está constituida por aluviones, los cuales cubren un 60% del área. En estos aluviones se encuentra gran variedad de fragmentos de rocas de espesores distintos. Estos depósitos se caracterizan por secuencias muy variadas de rocas clásticas, que en algunas partes pueden ser muy permeables y en otras partes no. Donde hay duripanes de carbonatos o sulfatos de calcio se nota que disminuye la permeabilidad, por lo tanto estas capas duras limitan la recarga de los acuíferos. En los aluviones se pueden encontrar varios acuíferos a distintas profundidades frecuentemente cerca de la superficie pero en este caso se trata de aguas de mala calidad por sus altos contenidos de sales.

Las Unidades D - F - H son las unidades de mayor importancia por sus acuíferos. Las Unidades F y H ya tienen pozos perforados y por lo tanto se ha comprobado su capacidad como acuíferos (ver Tabla N° 6). El movimiento en general de las aguas subterráneas es hacia el noreste. Las aguas de buena calidad, generalmente se localizan en pozos de gran profundi-

dad, como es el caso de El Gallo o El Salado. Existen pozos de menor profundidad con aguas de buena calidad, se trata de lugares cercanos a las montañas y alejados de los aluviones, pero hay otros superficiales con altas concentraciones de sales que se encuentran hacia el centro de las cuencas. Los pozos de El Gallo y El Salado son los más profundos y tienen 110 y 250 m respectivamente, éstos no sólo son buenos por su calidad de agua sino también por sus gastos de 32 y 48 lt/seg. respectivamente (ver Tabla No. 7).

La explotación de estas aguas subterráneas puede ser de gran ayuda para la agricultura local, pero es necesario pensar que el uso de este recurso debe ser moderado ya que la zona es árida y la recarga de los acuíferos es lenta y va de acuerdo con la precipitación que recibe la zona, la cual varía mucho de un año a otro. Como promedio general para toda la zona, incluyendo las montañas, se calcula que recibe 353.9 mm de lluvia anualmente aunque la precipitación media anual es de 315.1 mm en la Estación Vanegas. Puesto que la recarga de los mantos freáticos ocurre por medio de la infiltración de las lluvias, el agua en el subsuelo será siempre limitada y variable debido a la naturaleza de la precipitación local que también es limitada y con grandes variaciones de un año a otro.

Los habitantes locales obtienen el agua que necesitan

de diferentes maneras: 1) Por escasos manantiales como es el de "Ojo de Agua". 2) Por norias como las de San Juan de la Cruz y Noria de Jesús. 3) Por pozos que son generalmente de mayor profundidad que las norias llegando a tener 250 m en El Salado (ver Tabla No. 1 y 7). 4) Para el ganado existen jagüeyes, pero estos depósitos se pueden secar o bien, por ser aguas estancadas, pueden presentar peligro de contaminación. Tales depósitos de agua se observan en Huer-tecillas, Tanque de Guadalupe, Tanque Nuevo. Cuando la falta de agua es grande el líquido de los jagüeyes se utiliza para usos domésticos, a pesar del riesgo sanitario. 5) También en épocas de sequía el agua, a veces se transporta por ferrocarril de zonas aledañas al área de estudio, pero sólo para uso de las poblaciones a lo largo de la vía. Se puede recomendar para uso doméstico la captación de agua construyendo aljibes.

Frecuentemente los habitantes de esta zona tienen que hacer recorridos de varias horas a lomo de bestia para acarrear el agua de uso doméstico que se encuentra en los manantiales de las serranías ya que éstos contienen las aguas de mejor calidad. El agua de las norias se extrae en forma rudimentaria por mulas, pero los pozos a veces tienen bombas de extracción cuando son de gran profundidad. Estas aguas de pozos y norias tienen usos agropecuarios como se observa al sur de San Vicente o cerca de la Noria de Jesús,

pero a veces, cuando no hay otra alternativa, también se usan para fines domésticos a pesar de las sales. Cuando se utilizan aguas demasiado salinas para cultivar o aguas de moderada salinidad, pero sobre suelos yesíferos y salinos sin drenaje, las parcelas que recibieron estas aguas de riego presentan, tarde o temprano, señales de salinidad o sodicidad o ambas como ocurrió alrededor del pozo Las Colonias, cerca de San Vicente.

No es realista pensar, que con técnicas comunes de riego, El Salado podría convertirse en un inmenso vergel, pues las aguas del subsuelo existirán siempre en cantidades limitadas y además permanecerán salinas.

5.7 GEOLOGIA

Se puede notar que las partes más altas de las distintas serranías están formadas por un núcleo de rocas del Jurásico y Cretácico Inferior de litología más resistente a la erosión que las formaciones del Cretácico Superior, las cuales se encuentran en las faldas de las montañas y en las planicies. Cuando esta zona fue elevada sobre el nivel del mar, por los movimientos orogénicos laramenianos, y que se formaron los plegamientos locales, las formaciones litológicas del Cretácico Superior se vieron expuestas. Desde entonces han actuado los agentes erosivos, principalmente los vientos, la lluvia y las avenidas

de agua. Esto ha hecho que desaparezcan las formaciones litológicas del Cretácico Superior, en las cimas de las serranías y sólo se observan en las laderas medias y bajas mientras que el material erosionado, cáctico, procedente de todo tipo de calizas, incluyendo a veces basaltos se acumula en abanicos aluviales y cuando varios de estos abanicos se unen (o coalescen) se forma una bajada, es decir, un declive de pendiente suave o pie de monte (ver Figuras 2, 3 y 4).

Geológicamente las rocas que dominan son las sedimentarias ya que las ígneas y metamórficas son escasas. Las rocas más antiguas son del Jurásico Superior mientras que las más recientes son del Cuaternario. La estratigrafía de la zona se puede resumir como sigue; (García-Calderón, 1968) (Ver Carta IV).

a) Sistema Jurásico

Grupo Zuloaga es una caliza gris a gris oscura bien estratificada de 30 cm a 4 m de espesor, hay intercalaciones con arcilla, pueden tener algo de pedernal. Debido a la gran dureza de estas calizas se localizan en las partes más altas de las Sierras de El Tunal, de Potrerillos y al norte de la Sierra de Rodríguez. La Caliza Zuloaga fue primero descrita por Imlay (1938b).

Formación La Caja está constituida por calizas en

estratos delgados interestratificadas con distintas rocas como las margas, limolita calcárea, calizas arcillosas, fosforita, lutita, pedernal fosfatado, pedernal calcáreo y pedernal negro. El espesor de esta formación en el área varía de 10 a 55 m, en ella hay muchos fósiles en particular amonitas, ocupa poca área y se localiza junto a la Formación Zuloaga. Se distingue por tener poca vegetación cuando aflora, además esta formación generalmente forma puertos y valles, lo mismo que la Formación Taraises, pues ambas tienen poca solidez. La Formación La Caja tiene rocas de distintos tonos de gris, fue estudiada por Burckhardt (1906) y definida por Imlay (1938b).

b) Sistema Cretácico

Formación Taraises. En pocos lugares se encuentra la Formación Taraises bien expuesta. Está formada por capas de caliza gris a gris claro. Entre las calizas se encuentran margas, bandas delgadas de pedernal negro, pequeñas concreciones de pirita, y muy irregularmente se presentan pequeñas intercalaciones de limolitas y lutitas. El espesor de la formación varía de 10 a 40 m. En el terreno hay pocos afloramientos de esta formación y descansa concordantemente sobre la Formación La Caja. La Formación Taraises fue primero descrita por Imlay (1936).

Caliza Cupido es una formación descrita por Imlay

(1937) que tiene un espesor de 350 m y está formada por calizas grises y gris oscura de grano fino. Se encuentran las calizas en capas de 30 cm a 6 m. Se observan concreciones ferrosas, además esporádicamente hay lentes y nódulos de pedernal. La Caliza Cupido es concordante con la Formación La Peña que la cubre. La transición entre estas dos formaciones es gradual y no fácilmente observable. Esta formación de color gris oscuro, se intemperiza en color gris rosáceo claro y es de las más abundantes en la zona de El Salado, aflora en las Sierras de Rocamonte, de Rodríguez, de Potrerillos y de El Tunal.

Formación La Peña.- La Formación de La Peña fue descrita por Imlay (1936) varía de espesor de 300 a 700 m, abunda en todas las serranías y se trata de una caliza gris clara a oscura con cantidades variables de lutitas; puede contener concreciones de pirita así como nódulos de pedernal. La parte inferior consiste en calizas criptocristalinas con intercalaciones de calizas arcillosas, margas y lutitas, hacia arriba disminuye el espesor de las capas de caliza y aumenta la presencia de arcilla y aparecen concreciones de fierro. Esta formación se encuentra concordante con las calizas adyacentes.

Caliza Cuesta del Cura.- Descrita por Imlay (1936), está formada por caliza de espesores variables llegando a ser de 350 m en la Sierra de Rodríguez. Se trata de una

unidad resistente a la erosión depositada en capas con espesores de 2 a 30 cm. La coloración de la caliza es gris a gris oscuro hasta negro con abundantes lentes de pedernal, también contiene interestratificaciones de capas de calizas de caliza arcillosa y lutitas que pueden ser de coloraciones violáceas y rojizas. La presencia de esta caliza es abundante en las partes altas de las sierras.

Formación Indidura. descrita por Kelly (1936) e Imlay (1936) está constituida por una alternancia de calizas y lutitas en capas delgadas. Aflora en las Sierras de El Tunal, de Rodríguez, El Gallo y Tepetate. La parte inferior, que está en contacto con las calizas Cuesta del Cura, tiene calizas de color gris a gris oscuro intertemperizándose a gris claro y rosado. Estas calizas pueden tener intercalaciones de calizas limolíticas, pero hacia arriba se vuelven arenosas, gris rosadas y se intertemperizan a color rosado, también hay calizas negras limolíticas. La parte superior tiene limolitas calcáreas y lutitas. El espesor exacto es difícil medir pero alcanza en la Sierra de El Tunal 225 m.

Formación Caracol. Dicha formación fue descrita por Imlay (1937), está formada por una serie de tobas desvitrificadas de lutitas y calizas que descansan concordantemente sobre la Formación Indidura. Aflora en la Sierra de Rodríguez, en la de El Gallo, Cerro del Jabonero, Sierra de El Sotol, en la parte occidental es gris verdosa y se intertempe-

riza en amarillo. En El Durazno su color es verde olivo y morado violáceo, se intemperiza en ocre. Intercalada se presentan numerosas capas de areniscas constituidas por granos de cuarzo, ortoclasa, andesita, biotita y fragmentos de vidrio y andesita cloritizada teniendo como cementante clorita, calcita y sericita.

En la Sierra de El Tunal hay alternancia de lutitas, areniscas y capas aisladas de calizas arcillosas. Las lutitas son de varios colores predominando el amarillo y verde olivo intemperizándose a los mismos colores. Las areniscas son verde y se intemperizan en amarillo u ocre. El espesor de esta formación es aproximadamente en El Salado de 400 m. Es una formación poco resistente y se encuentra en el área de estudio cubierta por sedimentos del Cenozoico.

c) Sistema Terciario

Formación Anuichila. Este es el nombre de una serie de depósitos continentales constituidos por conglomerados, areniscas, lutitas, tobas y otros materiales piroclásticos. Aflora en el flanco poniente de la Sierra Rodríguez y en la parte oriental de la Sierra Potrerillos. Se encuentra discordante sobre las Formaciones Indidura, Cuesta del Cura, Cupido y Zuloaga.

Esta formación se puede dividir en 2 partes: la infe-

rior está constituida por capas hasta de 2 m de espesor de subgrauvaca calcárea deleznable, de color gris crema a gris verdoso. Está formada por fragmentos de vidrio, cuarzo, labradorita, augita, biotita y calcita detrítica. Interestratificadas se encuentran lutitas de color café claro en capas de yeso fibroso. La parte superior está formada por un conglomerado constituido principalmente por fragmentos de calizas y, en cantidad subordinada, por piroclásticos. El cementante está compuesto por calcita, arena y arcilla con un color rojo.

A finales del Terciario hubo actividad volcánica de la que todavía hay vestigios como son los conos volcánicos cerca de Zaragoza y Huertecillas. El basalto es de iddingsita y de olivino. Esta formación fue nombrada por Rogers y asociados pero ha sido descrita en distintos lugares con diferentes nombres por Kellum (1932), Imlay (1938), Schulze (1953) de Cserna (1956).

d) Sistema Cuaternario

Grava El Jabonero. La grava El Jabonero fue descrita por Pantoja-Alor (1963) en Durango y por Córdoba (1964) en Zacatecas; consiste en una serie de clásticos no consolidados que afloran en la Sierra de El Jabonero, al este de La Trueba y San Vicente. El material consiste en grava de tamaño variable, sin clasificar, poco cementado por ma-

terial arcilloso y caliche. Cubren en discordancia angular a las demás formaciones de la secuencia. Estas gravas tienen la tendencia de formar colinas redondeadas con drenaje dentrítico, que en partes es profundo.

Aluvi6n. El aluvi6n consiste en una capa de espesor muy variable "en ocasiones hasta de 100 m o m6s, cubre los amplios valles y las pendientes inferiores de las monta6as. Estos dep6sitos pueden agruparse en tres tipos de diferente composici6n litol6gica. Primero est6n los de "pie de monte" que forman parte de los abanicos aluviales y est6n constituidos principalmente por gravas y, en menor cantidad, por arenas, arcillas y limos con cementante calc6reo; frecuentemente se forman en este aluvi6n grandes capas de caliche. Como tercer tipo se tiene el aluvi6n constituido por cl6sticos semejantes al anterior, pero con un alto contenido de yeso. Este 6ltimo aflora principalmente en la parte norte del 6rea". (García-Calder6n, 1968).

Durante el Jur6sico y Cret6cico la zona de estudio estuvo bajo influencia marina de aguas profundas y someras pero a finales del Cret6cico comenz6 a formarse la Sierra Madre Oriental y Sierras Transversales provocando plegamientos alargados en la zona de El Salado. Estas deformaciones fueron acompa6adas por levantamientos del terreno y erosi6n haciendo que la Formaci6n Ahuichila sea de tipo continental formada por el material erosionado de la Sierra Madre Oriental.

A partir del Eoceno hasta el presente, esta zona del norte de San Luis Potosí ha estado bajo la influencia continental. Aparecieron intrusiones granodioríticas (como se ve en la Sierra de El Saltillito) provocando metamorfismo y deformando las rocas sedimentarias pre-existentes. Las compresiones que formaron las sierras fueron seguidas por relajamientos provocando fallamiento en la zona. A finales del Terciario, durante el Mioceno y Plioceno ocurrió un período de vulcanismo cuyo efecto se ve principalmente al sur. El último levantamiento local formó la Sierra El Jabonero que está constituido por material clástico no consolidado predominando las gravas y conglomerados.

La zona tiene varios minerales: oro, plata, plomo y cobre, pero en cantidades no comerciales; sólo los fosfatos de la Formación La Caja tienen posibilidades para explotarse. (García-Calderón, 1968).

5.8 CLIMATOLOGIA

El clima se interpreta por medio de los promedios de los datos climáticos, los cuales son más exactos entre más años de observación se dispone. Desafortunadamente en la zona de El Salado existen datos de pocos años además de escasas estaciones y una gran variabilidad en la precipitación de un año a otro, por lo tanto los promedios en este componente del clima no son de utilidad ideal para predecir el comportamiento de las lluvias. Esta escasez de datos climáticos, la falta de

consecutividad de ellos, los pocos años de observación y la diferencia en los períodos de observación entre las distintas estaciones climáticas impide hacer comparaciones. No existe estación climatológica dentro del área de estudio excepto por unos escasos datos esporádicos que se tomaron en El Salado. Resultan más completos los datos tomados en San Salvador, Zac., justo al norte del área de estudio a pesar de existir solamente datos completos para 6 años y éstos no son seguidos, todo lo cual hace que los promedios que se obtengan son dudosos. San Tiburcio, Zac., es otra estación muy cercana al área de estudio pero justo al oeste y los datos existentes son sólo de precipitación para 19 años. Cedral, que se encuentra al sureste de la zona cuenta con datos completos de 31 años, pero este lugar es definitivamente más húmedo que la zona de estudio, lo cual se deduce no sólo por un promedio de precipitación anual mayor, sino también, por la vegetación que además de especies similares a la zona de El Salado también tiene otras como los frondosos mezquites que señalan una mayor humedad. Vanegas es la estación climatológica al sur del área de estudio y la más cercana a ella que tiene datos de 11 y en ciertos casos 12 años. Los datos son de años casi consecutivos lo cual ayuda a dar una visión más exacta del clima (ver Tabla No. 8). Tomando lo anterior en consideración se analizará en detalle esta última estación.

La precipitación media anual en Vanegas es de 313.1 mm, pero esto es un valor sólo aproximado puesto que es inadecuado realizar cálculos con datos de sólo nueve años, que son los que están completos. Este clima, como todos en las zonas áridas, se distingue por la escasa precipitación y la naturaleza impredecible que tiene, ya que el rango de variación es muy grande de 302.1, esto es la diferencia de precipitación anual entre el año más seco (1975) de 155.5 mm y el más húmedo (1966) de 457.6 mm (considerando sólo los datos disponibles) (ver Tabla No. 9 y Gráfica 1). Si tomamos exclusivamente los 6 meses de mayor lluvia (de mayo a octubre), que es cuando crecen los cultivos, se ve que el área sólo tiene una precipitación media anual de 263 mm., siendo los meses más lluviosos junio, julio y septiembre, juntos representan un 49.6% del promedio anual (ver Cuadros Nos. 10 y 11, además Gráficas 2 y 3). En septiembre, es la mayor precipitación, esto refleja los ciclones que afectan a la República Mexicana durante el principio de otoño. La precipitación se presenta generalmente en forma torrencial en pocos días (un promedio de 5 días en los meses más lluviosos). Gran parte de esta lluvia se pierde por infiltración y escurrimiento sin que las plantas puedan aprovecharla plenamente, además existe una alta evaporación en la zona del orden de 2025 mm como media

anual mientras que la evapotranspiración potencial es de 85.04 cm (850.4 mm) (Dirección de Agrología, 1976).

La temperatura media del mes más caluroso, junio, es de 21.9°C aunque pueden alcanzar máximas de 41°C en mayo. El mes más frío es enero, con temperaturas medias de 12°C, pero pueden bajar hasta -7°C en diciembre y enero. Este clima es notable por las grandes oscilaciones térmicas que pueden aparecer en un mismo día llegando a ser de más de 20° C.

Según la clasificación de Köppen modificada por García (mapa CETENAL, 1974), el clima de la zona es BSo_h^w(e), es decir, BSo se refiere al más seco de los climas secos o esteparios con un cociente $P/T < 22.9$; P alude a la precipitación media anual y T representa la temperatura media anual, de manera que el P/T para Vanegas es 17.1. La h significa que la temperatura media anual es entre 18° y 22° C y la del mes más frío es $< 18°$ C. La w significa que las lluvias aparecen en verano pero se retrasan para presentar una máxima en otoño. La (e) significa clima extremo con oscilaciones de temperaturas medias entre 7° y 14° C, en Vanegas es de casi 10° C (ver Tabla // ~~ver~~).

La Tabla No. 12 da los límites entre los climas desérticos (áridos), esteparios (semi-áridos) y húmedos. Si utilizamos estas fórmulas y las aplicamos a El Salado vemos

que se debe de emplear las de la tercera columna ya que el clima de la zona de estudio es de lluvias de verano.

Considerando que la temperatura media para la estación de Vanegas es de 17.8°C resulta que es necesario que la precipitación media anual sea mayor de 318 mm para que se clasifique al clima como estepario, es decir, BS y para que sea húmedo, necesitaría que la zona tuviese una precipitación mayor de 636 mm. Como la precipitación es sólo de 313.1 mm se clasifica a la zona como de clima desértico B W. En el mapa de CETENAL (1973) el área de Vanegas y El Salado se considera como clima estepario BS debido a que se empleó la Estación Cedral para clasificar la zona y esta estación si tiene las características de un clima BS. También hay que tomar en cuenta que en zonas áridas se deben tener datos de muchos años para que los promedios estén más cerca a la realidad, y la zona de estudio cuenta con muy pocos. Tentativamente el clima de Vanegas es BWhw pero quizá se clasificará como BS cuando se tengan datos de más años, en todo caso está muy cerca de los límites de un clima estepario.

La clasificación del clima de Vanegas de acuerdo al segundo sistema de Thornthwaite es $Dd B_2^a$, lo cual significa clima seco, templado, frío, con pequeña o nula demasía de agua y con una concentración térmica más alta para ese clima. (Obregón-Ovalle, 1976) y (Jiménez-López, 1972).

En otras palabras D significa clima semiárido, d se refiere a que es pequeño o nulo el exceso de agua existente. Así la baja precipitación imperante en la zona no puede contrarrestar la alta evaporación local, dando índices pluviales negativos de -40 a -20 e índices de humedad entre 0 y 10; pero en años de sequía si puede haber un pequeño sobrante de agua durante los meses de junio, julio y septiembre (ver Gráfica 3). La clave B₂ significa clima mesotérmico o templado pero con inviernos fríos, con índice de evapotranspiración entre 71.2 a 85.5 cm. Basándose en las temperaturas medias mensuales, se ha calculado la evapotranspiración potencial para El Salado como 85.04 cm, lo cual concuerda muy bien con un clima B₂. La clave a' se refiere a la evapotranspiración total de verano, siendo ésta menor a 48% con respecto al total del año. (Lorente, 1961).

5.9 CLIMATOLOGIA AGRICOLA

La escasez de lluvia y la falta de tecnología moderna son los principales factores limitantes para el desarrollo de la agricultura local. La precipitación media anual de 313.1 mm es más baja de lo que se considera necesario para un buen desarrollo agrícola bajo condiciones de temporal, particularmente cuando se toma en cuenta la alta evapotranspiración imperante en la zona. Se considera que la agricultura de temporal puede practicarse en forma reditua-

ble cuando, (al nivel del mar), la precipitación es superior a los 240 mm, y que el régimen de lluvia es de tipo mediterráneo, o sea de invierno, para Australia se reporta que este límite es de 500 mm (Arnon, 1972 y Hills, 1966). En el caso de El Salado dicho límite es difícil de precisar, por la escases de datos existentes, pero en general para México se considera que en zona de temporal el maíz sólo se puede producir en forma comercial cuando las precipitaciones son arriba de los 600 mm y para un cultivo óptimo se calcula el doble (comunicación personal del Ing. Silva de la Productora Nacional de Semillas). Claro está, que sin contar las zonas de riego, el maíz si puede crecer con menos lluvia pero será en forma deficiente y de baja producción como lo comprueban los promedios de las cosechas locales de maíz en el Municipio de Vanegas que son aproximadamente de 400 kg por hectárea al año (pero en años con lluvias abundantes puede ser superior a 700 kg/ha), con lo cual se recuperará la semilla invertida (aproximadamente 50 kg por hectárea) y no sobrará mucho para la subsistencia del campesino (comunicación personal de agricultores locales). A pesar de lo poco redituable del maíz bajo condiciones temporaleras en el clima árido del norte de San Luis Potosí los campesinos siguen teniendo como cultivo principal el maíz y frijol (aún cuando zonas temporaleras en la Huasteca levantan cosechas cuatro veces mayores). Este empeño que se pone sobre di-

chos cultivos se debe a razones culturales y socio-económicas. Los habitantes locales son predominantemente indígena cuyo origen, antes de la época colonial, fue el centro de México, por lo tanto su tradición alimenticia está principalmente basada sobre el maíz y frijol; y aunque éstos no son productos ideales para esta zona, la población rural quiere estar segura del abastecimiento de dichos comestibles y por lo tanto prefieren producirlo ellos mismos. Además el campesino considera que al tener su propia cosecha está economizando ya que, no tiene que invertir sus ganancias procedentes de la ganadería en alimentos básicos; ni tampoco subsidiar a intermediarios que encarecen el producto cuando existe mayor demanda.

Como ya se ha mencionado, la zona de El Salado no tiene la precipitación adecuada para el cultivo de maíz en condiciones de temporal pero es factible, aún en estas condiciones, mejorar las cosechas de maíz haciendo ciertos trabajos agrícolas como sería pulverizar bien la tierra, aplicando materia orgánica y plantar el cultivo en micro-cuenecas, todo lo cual proporcionaría mayor humedad a las plantas.

La escasez de lluvia para poder desarrollar una agricultura productiva queda claramente expuesto cuando se analiza el promedio de precipitación acumulada en Vanegas durante los 6 meses más lluviosos (período de la mayor actividad agrícola temporalera) que es de 263 mm., lo cual no

cubre ni siquiera las necesidades para una buena cosecha de sorgo cuya producción comercial requiere de aproximadamente 400 mm de precipitación anual (Arnon, 1972b). (ver Tabla 10).

La confiabilidad de la precipitación es otro dato climático muy importante para saber si vale la pena el cultivo de algún producto. Para conocer la confiabilidad se tiene que sacar los porcentajes de la probabilidad de la lluvia mensualmente, las cuales se encuentran reportados para Vanegas en el cuadro No. 13 y visualmente ilustrado por la gráfica 4. Esto está relacionado a la gran variabilidad de la precipitación anual.

Para conocer el grado de explotación a que se puede someter el medio ambiente y predecir mejor la precipitación, sería necesario llevar a cabo un estudio ecológico además de obtener más datos climáticos, todo lo cual requeriría de la instalación de estaciones climatológicas en distintos lugares dentro del área de estudio, como también la formación de una estación agroecológica donde se experimentaría previamente las prácticas agropecuarias que se consideran adecuadas a este medio árido.

Resulta importante, cuando se van a dar recomendaciones para nuevos cultivos, tener en mente no sólo la escasez de la lluvia, que se puede remediar si existen aguas para riego y tierras adecuadas a la agricultura, sino también

la distribución de la precipitación y otros factores climáticos como son temperaturas y vientos. Así en un clima con lluvias de verano, como en El Salado, bajo condiciones similares de altura, habrá limitaciones para cultivar algunas plantas de origen mediterráneo, cuyos desarrollos óptimos son con lluvias de invierno.

En cuanto a temperaturas no sólo se deben considerar los promedios sino además las temperaturas máximas y mínimas ya que todas afectan a la agricultura, en particular a los frutales. En el caso de los caducifolios de zonas templadas se observa que necesitan de horas frío, las cuales son específicas a cada especie y sin lo cual los árboles no tienen un verdadero período de dormancia, provocando así una producción baja o de mala calidad. Las temperaturas en El Salado son predecibles, lo cual es una ventaja para el agricultor, que puede seleccionar variedades de plantas adecuadas a las temperaturas. El problema es que no todos los frutales y otros cultivos pueden soportar las grandes oscilaciones diurnas que prevalecen, ni tampoco los extremos de temperaturas anuales. No obstante en El Salado hay algunos lugares altos con suficiente humedad en el suelo para permitir que con éxito haya cultivo de durazno porque existen las temperaturas adecuadas durante el año y suficientes horas frío para esta especie. La presencia de duraznos en partes altas es un aliciente para analizar los

parámetros ecológicos de otros cultivos y ver la posibilidad de introducirlos en el área de estudio. En todo caso las temperaturas existentes si están dentro de los rangos ecológicos de los principales cereales, algodón, oleaginosas y algunos pastos (Arnon, 1972b). Las temperaturas mínimas absolutas que pueden llegar a menos de 7 °C no afectaron a los cultivos anuales de rápido desarrollo, ya que el ciclo agrícola principia a finales de mayo o más frecuentemente durante junio, para terminar en octubre, pero es seguro que hay pérdidas cuando se atrasan las primeras lluvias o bien cuando se plantan semillas de lento desarrollo pues, en ambos casos las cosechas no alcanzan su madurez antes de las primeras heladas de noviembre, las cuales perduran hasta marzo. La máxima temperatura en el año se registra en mayo, pero en ese mes, las temperaturas diurnas de 41°C no son un grave problema si ya aparecieron las lluvias (ver Tabla No. 11).

Los vientos pueden presentar problema cuando se tienen cultivos en pie durante febrero y marzo. En estos meses existe un fuerte viento seco, y altas temperaturas máximas diurnas de 30° y 34°C lo cual puede producir el acame de las cosechas que en estos meses son de riego.

A pesar de las limitaciones para llevar a cabo las actividades agropecuarias, debido principalmente a la falta de agua, la zona de El Salado tiene un poco de agricultura casi totalmente de temporal, pero las pérdidas de

cosecha son frecuentes. La zona parece estar mejor dotada para practicar la ganadería. En la actualidad se lleva a cabo la ganadería en forma rudimentaria, sin tener control del número de animales, y tampoco sin hacer un manejo adecuado de los pastizales.

El resultado de esta situación de falta de iniciativas y de inadecuada aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos hace que la producción sea baja, de poca calidad y que se degraden los recursos edáficos y bióticos, todo lo cual podría remediarse con introducción de trabajos y manejos agrícolas y ganaderos adecuados. Para el mejoramiento de las actividades agropecuarias se pueden emplear técnicas sencillas como sería el uso de semilla de maíz criollo seleccionado, incorporación al suelo de materia orgánica y uso de micro-cuencas para los cultivos, mientras que para la ganadería se podría controlar la calidad y el número de animales para que exista un equilibrio con las condiciones ecológicas locales, junto con lo cual se debe llevar a cabo una rotación de los pastizales. También es factible resolver los problemas agropecuarios por medio del empleo de tecnología más sofisticada como sería el control del medio ambiente por medio del uso de túneles de plástico e invernaderos utilizados al mismo tiempo que el riego por goteo. La tecnología moderna tiene muchos recursos para resolver las limitaciones

impuestas por el clima pero siempre requieren al principio una fuerte inversión de capital, además del conocimiento tecnológico que por el momento están fuera del alcance de la población de El Salado. Lo que debe permanecer claro es que en la actualidad las limitaciones agropecuarias no son sólo climáticas o relacionadas con problemas de tipo técnico, sino que también están íntimamente relacionados con problemas socio-económicos.

5.10 VEGETACION

Según Rzedowski (1966) desde el punto de vista fitogeográfico, la zona de El Salado se encuentra en la provincia de la altiplanicie dentro de la región xerofítica mexicana. Esto corresponde aproximadamente al Reino Faunístico Holártico. "La vegetación predominante consiste en matorrales xerófitos, aún cuando también son frecuentes los pastizales y el bosque espinoso (mezquital)". Existe un gran número de especies endémicas, lo cual es favorecido por la variada geología presente además de las variaciones edáficas y climáticas dentro de la zona. Como ya se ha visto el clima es árido, pero se sabe que existen distintos grados de aridez y diferencias de temperatura según la altitud.

El matorral xerófito cubre aproximadamente el 40% de la República Mexicana. Se considera adverso al mato-

rral xerófito la presencia de humedad, sales, sodio y yeso. Se nota un mejor desarrollo de la vegetación en suelos arenosos y pedregosos que permiten penetración del agua a las raíces de las plantas. Mientras que los suelos arcillosos durante las escasas precipitaciones tienen el problema de que las partículas pequeñas sellan el suelo y no permiten que penetre el agua a la profundidad de las raíces (Rzedoski, 1966). El agua de lluvia queda en la superficie donde una parte es absorbida por las partículas del suelo (pero no llega a penetrar a profundidad) y la mayor parte del agua se evapora rápidamente por la resequedad del ambiente, sólo en casos de fuerte precipitación puede haber escurrimiento superficial. La penetración del agua al nivel de las raíces en suelos arcillosos puede realizarse por medio del empleo de tecnología moderna.

Las plantas xerófitas perennes tienen varias adaptaciones a la aridez, que pueden consistir en presencia de espinas como en las acacias y mezquites y las hojas modificadas a espinas en los nopales, o bien la existencia de cera como en la candelilla; hule como en el guayule; hojas pequeñas como en la gobernadora; pelos como en ciertas cactáceas; hojas arrosetadas como en los agaves y palmas ixtileras; succulencia como en las cactáceas en las cuales va-

rios órganos de la planta almacenan agua y pérdida de hojas durante la época de sequía como algunas especies de Fouquieria (Walter, 1973).

Dentro del matorral xerófito se pueden encontrar plantas silvestres que no tienen ninguna adaptación a la aridez y por lo tanto no son xerófitas. Estas plantas son anuales, que generalmente sólo aparecen cuando llueve y a veces su presencia no se nota todos los años. Las especies que entran en este grupo son generalmente compuestas y gramíneas.

El matorral xerófito puede dividirse por su composición en distintas asociaciones. En la zona de estudio predomina el matorral desértico micrófilo, el matorral desértico rosetófilo y el matorral crasicale. Este último en muy reducidas áreas.

a) El matorral desértico micrófilo se caracteriza por plantas con hojas que tienen nanofilia, lo cual significa que son hojas muy pequeñas o bien plantas afilas sin hojas. Este tipo de matorral tiene varios estratos, el más alto de 4 a 6 m tiene escasos ejemplares de palma china Yucca filifera. El estrato arbustivo superior de 2 a 3 m consiste de varias especies de acacias y opuntias como también de mezquite (Prosopis juliflora). Las plantas que dominan se en-

cuentran en el estrato arbustivo inferior con ejemplares de medio metro a uno y medio metros, siendo las más representativas: gobernadora (*Larrea tridentata*), hoja zen (*Flourensia cernua*), chamizo (*Atriplex canescens*), uña de gato (*Mimosa biuncifera*) gardenche (*Opuntia imbricata*), nopal cuijo (*Opuntia cantabrigiensis*), mariola (*Parthenum inca-num*). El estrato herbáceo tiene dos medios ecológicos muy distintos, uno es debajo de los arbustos donde predominan especies perennes. Se nota en este caso mayor sombra, por lo tanto menos evapotranspiración y mayor humedad, además de presencia de materia orgánica (Rzedowski, 1966). En el medio ecológico abierto, en el espacio entre los arbustos, las plantas tienen menos humedad y además están más expuestas a ser ingeridas por animales por lo tanto tienen la tendencia a ser anuales. También existen en el desierto epífitas que crecen sobre arbustos, así sobre el mezquite pueden crecer *Tillandsia recurvata*. (Rzedowski, 1978).

La cobertura del matorral desértico micrófilo puede ser entre 3 y 20%. Este tipo de matorral prospera sobre aluviones, pero también sobre depósitos coluvio-aluviales arenosos y pedregosos en las laderas de los cerros. Generalmente se observa que este tipo de vegetación ocurre en zonas de mediana y poca pendiente. Las especies que más destacan a la vista son la gobernadora y el mezquite (Rzedowski, 1978).

Paisaje común a zonas montañosas con Litosoles y Regosoles. Se observa vegetación de matorral desértico rosetófilo con dominancia de agave lechuguilla el cual es un importante recursos forestal.



Vista de la parte meridional de la llanura de San Vicente con orientación sur apreciándose la Sierra de Catorce al fondo. La vegetación es de matorral desértico micrófilo con dominancia de Larrea sp. Los suelos son predominantemente Xerosoles tanto háplicos como cálcicos.

La gobernadora Larrea tridentata es generalmente perennifolio pero en años excepcionalmente secos puede perder sus hojas, por eso se considera que es un perennifolio facultativo. Muchos botánicos han notado que la gobernadora no favorece el crecimiento de otras plantas cerca de ella. Puede haber extensiones casi exclusivas de gobernadora o bien puede aparecer intercalada con otras especies. Se sabe que la gobernadora tiene sustancias químicas útiles como son las ceras, aceites volátiles, resinas, varios flavonoides y lignina entre los que se encuentra el ácido nordihydroguaiarético (conocido como NDGA), con propiedades antioxidantes, herbicidas, fungicidas y bactericidas, lo cual explica porque cerca de la gobernadora hay inhibición para el crecimiento de otras plantas. La resina de la Larrea tridentata se utiliza para prevenir la oxidación en hule, de pinturas y lubricantes, también se emplea en pegamentos, estabilizadores celulíticos, en medicamentos para estabilizar la vitamina C y en la medicina popular; se emplea para curar reumatismo, heridas y algunas molestias intestinales, además de considerarse como diurético y analgésico. En El Salado la Larrea sp. se utiliza como combustible y planta medicinal. El ganado evita comer la gobernadora por ser impalatable consecuencia de la presencia de aceites volátiles, pero esta planta contiene altas cantidades de proteínas útiles como alimento de ganado, por lo tanto para utilizarse, es necesario eliminar el sa-

bor amargo y el olor desagradable que le dan los aceites volátiles lo cual se logra extrayéndolos con alcohol etílico e hidróxido de sodio. La gobernadora se está extendiendo en zonas ganaderas como resultado del sobrepastoreo, lo que provoca reducción de las plantas palatables (Campos-López et al., 1979).

El mezquite (Prosopis juliflora) es la especie leñosa mejor adaptada a condiciones de aridez, como también a la deficiencia de drenaje, exceso de sales y de alcalinidad. A medida que aumentan las condiciones adversas, se encuentran más espaciados los mezquites y cambian a una especie chaparra de Prosopis laevigata. Además, estas condiciones dan lugar a mayor desarrollo de las gramíneas perennes, como los pastos halófitas, por lo tanto el mezquite puede encontrarse en el matorral desértico micrófilo como también en otros tipos de matorrales y pastizales.

b) El matorral desértico rosetófilo se caracteriza por tener especies dominantes, sub-arbustivas con hojas dispuestas en forma de roseta, como son los agaves y las palmas del desierto. Generalmente este tipo de vegetación se desarrolla en áreas de pendiente que tienen suelos delgados, pedregosos o sobre litosoles localizados en las laderas montañosas ricas en carbonato de calcio. En El Salado este matorral se encuentra asociado a calizas y margas que son abundantes en las serranías, o bien, en las partes

altas de abanicos aluviales, que contienen carbonato de calcio derivado de fragmentos de roca caliza; procedente de las montañas. A veces se observa este tipo de vegetación sobre áreas de poca pendiente siempre y cuando sean ricas en caliza (CETENAL, 1975).

Esta característica del matorral desértico rosetófilo, de crecer particularmente sobre caliza o material derivado de este tipo de roca, hace que las especies más sobresalientes, como la palma samandoca (Yucca carnerosana) sean consideradas plantas calcófilas. Las plantas de este tipo de matorral tienen la tendencia de estar dispuestas en colonias, debido a que la mayor parte poseen una reproducción vegetativa, como ocurre en los agaves, palmas del desierto, opuntias y otros. Se sospecha que la vegetación rosetófila, por encontrarse, generalmente en partes montañosas recibe más precipitación que los otros tipos de matorrales desérticos, pero esto resulta difícil de comprobar, ya que no hay estaciones climáticas en las serranías. La mayor precipitación que recibe este matorral explicaría por qué su vegetación es relativamente abundante y tiene mayor biomasa que el matorral desértico micrófilo (Rzedowski, 1966).

En general se nota que el matorral desértico rosetófilo se desarrolla sobre suelos con texturas predominantemente gruesas arenosas o areno-arcillosas, son suelos delgados y pedregosos con pH ligeramente alcalinos, con mate-

ria orgánica relativamente alta ya que puede alcanzar 6% sobre la superficie. La utilización que se da a zonas con este tipo de vegetación es generalmente para ganado menor y explotación de plantas silvestres, pero no para la agricultura ya que se trata de zonas con suelos delgados y con pendiente.

El estrato vegetativo más alto es de 2.5 a 5 m., generalmente cubre poca área pero tiene importancia por dar en ciertos lugares aspecto de bosquecillo donde crece la palma samandoca (Yucca carnerosana), esta planta puede crecer en suelos muy someros contrario a la Yucca filifera del matorral desértico micrófilo (Rzedowski, 1966).

El estrato arbustivo es de 1 a 2 m e incluye las siguientes especies, muchas de las cuales son leñosas: Acacia (Acacia crassifolia), mezquite (Prosopis juliflora), sotol (Dasyllirion cedrosanum), gobernadora (Larrea tridentata), además de cactáceas como biznaga (Ferrocactus pringlei) (Rzedowski, 1966).

El estrato predominante es subarbuscivo, espinoso, denso de 20 a 60 cm y puede cubrir 50% del suelo, incluye como plantas más representativas: Agave lechuguilla (Agave lechuguilla), espadín (Agave striata), sotol (Dasyllirion cedrosanum), (Hechtia glomerata), guayule (Parthenium argentatum) candelilla (Euphorbia antisyphilitica), además de

varios tipos de opuntias (Rzedowski, 1966).

También existe un estrato de herbáceas formado por Bouteloua curtispindula, stipa eminensis, Muhlenbergia gracilis.

c) Otros tipos de vegetación. En El Salado hay restringidas áreas con matorral crasicaule que es matorral con dominancia de cactáceas: Se trata de nopaleras localizadas en las partes bajas de la cuenca, relacionadas con suelos arenosos. Generalmente este tipo de vegetación se encuentra en asociación con otros tipos de matorrales. Existen zacatales en esta zona de estudio y consisten en comunidades principalmente de pastos y herbáceas que se desarrollan en las partes bajas por razones edáficas, sobre suelos con salinidad, sodicidad, yeso o combinaciones de estas condiciones edáficas. Estos pastos se consideran de tipo halófito e incluye especies como: zacatón alcalino (Sporobolus nealleyi y Sporobolus wrightii), zacate chino (Buchloe dactyloides), chamizo (Atriplex sp.) Saladillo (Suaeda nigrans), cuando aumentan las sales se observa Distichlis epicata, Eragrostis obtusiflora, Sporobolus argutus. En partes yesosas se observa Muhlenbergia villiflora, Muhlenbergia purpusii, Bouteloua chasei y Haplopappus spinulosus. Una asociación de pastos halófitos se localiza en partes bajas y planas a alturas inferiores a los 1710 m. s.n.m. cercanas a El Salado y San Vicente. Cuando los pas-

tizales no son manejados adecuadamente se nota una disminución de gramíneas perennes y un aumento de anuales (Rzedowski, 1966).

Excepcionalmente existe como vegetación predominante especies que no son típicas de desierto como es el caso de los restos de bosques naturales de coníferas, principalmente de Juniperus sp. localizados en las cimas de las serranías más altas en lugares arriba de 2,300 m.s.n.m., pero se sabe por relatos históricos que éstos fueron bosques mucho más extensos en el siglo XVII.

Existe una serie de transiciones entre los distintos tipos de vegetación mencionada (matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral cracicaule, zacatal, bosque de coníferas). El cambio entre un tipo de vegetación y otro generalmente es gradual, pero puede ser abrupto. Estas zonas de transición pueden tener especies características de dos tipos distintos de vegetación y en tales casos están consideradas como asociaciones mixtas. Entre los matorrales desérticos micrófilo y rosetófilo, los factores que determinan cual vegetación dominará serán los de la textura del suelo y la presencia de grava y piedra. La transición entre estos matorrales y los pastizales halófitos son también determinados por razones edáficas y topográficas. Mayores proporciones de arcilla favorecen problemas de mal drenaje y la presencia de sales, sodio y yeso. Esto ocurre cuando la topografía es plana y

la hidrología endorréica, como en el bolsón de El Salado. El resultado es la formación de habitats muy hostiles para las plantas, dando lugar a zacatales con especies halófitas.

Algunas veces se nota que la vía del ferrocarril afecta localmente a la vegetación; frecuentemente ésta varía de un lado a otro de la vía rompiendo la continuidad de un mismo tipo de vegetación. Esto se explica por el hecho de que el talud interfiere con el drenaje superficial, haciendo un retén de agua que se encharca momentáneamente durante las esporádicas lluvias.

Hay algunas áreas dentro de la zona de estudio que se encuentran desprovistas de vegetación, generalmente se trata de lugares que están sufriendo una fuerte erosión tanto hídrica como eólica, frecuentemente asociadas a áreas que fueron cultivadas y luego abandonadas. También el apisonamiento de los animales puede destruir la vegetación, por eso es común observar poco o nula vegetación junto a algunos jagüeyes y pozos, como también en los cruces de caminos.

Uso de la vegetación nativa:

La vegetación natural de esta zona semi-árida tiene utilidad para el hombre. Se explotan las fibras duras (ixtle) obtenidas del agave lechuguilla y las palmas del desierto (Yucca carnerosana y Yucca filifera). La explotación

de estas plantas impide la floración, y por lo tanto la formación de semillas haciendo que la mayor parte de la reproducción sea de tipo vegetativo. Se obtiene cera de la candelilla y hule del guayule, pero este último raramente se explota desde la Segunda Guerra Mundial, cuando dejó de ser económico explotar esta planta debido a la fabricación en gran escala del hule sintético. Tanto la explotación del guayule, como de la candelilla, destruye la planta y pone en peligro su supervivencia. Existen varias plantas que son comestibles para el hombre, como la flor de la Yucca spp. el fruto de varias cactáceas, en particular la tuna del nopal (Opuntia spp), que se explota comercialmente. Las pencas de los nopales pueden ser comestibles humano o de ganado y también sirve para cercados. Los frutos del mezquite se emplean para alimento de ganado, mientras que la parte leñosa es combustible doméstico, al igual que otras plantas leñosas. Hay muchas plantas útiles que ayudan a sostener la ganadería local y son especies tanto arbustivas como herbáceas. Igualmente existen plantas aromáticas y medicinales. Se requieren estudios ecológicos para asegurarse que estas plantas útiles silvestres no vayan a desaparecer debido a una excesiva sobreexplotación (Rzedowski, 1966).

Otro tipo de nomenclatura que se puede utilizar para describir la vegetación es el empleado por la COTECOCA. En

esta nomenclatura el matorral desértico micrófilo corresponde al matorral inerme parvifolio; el matorral desértico rosetófilo corresponde al matorral crasirosulifolio espinoso. Cuando un pastizal halófito se encuentra asociado a especies arbustivas comunes al matorral desértico micrófilo la COTECOCA los denomina pastizal halófito arbosufrutecente (COTECOCA, 1974).

CAPITULO 6

FACTORES DE FORMACION Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS

6.1 INTRODUCCION

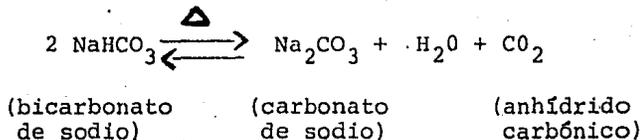
Este trabajo forma parte de un estudio de suelos sobre la hoja El Salado de la Carta Geológica de México. Todos los perfiles se localizaron dentro del Municipio de Vanegas, S.L.P., área que corresponde aproximadamente a la mitad de la carta. Se hicieron 21 perfiles dentro de este municipio con un total de 109 muestras de las cuales se escogieron 10 perfiles con 60 muestras de suelos para presentar sus descripciones, considerándose que eran los más representativos del área.

6.2 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA FORMACION DE LOS SUELOS DE EL SALADO.

El factor que más influye sobre las características de los suelos de la zona, es el clima que es árido, aunque también son importantes, pero en menor grado, el relieve, la geología, el tiempo y los microorganismos. Frecuentemente resulta difícil separar estos factores ya que están íntimamente relacionados entre sí. El factor tiempo en la zona de estudio ha influido muy poco. Hay que considerar que la mayor parte de los suelos son jóvenes, pues existe

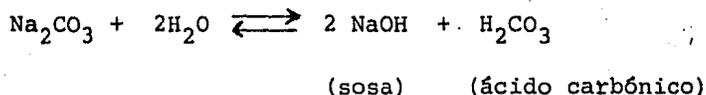
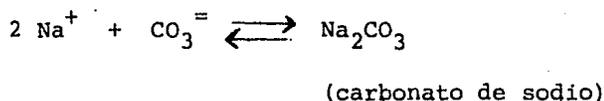
constante depositación de nuevos materiales erosionados y transportados por los vientos y corrientes superficiales, de tal manera que no es fácil la formación de diferenciaciones en los horizontes, además el clima árido también lo impide.

El hecho de que hay escasa lluvia afecta tanto los procesos físicos como químicos en la formación del suelo. Desde el punto de vista físico la aridez produce poca lixiviación, el resultado es que los suelos no maduran ya que no hay suficiente lluvia para producir el lavado de elementos y arcilla en el suelo; por lo tanto, es rara la formación de un horizonte B. Dentro de los perfiles que se describen en este trabajo sólo el perfil No. 5 tiene un verdadero horizonte B. Para los suelos que tienen sales y sodio frecuentemente la textura es difícil determinar debido al efecto dispersante del sodio que puede enmascarar la verdadera textura. La temperatura es otro factor climático de importancia ya que hay muchos procesos químicos que sólo se llevan a cabo con altas temperaturas como las que se pueden registrar en la zona; un ejemplo de esto sería la formación del carbonato de sodio en presencia de calor:

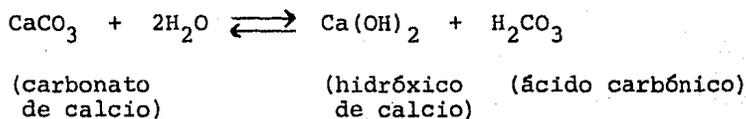


Desde el punto de vista químico lo más notable que produce la aridez es la tendencia a que se acumulen sales y sodio en los suelos. El 60% de los perfiles que se presentan tienen algún grado de salinidad y sodicidad o ambos. Esta característica dominante del suelo parece estar íntimamente relacionada a la topografía y drenaje, ya que aparece sólo en suelos de partes bajas, donde el drenaje general es endorréico. En El Salado la salinidad y sodicidad aparece en la siguiente forma: la reducida precipitación y el gran déficit de humedad junto a una alta evaporación no permiten la formación de corrientes superficiales ni tampoco la salida de aguas fuera de la cuenca. Esto es contrario a lo que ocurre en zonas húmedas donde las corrientes se pueden formar y sus fuerzas erosivas cincelan pasos para permitir un drenaje exorréico. El resultado es que en El Salado no hay desagüe, el drenaje es endorréico, existe escasa o nula lixiviación de iones y arcillas en los perfiles, además las pocas aguas presentes se acumulan en las partes más bajas de la cuenca formando playas o lagos de aguas salinas. La salinidad y sodicidad de estas aguas se debe a que han tenido algún recorrido subterráneo o superficial sobre rocas y suelos. Estos cuerpos sólidos en contacto con el agua liberan iones de elementos que se pueden combinar y formar sales, proceso que existe en todo el mundo, ya que es parte del intemperismo químico, a pesar de ser más común en cli-

temperización y al unirse con el carbonato procedente de rocas calizas forma el carbonato de sodio que reacciona con el agua y forma sosa de la siguiente manera:



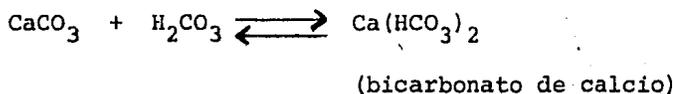
También por medio de la hidrólisis es posible la formación de hidróxido de calcio a partir del carbonato de calcio presente en las calizas tan dominantes de El Salado:



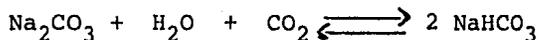
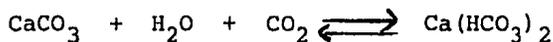
El carbonato de sodio debido a su alta solubilidad provoca una fuerte alcalinización del medio lo que resulta muy tóxico para las plantas, como igualmente es tóxico la sosa. El bicarbonato de sodio, por otra parte, es menos alcalino y menos tóxico que la sosa. En El Salado una de las reacciones que se lleva a cabo es la formación del bicarbonato de sodio.

La carbonatación es la combinación de carbonatos o bicarbonatos con otros iones. Frecuentemente los carbonatos aparecen a partir de carbonatos de calcio que son bastante insolubles pero se solubilizan en presencia de

agua, y también en presencia del ácido carbónico que tiene gran capacidad solvente. Las siguientes dos reacciones son ejemplos de la forma en que se lleva a cabo la carbonatación:



Cuando hay hidrólisis y al mismo tiempo carbonatación se pueden formar bicarbonato de calcio o bien otros tipos de bicarbonatos como sigue:



(carbonato
de sodio)

(anhídrido
carbónico)

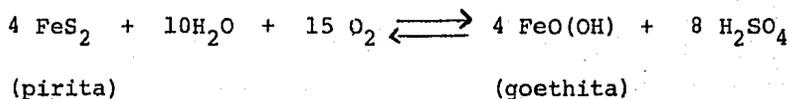
(bicarbonato
de sodio)

La presencia de aluviones con altos contenidos de carbonato de calcio en El Salado, favorece la carbonatación de allí que a pesar de la presencia de altos contenidos de sodio en algunos perfiles, se observa también que los pH son moderadamente alcalinos, alrededor de 8.5 y en pocos casos alcanzan 9.0. En varias zonas del mundo donde se lleva a cabo el lavado de suelos salinos se nota que el Ca⁺⁺ del carbonato de calcio desplaza gradualmente al Na⁺; de allí la conveniencia de utilizar el carbonato de calcio y yeso como mejoradores de zonas sódicas, ambos se

encuentran en la forma natural dentro del área de estudio.

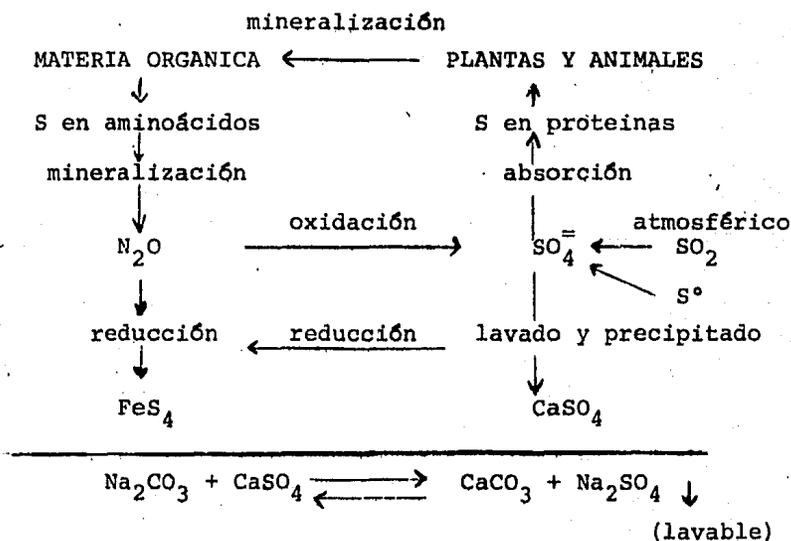
Además, existen muchas sales que se pueden disolver en presencia de agua como se observa en la hidrólisis.

Mientras que los procesos de hidrólisis, hidratación, carbonatación y solución son comunes en medios ecológicos áridos, los procesos de oxidación y reducción son más limitados a pesar de que se pueden observar especialmente en los lugares bajos, donde se acumulan las aguas salobres que permiten la actividad microbiana, lo cual es particularmente cierto para los solonchaks. La oxidación es la pérdida de electrones y la reducción es la ganancia de electrones, provocándose en ambos casos un cambio en la materia. Así, durante la oxidación la pirita, que tiene hierro en forma ferrosa (Fe^{++}), pasa a goethita cuyo hierro está en forma férrica (Fe^{+++}). La reacción inversa es la reducción; ésta ocurre en presencia de agua, por lo tanto se puede esperar que se lleve a cabo en época de lluvias. (Fassbender, 1975).



También en los suelos de zonas áridas con presencia de microorganismos ocurre la oxidación y reducción del azufre dando lugar a la formación de FeS y CaSO_4 lo cual se observa dentro del ciclo del azufre, siendo la oxidación

del sulfato útil para disminuir la alcalinidad de los suelos producido por el Na_2CO_3 (Buckman y Brady, 1970).



El SO_4 , resultado de la actividad microbiana o de la presencia de yeso, permite solubilizar al Na.

6.3 LOS GRANDES GRUPOS DE SUELOS QUE PREDOMINAN Y SU LOCALIZACIÓN EN EL SALADO

Aunque los procesos de intemperismo químico ocurren en toda la cuenca de El Salado, es sólo en las partes bajas que se acumulan las sales ya que su presencia está condicionada por la topografía plana con drenaje endorréico, como ya se ha mencionado. Estas condiciones en El Salado, generalmente, se observan en zonas de escasa pendiente, abajo de los 1,720 m.s.n.m., y es precisamente abajo de esta altitud que predominan los Solonchaks, los Xerosoles

gípsicos y los Xerosoles háplicos con fases salinas y sódicas.

Las geoformas influyen considerablemente sobre las características del suelo. Estas afectan no sólo la textura, sino también la profundidad del suelo (Clarke, 1974). Sobre el pie de monte y los abanicos aluviales el material intemperizado tiende a ser muy somero encontrándose capas petrocálcicas a poca profundidad como se observa en los perfiles Nos. 1 y 2 cerca de la serranía, mientras que en las partes más bajas de la cuenca el material intemperizado es profundo. No obstante el horizonte A es frecuentemente más delgado en las partes más bajas de la cuenca que en lugares cercanos a las sierras. En cuanto a la textura, la pendiente favorece el traslado de las partículas pequeñas de las partes altas hacia el centro de la cuenca; este proceso se debe a la gravedad y agentes transportadores como son las aguas y el viento. El resultado es que existe una mayor proporción de arcilla en las partes más bajas mientras que la arena es un material abundante sobre el pedimento de las serranías en particular en la desembocadura de los arroyos donde se localiza el material coluvioaluvial. En las montañas, prácticamente, no existen suelos y por lo tanto se clasifican estas áreas como zonas de litosol. La desaparición del escaso suelo que pudieran haber tenido estas montañas, se debe no sólo a la erosión natural, de tipo eólico e hídrico, sino principalmente a

la actividad del hombre, en particular la explotación de los bosques y la introducción de ganado a partir del siglo XVI, pero todavía en escasos lugares aislados y altos se observan áreas con Rendzinas degradadas que están asociadas a bosquetes relicto.

Como resultado de los procesos de intemperización, transportación, sedimentación y diferenciación de los horizontes, el suelo dominante es el Gran Grupo de los Xerosoles, particularmente los háplicos con fases salinas, sódicas y petrocálcicas. Los Xerosoles son los sierozems de la nomenclatura rusa. Se considera que éstos son los suelos dentro de las zonas áridas que presentan más diferenciaciones de sus horizontes. En segundo lugar de importancia por su extensión, son los Litosoles y en tercer lugar los Solonchaks de las partes más bajas donde hay problemas de drenaje. También hay pequeñas extensiones con Regosoles en las áreas donde se acumula el material coluvial, Rendzinas en las montañas y Yermosoles (FAO, 1968) en las partes más planas junto a los Solonchaks.

La clasificación de suelos que se ha utilizado para este trabajo ha sido la de la FAO modificada por CETENAL (1970). Se consideró que esto era lo más adecuado ya que esta última institución tiene mapas de suelos de la zona y el muestreo que hicieron fue con 95 puntos de verificación y 44 puntos de muestreo con descripción dentro del área de estudio.

CAPITULO 7

DISCUSION SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE
LOS SUELOS DE EL SALADO

En cuanto a características edáficas éstas se pueden dividir en físicas, químicas y biológicas.

7.1 CARACTERISTICAS FISICAS

Horizontes y profundidad.- Los suelos son someros debido a su escaso desarrollo, consecuencia del clima árido prevalente y el cual es poco propicio para formar suelos más profundos. El material formador del "solum" son los horizontes A y B, en ellos es posible observar relativamente poca actividad biológica y poco movimiento por gravedad de las partículas minerales. Abajo de estos horizontes se encuentra la capa C, la cual consiste en material parental intemperizado. En algunos casos dicha capa se encuentra endurecida, como ocurre en los horizontes petrocálcicos del perfil 1 y 2 o la arenisca del perfil 15; pero también puede consistir en material suelto. Generalmente, el "solum" ocupa menos de medio metro a partir de la superficie aunque en algunos casos es más profundo alcanzando 115 cm. como en el perfil 5. Los perfiles generalmente están formados por un horizonte C. El horizonte B en la mayor parte de los casos está ausente o es sólo incipiente (horizonte cámbico), únicamente en los perfiles

5 y 16 se observa un horizonte B, éstos propiamente no se formaron in situ, sino son producto de sedimentación y arrastre.

Los duripanes que aparecen en los perfiles 1 y 2 presentan alta efervescencia en contacto con el ácido clorhídrico diluido, indicando que se trata de un material calcáreo cementado y, por lo tanto, se clasifican como horizontes petrocálcicos. (USDA, 1975).

Color.- La mayor parte de los colores son de tonos claros en seco. Los matices son 10 YR y 7.5 YR, es decir café o gris amarillentos y café o gris rosáceos respectivamente. En menor escala se puede observar el matiz 5 YR que es rojizo. Todos estos matices se presentan en distintos valores e intensidades encontrándose los oscuros en la superficie y los claros en horizontes inferiores. La gran diferencia de coloración dentro de un mismo perfil se debe a la presencia de materia orgánica en la superficie, lo cual da tonos oscuros al suelo, mientras que los tonos claros se deben a la ausencia de materia orgánica, además que el material parental dominante en la zona de El Salado es caliza de colores claros.

La presencia de suelos de color rojo y amarillentos indica que existe en ellos minerales de color rojo en particular el fierro. La existencia de estos colores en zonas áridas ha sido interpretada por algunos investigadores como prueba de que dichos suelos son paleosuelos y se

formaron bajo condiciones más húmedas en las que prevaleció la oxidación e hidratación ahora reducidas a un mínimo. Tal situación se observa en parte del Sahara (Thorp, 1965), pero también es posible tener esta coloración en zonas áridas si los suelos son de reciente formación y se originan de material parental rico en fierro como es el caso de las rocas ígneas. Dentro de la zona de El Salado cualquiera de los casos podría ser cierto ya que existen lugares que han tenido actividad volcánica del Cuaternario como se puede ver por los conos volcánicos en la parte suroeste de la zona en la planicie Huertecillas-Zaragoza, pero además cabe la posibilidad de que estos suelos rojos sean paleosuelos ya que durante la última época glacial, la zona de estudio tenía un clima más húmedo como lo comprueban los restos fósiles de flora y fauna de zonas aledañas (Hibbord et al., 1965). Para poder dar una explicación adecuada sobre el origen de la coloración de estos suelos y su desarrollo genético, sería necesario hacer previamente un análisis mineralógico, lo cual no se ha hecho en este trabajo.

Densidad.- La densidad aparente varió de 0.75 a 1,21 gr/cm^3 , mientras que la densidad real que se hizo sólo para los perfiles 1 y 2 varió de 2.16 a 2.86 gr/cm^3 (esta última densidad es alta y se observa el aluvión procedente de zonas ricas en fierro y calcopirita) (García-Calderón, 1968).

Textura.- La clase textural fue bastante variada. En general, predominan las texturas finas en las partes bajas del valle de El Salado. El perfil 4 y 5 es de arcilla. Los perfiles 31 y 36 se localizan sobre la llanura de El Salado, casi todas las muestras de ambos perfiles floccularon por la presencia de sales, particularmente yeso, sólo algunas muestras pudieron clasificarse dentro de la clase textural de migajón limoso. En los suelos que hubo floculación, las partículas se agregaban de manera que permitían un rápido paso del agua actuando como un suelo altamente permeable. Se observó texturas francas en los perfiles 15, 16 y 28 que se localizan sobre zonas con pendiente, la excepción es el perfil 16 que está en un valle intermontano. Las texturas migajón arcillosa y migajón arenosa predominan en los perfiles 1, 2 y 25, los tres se encuentran sobre pedimento.

La Conductividad Eléctica (C.E.).- La C.E. varió en los 10 perfiles de 0.33 a 41.7 mmhos/cm a 25°C encontrándose los valores más bajos en los perfiles 2, 15 y 16 en la zona de pie de monte y los valores más altos en los perfiles 5 y 25 en las cercanías de San Vicente, en las partes bajas del valle. Así vemos que la C.E. está relacionada con la localización topográfica del perfil también con la hidrología local, observándose que el valor de esta característica aumenta de la perifera de la cuen-

ca hacia el centro donde la topografía es plana y el drenaje deficiente. La alta C.E. se debe al aumento de sales hacia las partes bajas de la cuenca, en particular el cloruro de sodio como resultado de la acción de las aguas que disuelven compuestos salinos a medida que el líquido pasa por los suelos, además la evaporación de las aguas provoca concentración de estos compuestos salinos en los puntos más bajos de la cuenca.

7.2 CARACTERISTICAS QUIMICAS

El potencial de Hidrógeno (pH). El potencial de hidrógeno obtenido en una relación 1:2.5 con agua mostró variaciones de 7.9 a 9.2, siendo la mayor parte alrededor de 8.5 lo que hace que estos suelos sean medianamente alcalinos con tendencia a que los pH más altos estén en los horizontes más profundos. Los pH que se observan son típicos de zonas áridas con tendencia a que los suelos se salinisen y donde los pH son más altos se puede sospechar presencia de sodio (como Na_2SO_4 y NaCl).

La alcalinidad de los suelos de El Salado hace sospechar fijación de fosfatos y deficiencias de boro, fierro, manganeso y potasio (Miller, 1971), pero para aseverar esto es necesario un estudio de los micro y macro elementos lo cual queda fuera de la finalidad de este estudio.

Iones y cationes intercambiables y solubles. Los

principales cationes que existen en el suelo son calcio, magnesio, sodio y potasio mientras que los aniones son carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros. La combinación de estos aniones y cationes forman sales, pero la proporción de los distintos elementos en el suelo es importante ya que algunos afectan adversamente el crecimiento de las plantas en particular los cloruros y el sodio. "Si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor". (Manual 60, 1953). De ahí la importancia de conocer el porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I.).

En El Salado, el alto contenido de calcio en los suelos hace que el P.S.I. sea más bajo de lo que pudiera esperarse considerando los altos valores de Na^+ que existen en algunos perfiles de la zona de estudio.

El sodio intercambiable al acumularse forma los suelos sódicos que generalmente se caracterizan por su baja permeabilidad, la cual se debe a la naturaleza defloculante del Na^+ . La presencia de sales y sodio frecuentemente coincide con la de texturas finas debido a que ambas características edáficas ocupan una misma situación en el paisaje, localizándose en la parte baja de las cuencas endorréicas de zonas áridas. En dichos lugares hay drenaje impedido y fuerte evaporación de manera que las aguas depositan las sales, pero también depositan arcillas traídas por los

escurrimientos superficiales que aparecen durante las esporádicas lluvias. Las arcillas favorecen la acumulación de sodio debido a que retardan el movimiento del agua a través del perfil e impiden el lavado de bases incluyendo al sodio, por lo tanto este elemento aparecerá con altos valores como también ocurre con la capacidad de intercambio catiónico. Las arcillas se localizan al fondo de las cuencas por ser las partículas más pequeñas, las cuales, debido a su tamaño pueden permanecer en suspensión coloidal en las aguas superficiales por más tiempo hasta que se depositen en las partes más bajas de la topografía local.

Los suelos con salinidad sódica no tienen estructura y son friables. Esto se debe a la defloculación producida por las sales sódicas que tienen un efecto dispersante sobre las partículas del suelo y de esta manera hacen más lento el paso del agua, provocando un drenaje deficiente en el perfil y dificultando el trabajo de labranza (Manual 60). En El Salado varios tipos de sales están presentes, como lo sugieren los resultados de laboratorio de los perfiles 4, 5, 25, 28, 31 y 36, los valores de $\text{CO}_3^{=}$ y HCO_3^- , son bajos o moderados, además los valores de pH raramente pasan del 8.5. Probablemente en esta parte del norte de San Luis Potosí tenemos una situación similar a lo que ocurre en el Asia Central Soviética en donde abunda el yeso, tanto en rocas como en el suelo. El yeso o sulfato de calcio

hidratado se encuentra en forma natural y neutraliza a los carbonatos y bicarbonatos sódicos, provocando una transformación de éstos a carbonatos y bicarbonatos de calcio. Además, el yeso en presencia de carbonatos de sodio se convierte en sulfato de sodio la cual es una sal neutra soluble que con lavados y drenaje se puede eliminar, pero esto no es posible para las partes más bajas de El Salado debido a su hidrología endorréica y a la falta de agua libre de sales necesarias para un lavado (FAO-UNESCO, 1973).

Los suelos salinos y sódicos tienen en forma somera las siguientes características considerándose solamente los primeros 125 cm del perfil: (Manual 60).

Tabla 14

Características básicas para reconocer los suelos salinos y sódicos (USDA, Manual 60)

Tipo de suelo	C.E.	P.S.I.	pH
Salino (Solonchak)	mayor de 4	menor de 15	generalmente menor de 8,5
Sódico-salino	mayor de 4	mayor de 15	generalmente menos de 8.5
Sódico no salino (Solonetz)	menor de 4	mayor de 15	entre 8.5 a 10
Alcalino	menor de 4	menor de 15	menor de 8.5
Salinidad ligera.....	4 a 8 mmhos/cm		
Salinidad moderada....	9 a 15 mmhos/cm		
Salinidad fuerte.....	16 mmhos/cm o más		



Paisaje de la llanura de San Vicente en la parte más baja donde predomina la vegetación de pastizal halófito y el suelo se clasifica como Solonchak órtico.

Si clasificamos los suelos de El Salado presentados en este estudio considerando estas características tenemos el siguiente cuadro:

Tabla 15

CLASIFICACION DE SALINIDAD Y SODIO DE LOS
SUELOS DE EL SALADO

Perfil N°	Altura en m.s.n.m.	Variación de las características para conocer salinidad y sodicidad, datos de los primeros 125 cm de cada perfil.				Clasificación
		C.E.	P.S.I.	pH		
1	1870	0.59 - 2.57	1.7 - 8.7	8.3 - 9.0	alcalino	
2	1840	0.40 - 3.3	menor de 1 a 7.7	8.2 - 8.9	alcalino	
4	1720	1.0 -11.0	5.0 a 16	8.3 - 8.8	sódico - salino	
5	1720	19.2 -30.6	30.3 - 59.1	8.3 - 9.1	sódico - salino	
15	2010	0.45 - 0.71	menor de 1 a 5.3	8.8 - 9.1	alcalino	
16	2030	0.49 - 0.82	menor de 1	8.0 - 8.4	alcalino	
25	1709	0.95 -41.7	menor de 1 a 45.5	8.2 - 8.6	sódico - salino	
28	1730	0.51 - 9.3	menor de 1 a 9.1	7.9 - 8.5	salino (moderado)	
31	1713	2.37 - 6.66	1.6 - 12.5	8.0 - 8.5	salino (ligero)	
36	1700	2.17 -14	menor de 1 a 26.2	8.0 - 8.4	sódico - salino	

las fuentes que originan la presencia de carbonato de calcio, yeso y sales solubles en el suelo son: "el material parental del suelo, la atmósfera, las aguas de escurrimiento, las aguas subterráneas y los residuos de plantas" (Dregne, 1976). Todo esto se puede observar en El Salado donde

el material parental es principalmente de caliza con distintos tipos de impurezas que forman arcillas. Es común en zonas áridas la presencia de minerales arcillosos como mica, vermiculita y clorita (Bear, 1965), además puede haber montmorillonita (Manual, 60). Estos minerales facilitan la acumulación de sales y sodio ya que, contienen los iones formadores de sales y además tienen una alta capacidad de intercambio catiónico. El viento es un agente transportador de calcio, yeso y sales, de manera que estos elementos pueden moverse de un lugar a otro. Las aguas de escurrimiento y las aguas subterráneas son también fuentes transportadoras de estos materiales puesto que disuelven y llevan en suspensión estos elementos. Finalmente el calcio y otras sustancias pueden ser de origen biogénico, no sólo de eras pasadas, sino también del presente como se puede observar por los contenidos de Ca^{++} en las plantas y animales.

El yeso. El yeso presente es muy común en la parte más baja de la cuenca como es en los perfiles 31 y 36. Estos perfiles se encontraban ligeramente húmedos en el campo a pesar de realizar el muestreo en época de sequía. Esta humedad se debe a la gran capacidad de retención de humedad del yeso. También se observan altas concentraciones de yeso en los niveles más profundos de los perfiles 5 y 25; en estos perfiles, al igual que en los dos perfiles anteriores, el yeso ha sido aportado por aguas subterráneas. En los perfiles 31 y 36 el yeso aflora a la superficie ya que, el nivel freático es muy

somero durante la época de lluvias; mientras que en los perfiles 5 y 25 se encuentra el yeso a mayor profundidad, al igual que el nivel freático. Esto resulta estar relacionado con la hidrología y topografía. Los perfiles 31 y 36 están a niveles ligeramente más bajos que el 5 y 25 y a pesar de que la diferencia de altura es mínima (el perfil 36 es el más bajo y se localiza cerca de la curva de nivel de 1,700, mientras que el perfil más alto de los cuatro es el número 5 cerca de la curva de nivel de 1,720).

La Capacidad de Intercambio Catiónico Total (C.I.C. T). Generalmente en suelos normales sin salinidad ni sodio, la Capacidad de Intercambio Catiónico Total es similar a la suma de los principales cationes como son Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ ; pero en suelos calizos y que además son salinos la situación es distinta, como ocurre en El Salado. En este caso la suma de los principales cationes reportados como intercambiables es mayor a la Capacidad de Intercambio Catiónico Total, se nota que es especialmente alto el valor para calcio y lo más probable es que con el método utilizado en este trabajo se determina no sólo el calcio intercambiable, sino también otros tipos de calcio solubles o extraíbles.

Los carbonatos alcalino-térreos. En general, el porcentaje de carbonatos alcalino térreos totales es bastante alto alcanzando hasta el 60%, ésto se debe a que en zo-

nas áridas hay poco lavado de los suelos y por lo tanto los carbonatos alcalino-térreos se acumulan. "Estos carbonatos tienen influencia en la textura del suelo, cuando están presentes en cantidades considerables, ya que sus partículas tienen tamaños semejantes a los del limo". (Manual 60). Por otra parte notamos que el anión $\text{CO}_3^{=}$ se reporta con valores bajos o trazas, la razón de esto es que, en la pasta de saturación (de donde se cuantifica los aniones), no se llegan a disolver los carbonatos, pero al determinar elementos alcalino-térreos éstos se solubilizan totalmente.

CAPITULO 8

DISCUSION GENERAL DE LOS DISTINTOS COMPONENTES QUE
FORMAN PARTE DE LOS PROBLEMAS BASICOS DE EL SALADO8.1 EL ASPECTO FISICO GENERAL

Cuando se observa la hoja "El Salado" de la Carta Geológica (García-Calderón, 1968) se nota en la parte correspondiente a San Luis Potosí lo siguiente:

- 1) La mayor parte del área está compuesta por aluviones del Cuaternario y dentro de ésta se incluyen, en las partes más bajas, aluviones con alto contenido de yeso.
- 2) En la parte W y SE de la zona se localizan sierras con orientación NW a SE compuestas en su mayor parte por material del Jurásico y del Cretácico (calizas, calizas arcillosas, margas, limolitas, lutitas y areniscas).
- 3) Existen basaltos del Terciario en la parte SW del área estudiada y en el centro sur se localiza la Sierra del Jabonero formada por grava y conglomerados del Cuaternario.

Desde el punto de vista geomorfológico puede considerarse que la cuenca de El Salado tiene la mayor parte de las geoformas típicas de zonas áridas como son sierras, pedimentos, bajadas, abanicos aluviales y playas (ver Figura No. 2).

En cuanto a clima la zona presenta homogeneidad, ex-

cepto por las serranías que son ligeramente más húmedas. El clima es definitivamente árido con gran variabilidad de precipitación de un año a otro y dentro de un mismo año. Por los datos disponibles, el clima es de transición de estepario BS a desértico BW, pero con temperaturas templadas y más bajas de lo normal para esa latitud debido a la altura local. El clima seco representa una fuerte limitante para el desarrollo agrícola local, pero aún en este medio climático adverso es posible tener ganadería y agricultura en forma muy restringida.

La vegetación refleja las condiciones climáticas locales y las plantas son típicas de zonas áridas, las cuales presentan alguna adaptación a la sequía. En algunos casos la adaptación de la flora no es tanto al clima como a la geología y al suelo, así existen pastos halófitos en lugares con suelos salinos como ocurre en las partes más bajas de El Salado.

8.2 LA FORMACION DE LOS SUELOS Y LOS PROCESOS EDAFICOS PRE-DOMINANTES.

A partir del final del Cretácico, cuando ocurrieron los levantamientos orogénicos locales, se formaron la mayor parte de las sierras que se observan en la actualidad. A medida que se formaban estas sierras aparecían al mismo tiempo los procesos de erosión que continúan hasta la actualidad, pero estos procesos de degradación eran y siguen siendo contrarrestados en las partes bajas por un proceso

de agradación ya que por medio de la erosión el material rocoso intemperizado en las serranías es gradualmente transportado por la gravedad, las aguas broncas y los vientos hacia las partes bajas de esta cuenca cerrada.

El material en las serranías es predominantemente de roca caliza, por lo tanto los aluviones derivados de estas calizas del Jurásico y Cretácico, son ricos en calcio y consecuentemente el suelo que se ha desarrollado sobre este aluvión es también rico en calcio como lo demuestran los análisis de laboratorio. Resulta menor la influencia de otros materiales no calizos, como el material ígneo procedente de la actividad volcánica del Terciario, esto se observa en pocos perfiles particularmente en el suroeste (como ocurre en los perfiles 2, 21, 23 y 37). En el sur se observa la influencia de las gravas y arenas de la recién formada Sierra de El Jabonero, la cual está sufriendo los procesos erosivos con la consecuente depositación de los materiales hacia las partes bajas. La influencia del material de la Sierra El Jabonero aparece en los perfiles 4, 5, 31 y 32 que se encuentran en llanura y pedimento.

La mayor parte de los suelos en las partes más bajas tienen sales en distintas cantidades, principalmente sulfatos, carbonatos y cloruros de sodio y de calcio. Se encuentra particularmente extendida la presencia de yeso. La existencia de sales en el área son el resultado de una topografía e hidrología típica de una cuenca cerrada. Ejemplos

de suelos con sales son los perfiles 4, 5, 25, 26, 27, 33, 36 y 37. Cuando las sales afectan profundamente las características de un suelo, éste se clasifica como Solonchak, es decir son suelos con un horizonte sálico dentro de 125 cm de la superficie y/o una conductividad del extracto de saturación (a 25°C) de 16 mmhos o más por cm^2 dentro de una profundidad de 125 cm. Si hay un horizonte nátrico, es decir con altas cantidades de sodio será un Solonetz, pero en ocasiones la presencia de sales y sodio no llega a afectar las características de un suelo y en tal caso las sales sólo constituyen una fase salina o salino-sódica. Así, es posible observar en El Salado, Xerosoles con fase salina, pero también hay Solonchaks.

La mayor parte de los suelos en la zona de El Salado están poco desarrollados como se observa en la disposición y profundidad de los horizontes. El horizonte A raramente pasa de los 60 cm y generalmente está seguido por un horizonte C que a veces puede estar endurecido y constituir una fase petrocálcica, la cual se clasifica como profunda, si se encuentra a más de 150 cm de la superficie. De todos los perfiles colectados en la zona sólo hay uno, el perfil 6, que muestra cierto grado de desarrollo puesto que tiene un horizonte B bien definido.

Los procesos edáficos en zonas áridas están en gran parte regidos por el agua disponible en el suelo, pero este

líquido se encuentra en forma limitada, lo que hace que, los procesos sean menos intensos que los de zonas húmedas y que la morfología del suelo proceda en gran parte del material parental; además la escasa precipitación hace que estos suelos tengan altos contenidos de bases ya que tienen muy poca lixiviación (Buol et al., 1973).

En comparación con zonas desérticas los suelos de zonas semi-áridas, como los de El Salado, tienen perfiles con mayor diferenciación en sus horizontes, es decir son más evolucionados. Esto se debe a que la precipitación, aunque limitada, sea suficiente para llevar a cabo algunos procesos similares a los de zonas húmedas, a pesar de que éstos ocurren en forma más lenta e incompleta.

"Los procesos pedogenéticos incluyen ganancias y pérdidas de materiales de un suelo... El suelo es como una casa la cual se forma o se desmantela de acuerdo a procesos específicos". (Buol et al., 1973). En el caso de zonas semi-áridas como El Salado los procesos edáficos que más se observan son de poca pérdida de material excepto por erosión, de poco movimiento de partículas en los perfiles y de adquisición de bases depositado por las aguas. Estos procesos ocurren en zonas áridas en forma muy lenta pero la existencia de un horizonte B en el perfil 6 es claro indicio de que si existen movimientos. Relacionado a este movimiento de partículas en los perfiles se encuentra el enriquecimiento de algunos horizontes con carbonato de calcio dando lugar a

la formación de horizontes petrocálcicos, lo cual es un proceso de calcificación, frecuentemente esto ocurre no sólo por la naturaleza calcárea de los aluviones, sobre los cuales se localizan los suelos, sino también por las aguas freáticas y superficiales que llevan grandes cantidades de Ca^{++} en distintas formas, particularmente sulfato de calcio, y al pasar sobre los suelos van depositando el Ca^{++} . Estas aguas freáticas y superficiales también pueden provocar la salinización de un suelo por medio de la acumulación de sales y cuando estas sales llevan sodio aparece la alcalinización (o solonetización) de un perfil, es decir está en vías de convertirse en un Solonetz por la acumulación de sodio. Debido a la aridez del clima también son lentos los procesos de descomposición tanto de material orgánico como mineral, así lo vemos en el caso de la humificación. Generalmente la materia orgánica que forma el humus permanece sin cambiar por largo tiempo, pero en la época de lluvias llega a haber un ligero grado de humificación lo cual hace posible notar la coloración más oscura del horizonte A con relación a la coloración más clara del resto del perfil (Miller et al., 1971).

Otro proceso importante en zonas semi-áridas es la erosión superficial, la cual se presenta por medio de distintos agentes, siendo los principales el viento y el agua que provocan en particular la erosión laminar y la acanalada, producidas por las esporádicas pero fuertes lluvias sobre las laderas montañosas. Otro agente importante de la erosión

es el hombre y sus animales domésticos que la producen por la excesiva explotación de los recursos forestales y el sobrepastoreo. En las fotografías aéreas es posible notar como el movimiento del hombre y sus animales domésticos hacia puntos estratégicos, particularmente para la obtención de agua, como son pozos, norias y jagüeyes, provocan una erosión circular alrededor de dichos puntos.

8.3 CLASIFICACION Y USO DE LOS SUELOS

Los suelos que predominan en El Salado de acuerdo a la clasificación FAO son los Xerosoles, lo que corresponde a los Sierozems de la clasificación rusa. También se encuentran Solonchaks en las partes donde hay acumulación de sales las cuales han dado características propias a estos suelos. Según la clasificación del Soil Taxonomy todos estos suelos ^{muestreados} son Aridisoles del suborden Orthids (con excepción del perfil 6 Ver Carta 5

El uso que se le puede dar a estos suelos, tomando en cuenta exclusivamente sus características edáficas, son para fines ganaderos y aquellos con una situación geomorfológica privilegiada para la agricultura, como son lugares con humedad subsuperficial y superficial, lo cual ocurre al pie de los abanicos aluviales. Estos suelos pueden ser utilizados para la agricultura de temporal aunque siempre con el peligro de sequías, sin embargo, esto podría ser superado por medio del empleo de riego y algunas otras técnicas para

el mejoramiento de la producción agrícola. En las partes más planas y bajas es necesario el empleo de riego, pero su uso presenta graves problemas por la naturaleza salina de gran parte de los suelos y de las aguas freáticas. La técnica de lavado de suelo, que podría abrir a la agricultura muchas de las partes salinas, se encuentra limitada principalmente por dos razones: a) el lavado requiere de agua que sea baja en sales de lo cual no se dispone en la parte baja de la cuenca y costaría mucho traer agua que se encuentra en los flancos de las sierras; b) un sistema de lavado, en una cuenca endorréica, tiene que ir acompañado de un drenaje profundo que permita desalojar las aguas una vez utilizadas. Tales obras también costarían mucho realizar y la zona no dispone de capital, como tampoco tiene una población preparada para recibir las obras de riego.

En las zonas montañosas, donde existen fuertes pendientes, se observan Litosoles de acuerdo a la clasificación de la FAO. Dichos suelos son muy delgados, por lo tanto quedan excluidos de usos agrícolas, pero si podrían tener valor forestal y ganadero.

8.4 EL ASPECTO HUMANO EN EL USO DEL SUELO

La densidad de población es baja aproximadamente de 1.6 habitantes por km^2 . Notamos también que la infraestructura creada por el hombre ha sido en general deficiente. Así, la zona con respecto a comunicación tiene sólo caminos de te-

rracerfa, con excepción de la carretera pavimentada del sur, que comunica San Tiburcio, en Zacatecas, con Cedral en San Luis Potosí, y entronca con la carretera Matehuala-Saltillo. Existe otra comunicación importante, que pudiera ser un recurso valioso para el desarrollo económico de la zona, este es el ferrocarril, en particular porque se trata de la vía férrea más importante del país, que comunica la ciudad de México con Monterrey y la frontera norte. Este hecho es importante porque puede estimular la producción agropecuaria, ya que el agricultor está conciente de que hay manera de sacar sus productos.

En cuanto a servicios médicos, éstos se encuentran casi totalmente fuera de la zona de estudio y el servicio veterinario aparece sólo en forma esporádica, siendo que para mejorar la salud de la población humana y del ganado es necesario desarrollar estos servicios.

La educación, pudiera pensarse, a primera vista, que es adecuada puesto que se reportan 16 escuelas primarias para una población municipal de 6,771 habitantes (1970), a la cual hay que restar a los que habitan en la cabecera del municipio, que se encuentra fuera de la zona de estudio. Total en la zona de estudio tenemos aproximadamente una población de 4,537 habitantes, es decir una escuela por cada 283 habitantes de los cuales sólo entre la mitad y una tercera parte se encuentra en edad de primaria. Con estos datos tendremos la ilusión de tener una muy buena proporción de habitantes

por escuela, pero la realidad es que estas escuelas solo imparten enseñanza hasta el tercer año de primaria, y además, los maestros frecuentemente se ausentan y hay sólo un maestro por cada escuela.

La infraestructura relacionada con el recurso agua también es insuficiente. Son pocos los pozos y bordos en la zona y a veces están mal situados. Se observa que gran parte de la población, para obtener agua libre de sales, tiene que hacer grandes recorridos. Esto representa un esfuerzo y no favorece la engorda de animales ya que estos gastan sus calorías en los largos trayectos hacia los bebederos. Para contrarrestar este problema ganadero se han perforado pozos en las partes bajas del valle de El Salado, aún cuando sus aguas tienen altas concentraciones de sal, como se puede ver en el cuadro 1. Debido a la presencia de sal no siempre son estas aguas adecuadas para el consumo humano, pero el ganado tiene mayor resistencia a la concentración de sal, aunque, si ésta aumenta, como ocurre en las aguas de pozos en años de sequía, los animales se purgan. Recomendar la perforación de más pozos para ayudar a la ganadería, resulta peligroso pues esto fomentaría la erosión en forma circular como ya se observa en la actualidad en torno a los pozos. Además, lo que necesita la zona no es mayor número de animales, sino tener la carga animal adecuada a la vegetación existente sin que se produzcan daños ecológicos. En este último aspecto, la COTECOCA recomienda de 49.25 hasta 13.16 hectáreas por

unidad animal. Sería más adecuado pensar en mejorar la calidad del ganado, y la calidad del agua que consumen desde un punto de vista microbiológico, para que de esta manera mantener a los animales en mejor estado de salud, todo lo cual ayudaría a aumentar la producción ganadera. Además esto debe de ir acompañado de medidas de regeneración de vegetación nativa para evitar la erosión pero la simple disminución de carga animal facilitaría esto.

Los pozos también son de gran importancia para la agricultura, ya que es el recurso agua el más crítico en este aspecto económico, como lo comprueba el dato de que entre 80 y 90% de la cosecha de 1969, se perdió por la sequía que imperó en ese año. La variabilidad de cosecha que acompaña a la variabilidad de la precipitación, trae como consecuencia, una inestabilidad económica y una gran dificultad para la superación de la región. Bajo estas circunstancias las posibilidades de financiamiento son muy reducidas ya que, no es posible garantizar las cosechas, y como resultado, es difícil introducir cambios tecnológicos que pudieran aumentar la producción agrícola temporalera. Se observa que los productos que se cultivan en la zona son básicamente maíz y frijol, los cuales no son los más adecuados a la precipitación prevalente, pero, dichos cultivos siguen plantándose por estar en función de factores socio-económicos e históricos no relacionados con el recurso agua que se obtiene del subsuelo por medio de pozos o que procede directamente de la precipitación.

El campesino está perfectamente conciente de que, el principal problema agropecuario es la falta de agua, por lo tanto, ya conoce cuales son los terrenos más susceptibles para recibir agua superficial o subsuperficial, y esas son las tierras que utiliza, localizadas en valles y abajo de abanicos aluviales. Estos sitios coinciden más o menos con las especificaciones edáficas que son más adecuadas a la agricultura, es decir, áreas de suelos de texturas medias. También son lugares con poco peligro de salinización.

Los antecedentes históricos de la zona nos muestran que el hombre la ha habitado por un largo tiempo, y el uso del suelo ha evolucionado a través de los siglos. Hasta el siglo XVI El Salado había sido una simple zona de cacería y recolección de frutos silvestres. La poca población existente tenía escasa importancia en el medio ambiente. A partir de la conquista española la economía local estaba relacionada con la minería y la ganadería. Esta ganadería, hasta principios del siglo XX era ovina y vacuna, mientras que en la actualidad es primordialmente caprina. La minería desapareció, y la agricultura, que es de temporal y sirve para la subsistencia del campesino, comenzó a ocupar más tierra. También se observa que se han hecho intentos de aplicar riego en partes bajas, pero esto no ha tenido éxito por la presencia de sales y por la incorrecta aplicación de la tecnología.

La agricultura, con los limitados recursos existentes

en la zona, no tiene posibilidades de desarrollarse a menos que se introduzca tecnología moderna, extensionismo y capital procedente de otras regiones. Podría, hasta cierto grado, mejorarse la zona que actualmente está bajo agricultura de temporal, aplicándose un riego limitado, si se está dispuesto a invertir en la captación de aguas freáticas en la zona montañosa y, además, introducir algunas prácticas agrícolas más adecuadas como sería empleo de agricultura de microcuencas, mayor uso de abonos orgánicos y de semilla seleccionada.

El mal manejo del suelo, provocado principalmente por el sobrepastoreo, ha traído una degradación de los recursos edáficos y bióticos de la zona. Lo anterior se ha agudizado en los últimos cincuenta años, a raíz de la formación de los ejidos, los cuales no fueron organizados adecuadamente, ni tampoco tuvieron suficiente asesoría técnica de tipo agrícola; por lo tanto, este tipo de tenencia de la tierra no ha recibido el debido apoyo para un adecuado funcionamiento. La necesidad de organización queda de manifiesto en el hecho de que no existe rotación en los pastizales, ni tampoco control del número de animales que van a pastar a un área específica, lo cual forma parte de una ganadería de libre pastoreo. El resultado de estas prácticas ganaderas, es sobrepastoreo y la degradación de la vegetación natural. Para resolver esto y mejorar el nivel económico ganadero se necesitaría:

- a) Inversión de dinero para cercar los mejores potreros y mover el ganado de un lugar a otro y así permitir que se regeneren tanto los pastos como los arbustos.
- b) Hacer un calendario ganadero, adecuado a la zona.
- c) Tener una organización que obligue al ejidatario a respetar los calendarios ganaderos y los terrenos en veda, es decir, prohibir el libre pastoreo.
- d) Controlar el número de cabezas de ganado, en particular, la caprina que tiende a provocar mayor destrucción de la vegetación.



Típico ejemplo de la vegetación y el suelo que se observa en los pedimentos de las serranías. Esta vista fué tomada en Zacatecas límites con San Luis Potosí al norte de Huertecillas. La vegetación es de transición con especies tanto del matorral desértico micrófilo como del rosetófilo. El perfil 19 es un Xerosol cálcico, este tipo de suelo se encuentra frecuentemente asociado con los isotes (*Yucca* sp.) que es una planta calcófila.

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES

El hombre, en El Salado, se encuentra en un medio adverso para la agricultura debido a la aridez prevalente. Tampoco el suelo favorece esta actividad, puesto que en las zonas montañosas los suelos son muy delgados o inexistentes y en las planicies frecuentemente presentan problemas debidos a yeso, sales y sodio, sólo en los valles con suelos profundos y en una franja a lo largo del pie de monte se tienen condiciones edáficas adecuadas para la agricultura. La flora nativa del área, que es principalmente xerófila, representa un importante recurso para el campesino, puesto que proporciona combustible, hierbas medicinales, fibras, cera y alimento para la gente y el ganado.

Desde un punto de vista puramente tecnológico es factible controlar los factores adversos a la agricultura mediante la introducción de prácticas de riego, y en esta forma compensar las bajas precipitaciones existentes. Pero todo esto implicaría costosas obras de infraestructura hidráulica que la zona no puede financiar, y preparación previa de los agricultores. Además habría otros costos, puesto que la zona no cuenta con aguas de buena calidad, excepto por la parte montañosa, por lo que para explotarlas tendrían que ser éstas canalizadas en forma subterránea, como se lleva a cabo en el sistema persa de Qanats, o hacer túneles horizontales cuando existen diques geológicos. También es fac-

tible desalinizar las aguas freáticas por medio de la energía solar y realizar una agricultura de medio ambiente controlado en invernaderos y túneles de plástico. Además se puede emplear aguas salinas en el riego por goteo con riesgo, a largo plazo, de aumentar la salinidad del suelo. Notamos que todo esto es tecnológicamente factible, la situación agrícola de la zona puede transformarse, pero económica y socialmente no es factible realizar estos cambios.

Las sugerencias que se puedan hacer para aliviar el problema de la agricultura en El Salado, no deben ser de alto costo, ni de tecnología sofisticada, sino más bien deben ser sencillas y de bajo costo. Estas técnicas pueden consistir en la construcción de terrazas o barreras subterráneas para retener los esporádicos escurrimientos (lo cual ya se practica, aunque escasamente, en la zona). Cavar pozos en sitios donde la salinidad es baja como en el pie de monte, además, practicar técnicas de reducción de evaporación y percolación del agua en el suelo empleando plásticos y practicando una agricultura de microcuencas. Con estas técnicas se aumentaría el agua disponible para las plantas y es particularmente práctico en el cultivo de frutales. Se puede recomendar el durazno, puesto que la zona tiene un clima adecuado para su desarrollo en lo que respecta a temperaturas y el agua se puede incrementar con las técnicas mencionadas, además se tiene antecedentes de que prospera en áreas colindantes de Zacatecas. El impulso a este cultivo

en la zona del pie de monte y valles intermontanos sería redituable debido al alto precio y buen mercado que tiene; por lo tanto, es costeable los gastos relacionados a su establecimiento y transporte. También es factible aumentar la producción de maíz y frijol, que son actualmente los principales cultivos de la zona, mediante el empleo de semilla seleccionada de variedades locales y empleando técnicas de microcuencas, lo cual implica el uso de un arado de diseño especial de bajo costo.

Sería poco realista visualizar a El Salado como un gran centro agrícola, bajo las condiciones que existen en la actualidad. Pero si es adecuado pensar en un desarrollo ganadero basado en un uso racional de la vegetación nativa, permitiendo que ésta se regenere, para lo cual es conveniente practicar la rotación en el uso de pastizales. Esto implica una mayor organización del ejido para que se pueda implementar las restricciones en las prácticas de pastoreo libre y que se limite la carga animal a un número adecuado. Mientras no haya experimentación local la carga animal debe ajustarse a los índices de agostadero recomendado por la COTECOCA (ver Tabla No. 4).

Los pastizales de zonas áridas son útiles y tienen un potencial en cuanto a su productividad, pero este potencial es poco conocido como lo comprueban la poca información existente sobre este tema, por lo tanto, sería una de las recomendaciones de este trabajo sugerir que se haga inves-

tigación no sólo de índices de agostadero, sino también de domesticación y valor nutritivo de plantas silvestres, de interrelaciones ecológicas, particularmente de relación planta-agua-suelo, de presente y potenciales niveles de productividad agropecuaria, de experimentación sobre la posibilidad de introducir nuevos cultivos y técnicas ya experimentadas en otras zonas áridas. Para que el campesino utilice adecuadamente el medio ambiente es necesario que se lleve a cabo una investigación continua, tanto científica como tecnológica incluyendo investigaciones socio-económicas. Así, los temas que abordarían las ramas de ciencias naturales estarían verdaderamente de acuerdo con las necesidades del hombre en el área de estudio. Por esta razón es conveniente que todo estudio de orden agropecuario esté precedido por un detallado análisis de la población local y su nivel de vida, de potencial de trabajo, de comercialización de productos y de costos de producción. El hombre tiene por medio de la tecnología moderna, la capacidad de manipular el ecosistema, pero debe asegurarse que los cambios que él introduzca no vayan a destruir los recursos ya existentes y así ocasionar mayores problemas en el medio ecológico (Ortiz-Solorio, 1981).

Las investigaciones científica y tecnológicas deben ir mano a mano con la investigación socio-económica, ya que es frecuente que la introducción de cambios tecnológicos en una zona no traigan el beneficio esperado en los

habitantes y en el medio ambiente local, e incluso pueden provocar el perjuicio de las condiciones existentes. También es factible que por medio de la introducción de técnicas agropecuarias adecuadas, haya un mejoramiento de la zona, pero este cambio tecnológico sólo se puede llevar a cabo preparando a la población y con inversión de capital. Así, se nota que existe una amplia diferencia en lo que tecnológicamente es factible hacer en una zona y lo que es socio-económicamente posible realizar.

Se espera que este estudio sobre la caracterización de los suelos del Municipio de Vanegas estimule a que se lleven a cabo otras investigaciones dentro de esta misma zona y sobre variados aspectos para que, en esta forma, se puedan completar los puntos presentados en este trabajo.

RESUMEN DE RESULTADOS

La mayor parte de las muestras para este trabajo fueron tomadas en el pie de monte y la planicie lacustre de El Salado, además de dos lugares en valles intermontanos. La zona montañosa no se muestreó por tener sólo litosoles, es decir, se encuentra desprovisto de suelos o bien éstos tienen menos de 10 cm de profundidad.

Los suelos dentro de la zona de El Salado presentan ciertas características comunes que son típicas de zonas áridas:

1) Los perfiles de suelos presentan poco desarrollo debido a que hay poca lixiviación, resultado de la escasa precipitación, y por lo tanto no se forma un horizonte B con excepción de los perfiles N° 5 y 16.

2) Los suelos en general presentan tonalidades claras predominando el gris rosáceo, blanco rosáceo, gris claro y café pálido con matices de 7.5 YR.

3) La materia orgánica es baja, lo cual es resultado de la baja biomasa existente, común a zonas áridas. Sólo en los primeros 5 cm se observan valores relativamente altos de materia orgánica.

4) Estos suelos son ricos en bases particularmente calcio, lo cual es resultado de la poca lixiviación que ocurre en climas áridos ya que, las bases no son lavadas fuera del perfil. Las altas concentraciones de calcio también se deben a la naturaleza geológica de la zona donde predominan calizas o aluviones derivados de calizas.

5) Es común observar duripanes formando horizontes Cam, presencia de los cuales se reportan como fases petrocálcicas, cuando predomina al calcio cementado, y petrogípsicas cuando hay yeso cementado.

6) Predominan en todos los perfiles muestreados en Vanegas los suelos alcalinos en los pie de montes y sódico-salinos y salinos en las llanuras de San Vicente y El Salado. El suelo alcalino más bajo se encuentra a 1,825 m.s.n.m., mientras que el suelo sódico-salino y salino tiene por máxima

altura 1,830 m.s.n.m., pero la mayor parte de estos suelos se localizan de 1,720 m.s.n.m. hasta el punto más bajo de la cuenca.

7) Todos los suelos tienen pH medios y altos, por lo tanto todos son alcalinos sólo que algunos, además presentan sales y sodio y en tal caso son denominados por estas características como salinas y sódico-salinas.

8) La C.E. es alta en las muestras sódico-salinas y salinas. Esto se debe a la acumulación de sales incluyendo yeso y sales sódicas, lo cual es resultado de un drenaje endorréico, además de geología y clima específico de la región.

9) El porcentaje de sodio intercambiable para la zona es relativamente bajo a pesar de los altos valores de sodio, esto se debe a los altos contenidos de calcio en el suelo.

10) En el aspecto de los principales nutrimentos vegetales (N, P, K) los suelos del Municipio de Vanegas (según Obregón-Ovalle, 1976) presentan valores medios y altos de fósforo aprovechable con rango de 12.4 a 41.3 p.p.m., el potasio es de medio a bajo con rango de 0.3 a 10.9 m.e./lt. mientras que el nitrógeno se sospecha es bajo ya que el porcentaje de materia orgánica es bajo.

11) La zona del pie de monte tiene texturas francas y migajosas mientras que las texturas más finas, limosas y arcillosas se encuentran en las partes más bajas en las llanuras de San Vicente y El Salado. La presencia de arcilla hace que exista un movimiento lento del agua en el perfil y

así favorece la acumulación de sodio, yeso y sales que son depositados tanto por aguas superficiales como freáticas. La tendencia al drenaje impedido en las partes más bajas provoca la formación de lugares pantanosos como ocurre al noreste del área de estudio, donde se forma, en épocas de mayor precipitación, una laguna temporal con aguas salinas.

12) Las unidades de suelos existentes en la zona se encuentran localizados en la Carta V, la cual fue elaborada a nivel de asociaciones de unidades de suelos empleándose para ello la nomenclatura de la FAO CETENAL, 1970. Las principales unidades de suelos por orden de importancia, son los siguientes:

a) Litosoles que cubren las serranías y parte del pedimento limítrofe y escasamente en asociaciones con otros suelos se ven en la planicie. Frecuentemente en las zonas monticulosas los litosoles se encuentran en asociación con Regosoles y Xerosoles háplicos. b) Los Xerosoles háplicos, cálcicos y gípsicos se encuentran en el pie de monte y la planicie, frecuentemente en las partes más bajas de la zona estos suelos pueden tener fases salinas y sódicas. c) Los Solonchaks órticos y Litosoles que aparecen en las partes más bajas sobre áreas con drenaje deficiente y susceptibles a inundación. Estos suelos pueden encontrarse en asociación con Xerosoles tanto cálcicos como gípsicos.

Las áreas que ocupan las distintas unidades de suelos

se encuentran desglosadas en la Tabla 14, mientras que la Tabla 15 resume las condiciones fisiográficas en que se encuentran los suelos de la zona.

CONCLUSIONES

A través de los distintos recorridos de campo se notó que amplias áreas de la parte más baja de El Salado están formadas por varias unidades de suelos, entre las cuales se encuentran Litosoles que representan restos de elevaciones que no han sido totalmente erosionadas, destacando de un poco más de un metro sobre el nivel topográfico general. Dichos afloramientos rocosos son de material calizo y gipsífero rodeado por aluviones que forman unidades de suelos muy distintos consistiendo en Xerosoles cálcicos y gípsicos, además de Solonchaks órticos.

Las geoformas que se observan son indicadoras de un equilibrio dinámico en los procesos geomorfológicos existentes. En las montañas hay erosión fuerte que indica un proceso de degradación, mientras que en las partes bajas los aluviones señalan la agradación prevalente, aunque al mismo tiempo en las llanuras se observa deflación, resultado de los fuertes vientos locales.

Las aguas freáticas en la llanura son alcalinas y tienen altos niveles de salinidad aunque generalmente el sodio es bajo (ver Tabla I). Esto explica la presencia de

las fases salinas, petrocálcicas y petrogípsicas en los perfiles. Así, las sales y carbonatos disueltos en las aguas se acumulan en los suelos cuando sube el nivel freático o por evaporación de aguas superficiales. Estas aguas no son adecuadas para la agricultura, su empleo puede provocar la salinidad de suelos que en la actualidad están libres de sales, a menos que se aplique una tecnología especial. De las 18 muestras de agua que se analizaron, 17 se clasificaron con alto y muy alto peligro de salinidad ya que las conductividades son superiores a los 1,040 micromhos.

Viendo la localización de estos pozos se nota que están en la parte más baja del valle y el pozo de nivel más bajo de sales es El Saltillito junto a la serranía del mismo nombre. Esto hace sospechar que si se perforaran los pozos en los flancos de las serranías se obtendría agua de mejor calidad.

La agricultura en la zona no ha podido progresar debido a la adversidad prevalente del medio físico, y esto es sin contar los problemas socio-económicos. Esta adversidad incluye principalmente la escasez de agua, debido a la aridez climática, pero también existen las limitaciones que imponen los suelos. Las plantas están influidas por las características edáficas en distintas maneras. Las raíces encuentran limitaciones en su desarrollo cuando hay poca pro-

fundidad de los suelos que puede estar relacionado a la presencia de horizontes petrocálcicos y petrogípsicos tan abundantes en el área. También un impedimento al desarrollo de la agricultura es la presencia de sales y sodio, en estas circunstancias sólo se desarrollan formas vegetativas adaptadas al medio como son los pastos halófitos. Así el desarrollo de la gobernadora (Larrea sp.) que es tan común en la zona ejemplifica una adaptación al clima y los suelos. Se nota que esta planta es más robusta sobre suelos profundos, libres de sales, bien drenados como ocurre en las zonas de pie de monte mientras que en las llanuras, con suelos salinos, la gobernadora aparece raquítica. También hay una relación entre la existencia de litosoles y matorral desértico rosetófilo.

La agricultura en zonas áridas tiene la desventaja de escasez de agua pero hay la ventaja de tener pocas plagas, además los suelos pueden tener una alta productividad debido a la riqueza en elementos minerales siempre y cuando haya agua. Las limitantes edáficas relacionadas con poca profundidad, presencia de sales, yeso y sodio pueden hasta cierto punto, ser resueltas por la tecnología moderna (Bryan et al., 1977) (Martínez-Beltrán, 1978) pero para que se aplique dicha tecnología será necesario que cambien favorablemente las circunstancias socio-económicas prevalentes en la actualidad.

CARTA V

24° 30'

101° 15'

101° 10'

101° 05'

CARTA EDAFOLOGICA DE EL SALADO

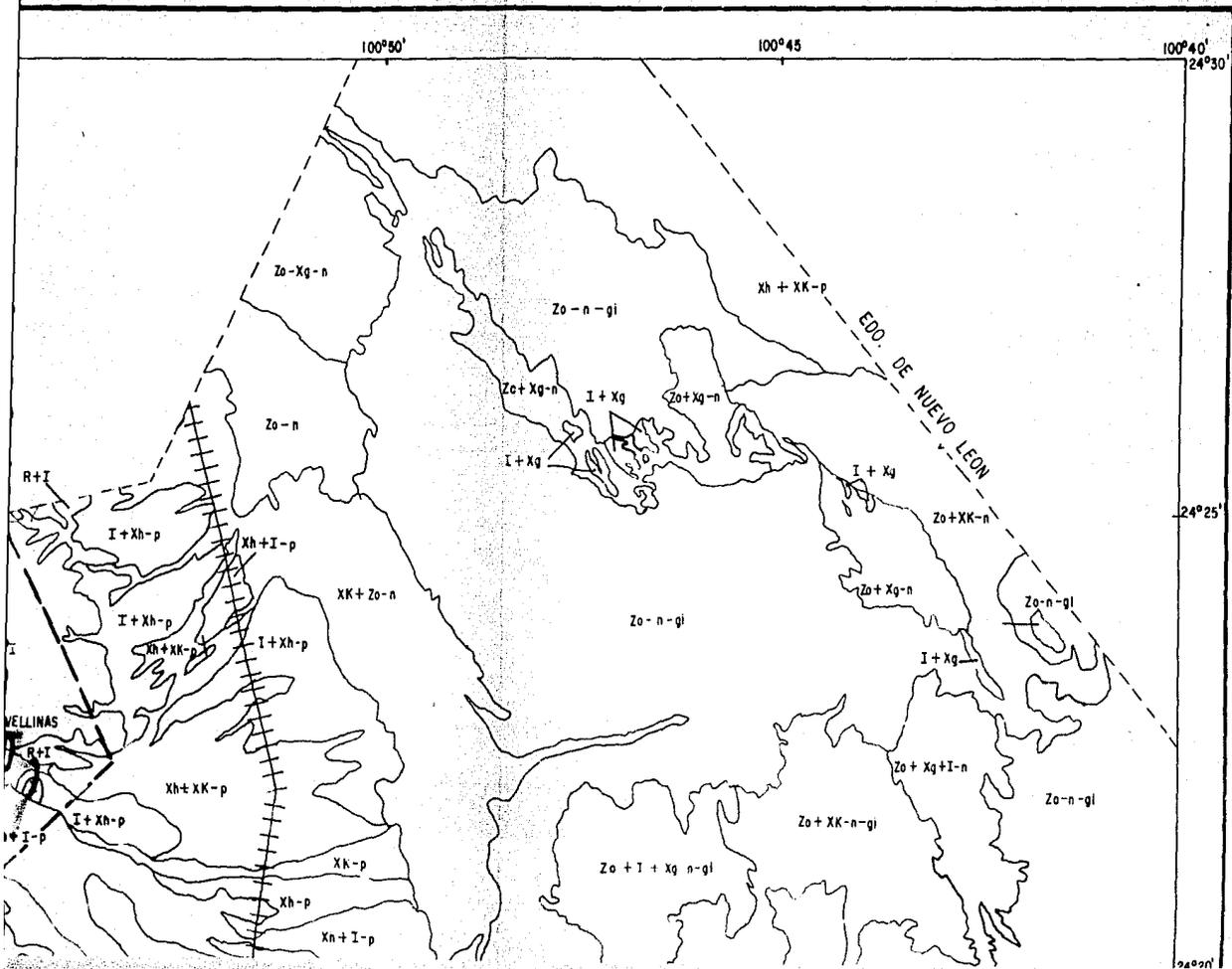
Unidades de Suelos

- R Regosoles
- Xh Xerosol háplico
- XK Xerosol cálcico
- Xg Xerosol gípsico
- Zo Salonchak órtico
- S Solonetz
- I Litosol

FASES

24° 25'





24°20'
24°5'
24°10'

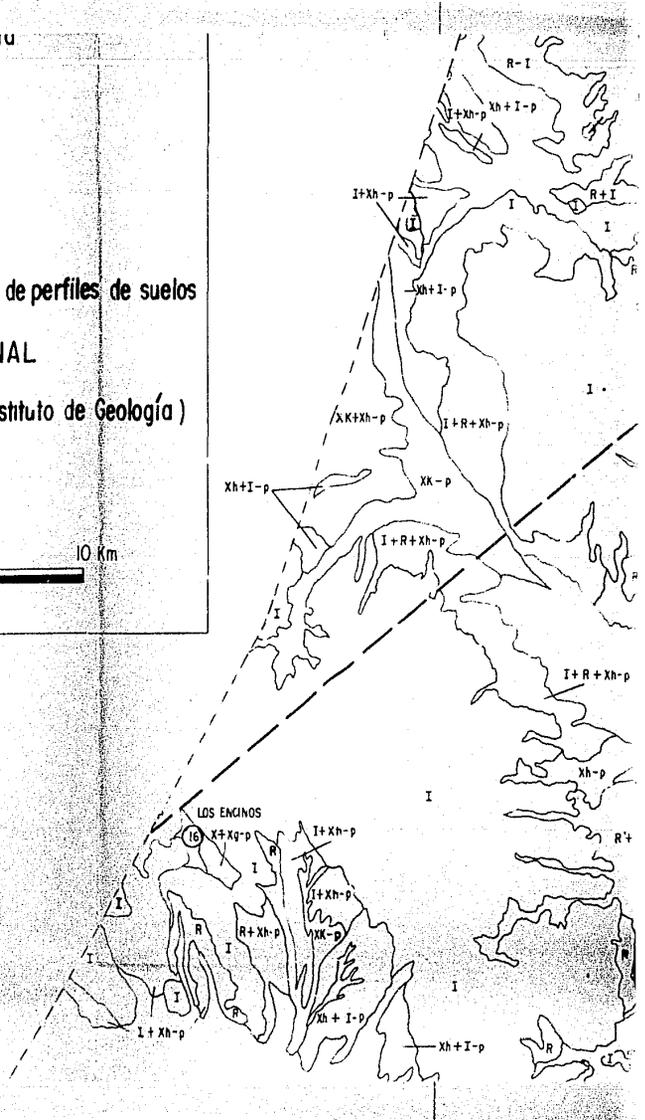
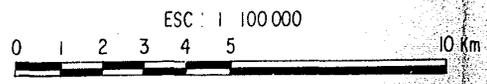
g gravosa s surina
gi gípsica
n sódica
p petrocálica

② Sitio con muestras y descripción de perfiles de suelos

----- Límites estatales según CETENAL

— Límite carta geologica UNAM (Instituto de Geología)

+++++ Ferrocarril



BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aceves-Navarro, Everardo, 1979, El ensalinamiento de los suelos bajo riego: Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Allende-Lastra, R. y Bayona C., Armando, 1977, Modificaciones al sistema de clasificación, FAO UNESCO CETENAL, Secretaría de la Presidencia, México, D. F.
- American Geological Institute, 1979, Dictionary of Geological Terms Anchor Books: Anchor Press, New York.
- American Public Health Association and American Water Works Association, 1946, Standard Methods for the examination of water and sewage. Ed. 9, 286 p., New York.
- Arnon, J., 1972, Crop Production in Dry Regions: Volume I and II, Leonard Hill, London, p. 1-48, 98-116, 176-200.
- Bear, F. E., et al., 1965, Chemistry of the soil. Chapman & Hall, Ltd. London.
- Black, C.A. ed., 1965, Methods of soil analysis. Amer. Soc. Agron. Monograph 9.
- Bouyoucos, G. J. 1962, Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil: Agron. J., 54, p. 464-465.
- Bower, C. A. and Huss, R. B., 1948, Rapid conductometric method for estimating gypsum in soils: Soil Sci. 66, p. 199-204.
- Bower, C. A., et al., 1952, Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Sci. 73, p. 251-261, illus.

- Burckhardt, Carlos, 1906, La faune jurasique de Mazapil avec un appéndice sur les fossiles du Cretacique Inferieur Inst. Geología. México, Bol. 23.
- Buckman, H. O. y Brady, N. C., 1970, Naturaleza y propiedades de los suelos, Montaner y Simon, S. A., Barcelona, España.
- Buol, S. W., Hole, F. A., and McCracken, R. J., 1973, Soil genesis and classification: Iowa State University Press, Ames.
- Bureau of Technical Assistance, Agency for International Development, 1974, More Water for Arid Lands: (Report of an Ad Hoc Panel), National Academy of Sciences, Washington, D. C.
- Butler, B. E., 1980, Soil classification for soil survey. Clarendon Press. Oxford.
- Cabral-Berumen, Arturo, 1974, Estudio agrológico semidetallado San Isidro, Municipio de Cedral, S.L.P.: Dirección de Agrología, S.R.H.
- Cabrera-Ipiña, Octaviano, 1968, Monografía del Estado de San Luis Potosí: Talleres Linotipográficos Impresos Teyeyac, S.L.P.
- Campos-López et al., 1979, Larrea; Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila y Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) México, D. F., p. 217-277.
- Castro-Dimas, M., Aguilera-Herrera, N., 1965, Génesis de dos perfiles de suelos desarrollados sobre roca ígnea ácida y sobre roca caliza en las inmediaciones del Valle de S.L.P.: Mem. II Congr. Soc. Mexicana de la Ciencia del Suelo.

- Cheng, K. L. and Bray, R. H., 1951, Determination of calcium and magnesium in soil and plant material; Soil Sci. 72, p. 449-458.
- Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, 1971, Mapa de Estados Unidos Mexicanos, Zonas Económicas para la fijación de los salarios mínimos 1972-1973, México, D. F.
- CETENAL Secretaría de la Presidencia, Carta de Climas, Hoja San Luis Potosí 14Q-1, Hoja Monterrey 14R-VII Escala 1:500,000, Inst. Geografía, Univ. Nat. Autón. México.
- CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), 1975, Cartas Uso del Suelo y Edafología, Secretaría de la Presidencia, México, D. F., Escala 1:50,000 Hojas El Salado G14-C74; San Vicente G14-C84; Los Encinos G14-C83 El Durazno G14-C73.
- CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), 1970, Clasificación de suelos FAO-UNESCO-1970, México, D. F. Secretaría de la Presidencia.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero), 1974, Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana-San Luis Potosí, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D. F.
- Cooke, R. U. and Warren, A., 1975, Geomorphology in Deserts. B.T. Batsford Ltd, London, p. 184-228

- Córdoba, D. A., 1965, Hoja Apizolaya 23R-1 con Resumen de la geología de la Hoja Apizolaya, Estados de Zacatecas y Durango: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Carta Geológica de México, Serie 1:100,000.
- Clarke, G. R., 1974, *The Study of Soil in the Field*: Clarendon Press, Oxford, Great Britain.
- Davies, B., Eagle, D., and Finney, J. B., 1977, *Soil Management*: Farming Press Limited, Ipswich, Suffolk, Great Britain.
- De Cserna, Zoltan, 1956, *Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey*: Congreso Geológico Internacional, 20a, México, Monogr.
- De la Cruz-Campa, J. A. y Zapién-Barragán, M., 1974, *El campo experimental forestal de zonas áridas de la Sauceda*, Ramos Arizpe, Coahuila: Boletín Divul. N°36, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- De Martonne, E., 1926, *Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité*; *La Météorologie*.
- Dregne, H. E., 1971, *Soils of Arid Regions*: Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Donahue, R.L., Miller, R.W., Schickluno, J.C., 1977, *Soils: An introduction to soils and plant growth*: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Esparza-Torre, H. F., *Mapas de los Estados San Luis Potosí*, Librería Patria, México, D. F.

- FAO, 1968, Definitions of Soil Units, for the Soil Map of the World: World Soil Resources Office Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- FAO/UNESCO, 1973, Irrigation, Drainage and Salinity, Hutchinson, London, Great Britain.
- Fassbender, Hans W., 1975, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica.
- Fitzpatrick, E. A., 1978, An introduction to soil Science: Oliver & Boyd, Edinburgh
- Fuller, Wallace H., 1975, Soils of the Desert Southwest: University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- García-Calderón, J., 1968, Hoja El Salado 14R-j(11) de la Carta Geológica de México, Serie 1:100,000 Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología.
- García, E., 1964, Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geografía, México, D. F.
- Glantz, M. H., et al., 1977, Desertification; Westview Press, Boulder, Colorado, U.S.A.
- Gómez-González, Antonio, 1978, Gypsum Range Condition and interactions of *Bouteloua Chasei* in the Desert Grassland from San Luis Potosí: Proceedings of the First International Rangeland Congress. Society for Range Management, Denver, Colorado.
- Goudie, A. and Wilkinson, J., 1977, The warm desert environment: Cambridge University Press, Cambridge.

- Grande-López, et al., 1966, Estudio edafológico preliminar de los suelos del Municipio de Villa de Arriaga, S. L. P., Act. Cien. Potos. Vol. VI, No. I, Univ. Autón. San Luis Potosí, S.L.P.
- - - 1966, Estudios genéticos de suelos yesíferos de Matehuala, S.L.P., Agrociencia (México), Núms. 1 y 2.
- Green, L. R., et al., 1978, Goat control of brush regrowth on southern California fuelbreaks: Proceedings of the First International Rangeland Congress, Society of Range Management, Denver, Colorado.
- Hall, E. R., 1960, Small carnivores from San Joseato Cave (Pleistocene) Nuevo León, México, Univ. Kansas, Mus. Nat. Hist., Publ. v. 9.
- Hernández-Junquera, A., 1977, Fauna Local Laguna de la Media Luna, Pleistoceno Tardío, Municipio de Río Verde, San Luis Potosí, México: Univ. Nal. Autón. México, Fac. Ciencias.
- Hills, E. S., et al., 1966, Arid Lands: UNESCO, Paris, p. 301-358.
- Imlay, R. W., 1936, Geology of the western part of the Sierra de Parras, Coahuila, México: Bull. Geol. Soc. America, v. 47.
- - - 1937, Geology of the middle part of The Sierra de Parras, Coahuila, Mexico: Bull. Geol. Soc. America, v. 98.

- Imlay, R. W., 1938b, Studies of the Mexican geosyncline: Bull. Geol. Soc. America, v. 49.
- Jackson, M. L., 1958, Soil chemical analysis: Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jiménez-López, Jorge, 1972, Instructivo para la determinación del clima de acuerdo al Segundo Sistema de Thornthwaite: Dirección de Agrología, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, D. F.
- Kellum, L. B., 1932, Reconnaissance studies in the Sierra de Jimulco, Mexico: Bull. Geol. Soc. America, v. 43.
- Kelly, W. A., 1936, Geology of the mountains bordering the valley of Acatita and Las Delicias: Bull. Geol. Soc. America, p. 47
- Laird, R. J., 1977, Investigación Agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional: Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados (Rama de Suelos) Chapingo, México.
- Lezama-Escobedo, A., 1972, El manejo del ganado ovino para incrementar la producción lanar en el Ejido de Guaname, Municipio de Venado, S.L.P.: Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Loredo Murphy, Luis, 1966, Estudio geológico de la Sierra El Tunal, Municipios de Cedral y Vanegas, Estado de San Luis Potosí.
- Lorente, José María, 1961, Meteorología: Editorial Labor, S.A.

- Mabbutt, J. A., 1977, Desert Landforms: The Mit Press, Canberra, Australia, p. 81-118, 151-214.
- Martínez-Beltrán, J., 1978, Drainage and reclamation of Salt-affected soils. Bardenas area, Spain: International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI. Wageningen, The Netherlands.
- Millar, C. E., Turk, L. M., and Foth, H. D., 1971, Fundamentos de la Ciencia del Suelo: Compañía Editorial Continental, S. A., México, D. F.
- Moore, W. G., 1976, A Dictionary of Geography: Penguin Books, Middlesex, England.
- Munsell Soil Color Chart, 1954, Edition Munsell Color Company Inc. Baltimore, 2 Maryland, U.S.A.
- Nabhan, G. P., 1978, The ecology of floodwater farming in arid south-western North America: Arizona Agricultural Experimental Station, Tucson, Contribution No. 2909.
- Obregón-Ovalle, R., 1976, Estudio Agrológico Semidetallado Tanque Colorado: Dirección de Agrología, S.R.H.
- Obregón-Ovalle, R. y González-Reyes, F.J., 1976, Estudio agrológico semidetallado San Juan de la Cruz, Municipio de Vanegas, S.L.P.: Dirección de Agrología, Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- - - 1976, Estudio agrológico semidetallado El Gallo, Municipio de Vanegas, S.L.P.: Dirección de Agrología, Secretaría de Recursos Hidráulicos.

- Ortiz-Solorio, C.A., y Cuanelo de la Cerda, H. E., 1981, Introducción a los levantamientos de Suelos: Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- - - 1978, Metodología del Levantamiento Fisiográfico: Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Pantoja-Alor, Jerjes, 1963, Hoja San Pedro del Gallo 13R-K (3) con Resumen de la geología de la Hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Carta Geológica de México, Serie 1:100,000.
- UNESCO, Development of Arid and Semi-arid Lands: Obstacles and prospects: MAB Technical Notes 6, UNESCO.
- U. S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service Staff, 1975, Soil Taxonomy: Agriculture Handbook No. 436, USDA. Washington, D.C.
- Richards y Personal del Laboratorio de Salinidad, Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos: Manual de Agricultura No. 60, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Editorial Limusa, México, 1973.
- Raisz, E, 1959, Landforms of Mexico (Mapa Escala 1:3,000.000) Cambridge, Mass.
- Rapp, A., 1974, A review of desertization in Africa: Water, Vegetation and Man. Stockholm: Secretariat for International Ecology, Sweden (SIES).
- Reitemeier, R.F., 1943, Semimicroanalysis of saline soil solutions: Indus. and Engin. Chem., Analyt. Ed. 15: p.393-402.

Rzedowski, J., 1966, Vegetación del Estado de San Luis Potosí:

Univ. Autón. San Luis Potosí.

- - - 1978, Vegetación de México: Limusa, México.

Schulze, Gustavo, 1953, Conglomerados terciarios continentales en la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila y sus relaciones con fenómenos ígneos, geomorfológicos y climatológicos: Inst. Nal. Inv. Rec. Minerales, México,

Bol. 30.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1977, Cartografía Sinóptica Uso Actual del Suelo, Estado de San Luis Potosí: Carta Escala 1:500,000. México, D. F.

Secretaría de Industria y Comercio. Censo de Población, 1970, Dirección General de Estadística, México.

- - - 1970, V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal: Dirección General de Estadística, México.

- - - 1970, V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal: Dirección General de Estadística, México.

S.O.P., 1973, Dirección General de Programación de Carreteras, Estado de San Luis Potosí. México.

- - - 1973, Dirección General de Programación de Carreteras, Estado de San Luis Potosí. México.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección de Hidrología, 1976, Boletín Hidrológico No. 55.

1976, Boletín Hidrológico No. 55.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Unidades de riego para el desarrollo rural. Estado de San Luis Potosí. Semblanza Socioeconómica Proyección de 1976.

1976, Semblanza Socioeconómica Proyección de 1976.

Servicio de Conservación de Suelos. Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos de América, 1973, Manual de Conservación de Suelos.: Editorial Limusa-Wiley, S.A.

1973, Manual de Conservación de Suelos.: Editorial Limusa-Wiley, S.A.

México.

- USDA - Agriculture Handbook No. 436, 1975, Soil Taxonomy.
Soil Conservation Service, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- Soil Survey Staff, 1976, Soil Survey Field Handbook, Technical Monograph No. 5, Harpenden, England.
- Sprague, G. F. et al., 1977, Corn and corn improvement. American Society of Agronomy, Wisconsin, U.S.A.
- Steila, D., 1976, The Geography of Soils: Prentice-Hall, Inc. New Jersey, U.S.A.
- Storie, E. R., 1970, Manual de evaluación de suelos. Edit UTHEA. México.
- Thornbury, William D., 1960, Principios de Geomorfología: Editorial Kapelusz, Buenos Aires, Argentina.
- Thorp, F. T., 1965, The nature of the pedological record in the Quaternary: Soil Science 99, p. 1-8.
- Velasco-Molina. H. A., 1974, Cosecha de agua de lluvia en regiones áridas: Editorial CONACYT, México.
- - -, Sistemas de recolección, materiales impermeabilizantes e hidrofóbicos y retardadores de evaporación utilizados para cosechar agua de lluvia en las regiones áridas del mundo. CONACYT, Comisión Nacional de las Zonas Áridas.
- Villegas S., M. et al., 1977, Método simplificado de análisis para la clasificación granulométrica de los minerales del suelo: Rev. Inst. Geología, Univ. Nal. Autón. México, 2: p. 194-199.

Walkley, A., 1935, An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soils: J. Agr. Sci. 25: p. 598-609.

Walter, H., 1973, Vegetation of the Earth: Heidelberg Science Library, Springer-Verlag, New York. p. 85-114.

Young, A., 1976, Tropical Soils and Soil Survey: Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.

APENDICE I

DESCRIPCION DE PERFILES Y RESULTADO

DE ANALISIS DE SUELOS

PERFIL N° 1

Localización: Cerca de Zaragoza, Municipio de Vanegas, S.L.P.
Altura: 1,870 m.s.n.m.
Topografía: 2 % de pendiente, sitio en plano rodeado de pequeñas excavaciones.
Drenaje: Perfil con buen drenaje, permeable. Sitio con drenaje receptor.
Vegetación: Matorral desértico microfilo con dominancia de gobernadora (*Larrea*, sp). Se recogieron las muestras de suelos en una parcela con cultivo de maíz de temporal.
Roca Basal: Aluviones derivados de lutitas y areniscas del Cretácico Superior y basalto del Eoceno-Plioceno.
Anotaciones: La profundidad del perfil es realmente hasta los 61 cm a partir del cual empieza un horizonte petrocálcico que impide el desarrollo radicular. Este perfil consiste de horizontes A y C.
Clasificación: Xerosol háplico con fase petrocálcica profunda.
Uso Agrícola: En el momento del muestreo el lugar se encuentra bajo agricultura de temporal para maíz. La presencia de la capa petrocálcica no es un grave problema si se emplean cultivos de poco desarrollo radicular o bien se emplea el arado profundo que puede romper la capa petrocálcica. Este suelo no tiene problemas de drenaje y la textura no afecta las labores agrícolas. La presencia de Na⁺ a partir de los 138 cm señala un posible peligro, sodificación si se llegara a practicar la agricultura de riego.

Hori- zonte	Profundidad en cm.	D e s c r i p c i ó n
A	0-43	Horizonte con raíces finas macroporos. M.O. relativamente alta de 3.38 a 2.18 %. Color 10 YR 6/3 café pálido en seco y 10 YR 4/2 grisáceo oscuro en húmedo. Estructura migajosa en la superficie y friable y laminar a partir de los 5 cm. Horizonte con grava y gravilla abundante, con textura arcillosa y arcillo arenosa. El pH* es alcalino de 8.7 a 8.2, la C.E. va de 0.59 a 2.57 mmhos/cm. Este es un horizonte libre de sales.
A	43-61	Horizonte cálcico con transición con material petrocálcico fragmentado que impide el desarrollo de raíces y debido a que está fragmentado hay M.O. intercalada que se ha movido de la parte superior lo cual explica los altos valores de M.O. que son de 2.33 %. Existen guijarros de petrocálcico. El color es de 10 YR 5/2 café grisáceo en seco y 10 YR 4/3 café oscuro en húmedo. Horizonte sin estructura con textura arcillosa, pH de 8.4, C.E. de 1.47 mmhos/cm, sin problema de sales.
Cam	61-80	Horizonte petrocálcico que impide totalmente la penetración de raíces de allí que la M.O. sea muy baja. El color es de 10 YR 5/2 café grisáceo en seco y 10 YR café oscuro en húmedo. Horizonte sin estructura con textura migajón arenosa. El pH es alcalino de 9.0 y la C.E. es de 1.9. No hay problema de sales, además existe yeso.
C	80-190	Horizonte sin raíces y con microporos. El color sufre en éste horizonte un brusco cambio 5 YR 8/3 y 5 YR 8/2 rosado y blanco rosáceo en seco a 5 YR 7/6 amarillo rojizo y 5 YR 7/4 rosado en húmedo. La estructura es subangular poco desarrollada con moderada grava y gravilla. La textura es franca y migajón arcillosa. El pH es alcalino de 8.7 y 9. Las C.E. son bajas de 0.57 a 0.67. Hay presencia de Na ⁺ y sulfatos.

* pH- para todos los perfiles éste valor se reporta a partir de la suspensión suelo-agua con relación 1:2.5

PERFIL N° 2

Localización: La Boquilla, Municipio de Vanegas, S.L.P.
Altura: 1,840 m.s.n.m.
Topografía: Lugar con pendientes de 5 a 7 % sobre el pedimonte de las estribaciones sur de la Sierra de El Tepetate (o La Mojonera). Hay elevaciones cercanas al perfil.
Drenaje: Sitio de drenaje donador. Perfil con frenaje eficiente.
Vegetación: Transición de matorral desértico micrófilo a matorral desértico rosetófilo. Presencia de *Larrea sp.* y *Yucca sp.*, además de cactáceas de varias especies.
Roca Basal: Material coluvio-aluvial influido por basalto del Eoceno-Plioceno y calizas arcillosas del Cretácico Inferior.
Anotaciones: Se observó regolita basáltica en un 3 % de la superficie. Cerca del sitio de muestreo se localizó un banco de material abandonado, donde hubo explotación de grava basáltica. Se considera que el "Solun" llega hasta los 57 cm a pesar que el perfil se hizo hasta los 130 cm. Tiene este perfil horizontes A y C con capa petrocálcica.
Clasificación: Xerosol háplico con textura media y fase petrocálcica.
Uso agrícola: Este sitio en la actualidad se utiliza para la cría de ganado menor y el aprovechamiento de la vegetación natural. No es adecuado para la agricultura por ser somero ya que, el horizonte de 17 a 57 dificulta el desarrollo radicular, mientras que el petrocálcico entre 57 a 66 cm lo impide totalmente.

Hori- zonte	Profundidad en cm.	D e s c r i p c i ó n
A	0-17	Horizonte con raíces abundantes y delgadas con microporos y macroporos abundantes. La M.O. está en cantidades moderadas de 1.76 %. El color es de 10 YR 5/2 café grisáceo en seco a 10 YR 4/4 café amarillento oscuro. Sin estructura nula plásticidad, abundante en grava, moderada cantidad de guijarros y escasas piedras. Reacción fuerte al HCl, textura de migajón arcillo arenoso. El pH es alcalino 8.65, al C.E. es baja de 0.40 mmhos/cm y el horizonte está libre de sales.
A	17-57	Horizonte petrocálcico con raíces moderadamente delgadas y medias, con macroporos abundantes. Se trata de un horizonte de transición que entre 17 y 28 cm tiene 2.04 % de M.O. abajo de ésta profundidad casi no hay M.O. El color de los 17 a 28 cm es 10 YR 6/2 gris café en seco y 10 YR 4/4 café amarillento oscuro en húmedo en la profundidad de 28 a 57 cm los colores son 7.5 YR 7/4 rosado en seco y 7.5 YR 5/4 café en húmedo. Este horizonte tiene una estructura laminar poco desarrollada sin plásticidad con abundante grava, moderada cantidad de guijarros y escasa piedra. Fuerte reacción al HCl. Textura migajón arcillo arenoso y franco. El pH es alcalino 8.9. La C.E. es baja de 0.42 mmhos/cm. El horizonte está libre de sales pero hay yeso.
Cam	57-66	Horizonte petrocálcico que impide el desarrollo radicular y no tiene porosidad debido a una estructura dura. El horizonte presenta fuerte reacción al HCl. El color es 7.5 YR gris rosáceo en seco a 7.5 YR 5/6 café fuerte en húmedo. Existe un 52 % de arcilla y se clasifica como tal. El pH es alcalino de 8.8, la C.E. es baja 0.77 mmhos/cm. Este horizonte es casi libre de sales.
C	66-130	Horizonte con microporos abundantes y estructura subangular débil con fuerte reacción al HCl. El color es similar al horizonte Cam y las texturas son migajón arcillosa. El pH es de 8.6 y 8.1. La C.E. es de 1.3 y 3.3 mmhos/cm. No hay problemas de sales ya que la concentración de iones solubles alcanza para el Na ⁺ 21.7 me/lt, Cl ⁻ 12.9 me/lt, SO ₄ ²⁻ 36.1 me/lt.

PERFIL N° 4.

Localización: Cerca de La Trueba, Municipio de Vanegas, S.L.P.
Altura: 1,720 m.s.n.m.
Topografía: Plana con pendiente menor al 2 %.
Drenaje: Eficiente, receptor.
Vegetación: Matorral desértico micrófilo con predominancia de gobernadora (*Larrea sp.*), uña de gato (*Mimosa blunififera*) y opuntias (*Opuntia sp.*)
Roca Basal: Aluvión con influencia de grava y guijarros de la Sierra del Jabonero.
Ano-aciones: El perfil alcanza los 200 cm a pesar que el "Solum" se desarrolla realmente hasta los 95 cm. Este perfil tiene horizontes A y C con un horizonte B incipiente de 63-95 cm.
Clasificación: Xerosol háplico con fase salina y sódica a partir de los 38 cm.
Uso agrícola: Este suelo en la actualidad está empleado para el pastoreo libre de ganado mixto y en este uso no presenta problemas. Si se introduce riego habrá que tomarse muchas precauciones como la construcción de drenaje profundo. En la actualidad las sales y el sódico suben durante la época de lluvias al mismo tiempo que el manto freático. Las precauciones que se deberán tomar son costosas, por lo tanto es mejor que estas tierras permanezcan como pastizales y si se cultivan que sea utilizado sólo el temporal con técnicas especiales de captura de lluvia.

Horizonte	Profundidad en cm.	D e s c r i p c i ó n
A ₁	0-38	Horizonte con raíces finas y medias abundantes; M.O. relativa-alta de 2.75 a 2.86 %; color 10YR 7/2 gris claro y 7.5 YR 7/2 gris rosáceo en seco, 10 YR 6/8 amarillo rojizo en húmedo, estructura migajosa, microporos abundantes, grava abundante con escasos guijarros y piedras. La arcilla predomina con 58 a 48 % dando una clase textural arcillosa. El pH es alcalino 8.75 y 8.80. La C.E. es baja alcanzando 1.67 mmhos/cm. Este es un horizonte con ligera salinidad y sodicidad, los iones solubles alcanzan para Na ⁺ 11.82 me/lt, Cl ⁻ 13.58 me/lt, SO ₄ ⁻² 16.55 me/lt.
A ₂	38-63	Horizonte con escasas raíces finas y medias, M.O. baja 0.87 %, color 7.5 YR 7/2 gris rosáceo en seco, 7.5 YR 6/8 amarillo rojizo en húmedo, estructura migajosa desarrollada, con microporos abundantes, grava moderada, sin guijarros ni piedras, estructura arcillosa, pH 8.7, C.E. 5.5 mmhos/cm. Existe ligera salinidad y sodicidad con iones solubles de Na ⁺ de 42.60 me/lt, Cl ⁻ de 43.40 me/lt, SO ₄ ⁻² de 22.65 me/lt.
A-B	63-95	Horizonte con características tanto de un B como de un A. La M.O. es baja de 0.71 %, las raíces presentes son finas y medias escasas, color 7.5 YR 7/4 rosado en seco y 7.5 YR 6/8 amarillo rojizo en húmedo, estructura subangular poco desarrollada, microporos abundantes, grava escasa sin guijarros ni piedras, textura arcillosa predomina la arcilla en un 58 %. El pH es alcalino 8.5, la C.E. es 8.0. Existen ligera salinidad y sodicidad. Los iones solubles tienen valores para Na ⁺ de 40.87 me/lt, para Cl ⁻ de 55.41 me/lt y para SO ₄ ⁻² de 16.3 me/lt.
C	95-200	Horizonte con raíces muy escasas. M.O. muy baja de 0.51 a 0.28 %. color 7.5 YR 8/4 y 7.5 YR 7/4 rosados en seco y 7.5 YR 6/8 amarillo rojizo a 7.5 YR 5/6 café fuerte en húmedo, estructura subangular poco desarrollada, presencia de microporos y escasas gravas sin guijarros ni piedras. Existen pequeñas concreciones negras, la textura es arcillosa con predominancia de arcilla que varía de 44 %. El pH es de 8.05 a 8.30. La C.E. varía de 11.0 a 10.1. Se observa presencia de sales y sódico en moderadas concentraciones a partir de los 160 cm para abajo. Los iones solubles varían para Na ⁺ de 69.56 a 1704.35 me/lt para Cl ⁻ de 69.6 a 147.6 me/lt y para SO ₄ ⁻² es de 7.55 a 33.23 me/lt.

PERFIL N° 5

Localización: Al sur de San Vicente, Municipio de Vanegas, S.L.P.
Altura: 1,720 m. s. n. m.
Topografía: Zona plana con 1 % de pendiente. Sitio en una llanura que comunica con la llanura de El Salado.
Drenaje: Eficiente, sitio receptor.
Vegetación: Matorral desértico micrófilo y pastizal. Presencia de pastos halófitos (*Sporobolus* sp. y *Suaeda nigrans*) y mezquite chaparro (*Prosopis laevigata*).
Roca Basal: Aluvión procedente de calizas del Cretácico Superior y de la formación Jabonero del Cuaternario.
Anotaciones: El perfil se hizo hasta los 180 cm pero el "Solum" en sí llega sólo hasta los 115 cm. Este perfil es más desarrollado que los anteriores puesto que tiene horizontes A, B y C. ligero afloramiento de alcali negro. Perfil que a partir de los 50 cm está húmedo. Se observan cristales de yeso.
Clasificación: Xerosol háplico con fases altamente sódicas y salinas en todo el perfil.
Uso agrícola: En la actualidad este suelo se emplea con fines ganaderos. Considerando sus características salino-sódicas resulta mejor que permanezca con el uso que se le da en la actualidad.

Horizonte	Profundidad en cm.	D e s c r i p c i ó n
A	0-40	Horizonte con raíces finas abundantes y medias escasas. M.O. con valores medios 2.62 a 1.04 %. Color 10 YR 7/2 gris claro en seco, 10YR 5/3 café y 10 YR 4/4 café amarillento en húmedo. Estructura laminar de 0 a 6 cm y migajosa de 6 a 40 cm, no moderada presencia de grava sin guijarros, ni piedras, con textura arcillosa. El pH es alcalino de 8.3 a 8.8, la C.E. va de 19.2 a 29.2 mmhos/cm. Existen fuertes reacciones al HCl. Este horizonte es altamente salino y alcalino con iones solubles de Na ⁺ que van de los 130.4 me/lt hasta 434.70 me/lt, de Cl ⁻ varían de 100.80 me/lt a 314.40 me/lt, de SO ₄ ⁼ de 23.50 me/lt a 147.23 me/lt.
B	40-70	Horizonte con raíces medias escasas y finas abundantes, M.O. escasa de 9.78 %, color de 7.5 YR 7/2 gris rosáceo en seco, 7.5 YR 5/4 café en húmedo, estructura subangular poco desarrollada, presencia de grava en cantidad moderada, la textura es migajón arcillo limoso. El pH es uno de los más altos en el perfil 9.1, la C.E. es la más alta de 30.6 mmhos/cm. Existen fuertes reacciones al HCl. Horizonte altamente salino y alcalino con iones solubles de Na ⁺ de 295.65 me/lt, los Cl ⁻ son 183.96 me/lt, los SO ₄ ⁼ son 134.01 me/lt.
B	70-115	Horizonte con raíces escasas y finas; M.O. muy baja; color 7.5 YR 7/4 rosado en seco, 7.5 YR 5/6 café fuerte en húmedo; estructura subangular poco desarrollada; presencia de grava; poca porosidad; textura arcillosa; pH de 9.1 y 9.0; C.E. de 29.2 y 25.5 mmhos/cm. Hay problema de sales y sódio. Los iones solubles alcanzan para Na ⁺ 382.60 y 417.39 me/lt, para Cl ⁻ 248.0 y 219.2 me/lt, para SO ₄ ⁼ 141.71 y 179.93 me/lt.
C	115-180	Horizonte sin raíces. M.O. muy baja de 2.21 %; color 7.5 YR 7/4 rosada en seco, 7.5 YR 6/6 amarillo rojizo en húmedo; estructura subangular poco desarrollada; presencia de grava; poca porosidad; textura arcillosa; pH de 8.7; C.E. de 25.2. Hay problemas de sales y sódio. Los iones solubles fueron para Na ⁺ 1,095.65 me/lt para Cl ⁻ 129.60 me/lt para SO ₄ ⁼ 83.74 me/lt. Se nota que el Ca ⁺⁺ intercambiable es más de 4 veces lo existente en los horizontes superiores.

Perfil N° 5

Localización:

San Vicente, S.L.P.

Muestras	Profundidad en metros	Color		S. A. arena g/lms	D.R. g/cm ³	Textura			Clase Textura	% M.O.	PH	I.E.S	C.E. Ambio	P.H.I.	C.I.C.T. me/100g	Elementos intercambiables me/100g				Iones				Sulfatos me / l			Peso me/100g	Hidratación (me/l)		
		Seco	Humedo			% arena	% limo	% arcilla								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	NH ⁴ ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	NH ⁴ ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻			SO ₄ ²⁻	
A ₁	0-6	10YR 7/2 gris claro	10YR 5/3 café	1.07		8	38	54	arcilla	2.62	8.8	7.3	21.7	30.3	13.10	46.0	2.0	1.90	13.04	34.46	6.89	3.83	130.44	T	4.26	100.80	23.5	9.50		
A ₂	6-20	10YR 7/2 gris claro	10YR 5/3	0.99		6	34	60	arcilla	2.07	8.3	8.0	19.2	40.7	10.85	61.6	5.2	2.05	21.73	41.55	11.25	6.14	234.76	T	4.99	183.20	86.34			
A ₃	20-28	10YR 7/2 gris claro	10YR 4/4 café amarillento	0.98		4	32	64	arcilla	1.24	8.6	8.2	27.7	55.3	19.46	54.0	6.4	1.69	29.54	43.58	11.25	8.70	434.76	T	3.00	314.4	141.23	46.40	41.71	
A ₄	28-40	10YR 7/2 gris claro	10YR 4 / 4 café amarillento	0.99		2	36	62	arcilla	1.04	8.7	8.1	29.2	47.1	22.08	44.9	4.7	1.85	33.83	25.97	9.52	5.88	330.44	T	1.74	227.76	147.23		38.07	
B ₁	40-70	7.5YR 7/2 gris rosado	7.5YR 5/4 café	1.10		13	49	38	nigayón arcillo limoso	0.78	9.1	8.3	30.6	47.0	16.09	47.6	1.6	2.51	35.63	23.98	22.48	6.65	295.64	T	1.74	183.96	134.02	8.78	0.55	
B ₂	70-90	7.5YR 7/4 rosado	7.5YR 5/6 café fuerte	1.10		4	30	66	arcilla	0.42	9.1	8.3	29.2	57.3	16.47	46.4	1.6	2.51	35.61	29.15	6.86	8.44	382.64	T	2.66	248.00	141.74			
B ₃	90-115	7.5YR 7/4 rosado	7.5YR 5/6 café fuerte	1.07		8	32	60	arcilla	0.28	9.1	8.4	25.5	59.1	22.81	51.6	1.4	2.51	34.76	34.09	1.93	9.72	417.36	T	2.16	219.20	179.96	16.22	0.48	
C	115-180	7.5YR 7/4 rosado	7.5YR 6/6 café pizarra	0.98		12	26	62	arcilla	0.21	8.7	8.0	25.2	75.8	19.73	246.8	4.4	1.85	19.12	41.82	11.83	4.60	1095.64	T	1.62	129.6	83.74	370.00	0.06	

T significa trace

PERFIL N°. 15

Localización: Al norte de Huertecillas, Municipio de Vanegas, S.L.P.
Altura: 2,010 m.s.n.m.
Topografía: 5 % de pendiente sobre pedimonte con montañas al norte y llanuras al sur.
Drenaje: Perfil con buen drenaje. Sitio donador.
Vegetación: Transición de matorral desértico micrófilo a matorral desértico rosetófilo, dominando el segundo. El perfil se hizo en un izotal, pero había también gobernadora (*Larrea* sp.), hoja zen (*Flourensia cernua*), chamizo (*Atriplex canescens*), biznagas (*Ferocactus pringlei* y *Opuntia* sp.).
Roca Basal: Aluvión procedente principalmente de calizas del Jurásico Superior y Cretácico Inferior.
Anotaciones: La profundidad del "Solum" en sí es de 0-20 cm aunque el perfil se hizo hasta los 80 cm. Consiste de horizonte A y C, este último con dos discontinuidades litológicas. Hay gravas y piedras cubriendo un 25 % de la superficie, este material es angular y subangular, su presencia da la fase gravosa. Existen pequeñas capas horizontales de 4 cm de espesor, a los 50 y 70 cm se nota endurecimiento de los horizontes C, lo cual es una arenisca endurecida ya que casi no hay arcilla, sin la cual no se puede considerar la existencia de un duripan a pesar de que CENENAL señala a esta zona como si tuviera una fase petrocálcica profunda. Todo el perfil tiene una fuerte reacción al HCl.
Clasificación: Xerosol háplico con fase gravosa.
Uso agrícola: En la actualidad este lugar se utiliza con fines pecuarios para la recolección de fibra y pastoreo de ganado menor. Debido a la presencia de endurecimiento a partir de los 20 cm este suelo no tiene futuro para practicar la agricultura.

Hori- zonte	Profundidad en cm.	D e s c r i p c i ó n
A	0-20	Horizonte con raíces moderadas y M.O. relativamente alta de 3.66 %; color 7.5 YR 6/3 gris rosáceo en seco y 7.5 YR 4/3 café oscuro en húmedo; sin estructura; consistencia blanda sin adhesividad o plasticidad; macroporos abundantes; textura franca con predominio de arena. El pH es de 8.5; la C.E. es baja de 0.48 mmhos/cm; insignificantes cantidades de sales y sodio.
II C	20-37	Horizonte con M.O. de 1.47 %; color 7.5 YR 7/3 gris rosáceo en seco y 7.5 YR 5/4 café en húmedo; estructura dura; textura franca (que solo se pudo obtener en laboratorio debido a la cementación de este horizonte); el pH es de 8.6; la C.E. es de 33 mmhos/cm. Sin problemas de sales y sodio.
III C	37-80	Horizonte que tiene discontinuidad litológica respecto al horizonte de encima; M.O. baja 0.96 a 0.80 %; color 7.5 YR 7/2 gris rosáceo en seco y 7.5 YR 4/3 café oscuro; estructura subangular poco desarrollada; textura migajón arenosa y franca con valores de arena de 56 y 52.5 % respectivamente; el pH es de 9.15 y 8.75, la C.E. es baja de 0.71 y 0.45 mmhos/cm. Hay poca presencia de yeso que alcanza 36 me/100 gr. No hay problema de sodio o sales.

PERFIL N° 16

Localización: Al norte del poblado Los Encinos.
Altura: 2,030 m.s.n.m.
Topografía: Aproximadamente 5 % de pendiente en un valle intermontano.
Drenaje: Perfil bien drenado. Sitio con drenaje donador
Vegetación: Zona cultivada con maíz pero en descanso. Vegetación natural cercana es matorral desértico rosetófilo.
Roca Basal: Aluvión de poca profundidad pero con influencia de caliza arcillosa "Cuesta del Cura"
Anotaciones: El suelo se notó que estaba húmedo a partir de la superficie y por la localización topográfica se puede sospechar que hay movimiento horizontal de las aguas freáticas. Existe un drenaje eficiente. Este perfil consiste en un horizonte A y B con relativamente altos contenidos de materia orgánica en todo el perfil, particularmente por situarse en zona árida. La topografía local junto con la presencia de materia orgánica indica que este suelo recibe constantes aportaciones de material de partes situadas más altas.
Clasificación: Cambisol háplico.
Uso agrícola: Este suelo se emplea para la agricultura de temporal. Se observa que el último cultivo que había tenido era maíz pero en zonas alledañas con suelos similares, crecían frutales (ciruelos y duraznos) y otros productos como calabazas. Este es un suelo adecuado para las actividades agrícolas ya que se encuentra libre de sales y sodio. No tiene estructura y la textura es media lo cual es adecuado para las labores de campo.

Horizonte	Profundidad en cm.	Descripción
A	0-40	Horizonte con raíces finas y medias moderadamente abundantes; M.O. relativamente alta de 5.17 a 4.97 %; color 10YR 5/2 café grisáceo en seco y 10 YR 3/3 café oscuro en húmedo. Tiene consistencia ligera pero sin estructura. Existen macroporos abundantes y también hay abundancia de grava y guijarros subangulares y angulares. No hay concreciones, ni películas, ni nódulos, ni manchas. La textura es migajón arenosa y franca. El pH es de 8 y 8.3 sin problemas de salinidad ya que la C.E. es baja de 0.82 a 0.57 mmhos/cm. Tampoco existe problema de sodicidad ya que los valores del sodio intercambiable y soluble son inferiores de 1 me/100 gr.
B	40-90	En el campo no hay mucha diferenciación aparente entre este horizonte y el anterior, aunque en húmedo los suelos son más oscuros siendo de 10 YR 3/2 café grisáceo muy oscuro. En el laboratorio se nota ligera disminución de la materia orgánica de 4.97 a 4.42 %. En cuanto a texturas éstas son francas y migajón limosa; el pH es de 8.35 a 8.35. No hay problemas de salinidad y sodicidad.

PERFIL N° 25

Localización: Al norte de San Vicente, Municipio de Vanegas, S.L.P.
 Altura: 1,709 m.s.n.m.
 Topografía: Sitio sobre la parte baja del pedimento en zona de transición hacia la llanura con 2 % de pendiente.
 Drenaje: Perfil con drenaje eficiente, sitio receptor.
 Vegetación: Matorral desértico micrófilo donde se observó la presencia de gobernadora (*Larrea sp.*), huizaches (*Acacia sp.*), gardenche (*Opuntia imbricata*) y cenizo (*Leucophyllum frutescens*).
 Roca Basal: Aluvión con influencia de caliza arcillosa del Cretácico.
 Anotaciones: Se observó una capa delgada superficial de alcali. El perfil se hizo hasta los 145 cm, pero el "solum" llegó sólo hasta los 77 cm. Este suelo consiste de un horizonte A sobre un horizonte C.
 Clasificación: Xerosol gipsico con fase salina y sódica.
 Uso agrícola: En la actualidad se utiliza este suelo para fines ganaderos, uso que es adecuado ya que la presencia de sales a partir de los 38 cm dificultaría la agricultura de riego y obligaría a llevar a cabo costosas obras de drenaje profundo. Además el horizonte libre de sales es demasiado somero para un buen desarrollo de la agricultura de temporal.

Horizonte	Profundidad en cm.	Descripción
A ₁	0-38	Horizonte con raíces finas y medias abundantes; M.O. relativamente alta de 3.93 a 2.02 %; color 7.5 YR 6/3 gris rosáceo en seco y 7.5 YR 4/3, 4/4 y 4/6 todos café oscuro en húmedo. Estructura variada poco desarrollada en la superficie, en horizontes inferiores la estructura es subangular medianamente desarrollada y granular poco desarrollada. Existen macroporos abundantes; la textura es migajón arcillosa; el pH es de 8.4 y 8.6; la C.E. es baja de 0.95 a 2.37 mmhos/cm; no hay problemas de salinidad o sodicidad; los iones solubles de Na ⁺ son de 2.86 a 29.56 me/lt de Cl ⁻ son 1.90 a 2.63 me/lt, de SO ₄ ⁻² son de 3.94 a 32.77.
A ₂	38-77	Horizonte con raíces finas y medias abundantes hasta los 58 cm, abajo de lo cual ya no hay raíces; M.O. de 1.10 a 0.96 %; color 7.5 YR 4/6 café oscuro en húmedo; estructura subangular poco desarrollada. Se observan concreciones filamentosas, escasas. Existen macroporos abundantes, la textura es migajón arcillosa pero de 58 a 77 cm no se pudo obtener la textura debido a que las muestras se flocularon. El pH es alto de 8.6 y 9.0; la C.E. es alta de 19.7 y 41.7 mmhos/cm. También hay altas concentraciones de sales y sodio. Los iones solubles son de Na ⁺ 191.30 y 400.00 me/lt, Cl ⁻ 43.80 y 121.18 me/lt SO ₄ ⁻² 210.72 y 207.46 me/lt. (Los altos valores de Na ⁺ explican los altos valores de pH y C.E. además de la floculación de parte de éste horizonte. Se nota concentración de yeso del orden de 886 y 772 me/100 gr.
A-C	77-98	Horizonte de transición, sin raíces y baja M.O. del orden de 0.76 %. Color 7.5 YR 6/6 amarillo rojizo en seco y 7.5 YR 5/6 café fuerte en húmedo; estructura subangular poco desarrollada. Existen macroporos. Se observan cristales de CaSO ₄ en moderada cantidad. La textura es arcillosa. El pH es de 8.65, la C.E. es de 31.8 mmhos/cm. Hay altos valores de sodio y sales. Los iones solubles de Na ⁺ son de 234.78 me/lt, de Cl ⁻ son de 111.22 me/lt para SO ₄ ⁻² 204.55 me/lt y hay bicarbonatos del orden de 10 me/lt. Hay presencia de yeso del orden de 816 me/100 gr.
C	98-145	Horizonte sin raíces y sin M.O. color 5 YR 7/4 rosado en seco, 5 YR 5/8 rojo amarillento en húmedo, lo cual resulta más rojizo que los demás horizontes; estructura subangular poco desarrollada con macroporos y presencia de cristales de CaSO ₄ · H ₂ O. La muestra se floculó. El pH es de 8.2; C.E. es de 19.5 mmhos/cm. Los iones solubles son para Na ⁺ 213.04 me/lt. para Cl ⁻ 26.85 me/lt, para SO ₄ ⁻² 193.73 me/lt. Estos últimos valores muestran un horizonte salino y sódico pero en menor grado que los dos horizontes anteriores. Hay altas concentraciones de yeso que alcanza 3,438 me/100 gr.

Perfil N° 25

Localización:

Barro de San Vicente, S.L.P.

Muestra	Prueba	Color		D. A. medio μm	D. R. g/cm ³	Textura			Clase Texturas	%	BR	I. P. S.	C. E.	P. S. I.	C. I. C. T. m/100g	Solubles en agua				Solubles en alcohol				pH	pH ₂₅	pH ₄	pH ₁₀	pH ₁₄	pH ₁₈	pH ₂₂	pH ₂₆	pH ₃₀	pH ₃₄	pH ₃₈	pH ₄₂	pH ₄₆	pH ₅₀	pH ₅₄	pH ₅₈	pH ₆₂	pH ₆₆	pH ₇₀	pH ₇₄	pH ₇₈	pH ₈₂	pH ₈₆	pH ₉₀	pH ₉₄	pH ₉₈	pH ₁₀₂	pH ₁₀₆	pH ₁₁₀	pH ₁₁₄	pH ₁₁₈	pH ₁₂₂	pH ₁₂₆	pH ₁₃₀	pH ₁₃₄	pH ₁₃₈	pH ₁₄₂	pH ₁₄₆	pH ₁₅₀	pH ₁₅₄	pH ₁₅₈	pH ₁₆₂	pH ₁₆₆	pH ₁₇₀	pH ₁₇₄	pH ₁₇₈	pH ₁₈₂	pH ₁₈₆	pH ₁₉₀	pH ₁₉₄	pH ₁₉₈	pH ₂₀₂	pH ₂₀₆	pH ₂₁₀	pH ₂₁₄	pH ₂₁₈	pH ₂₂₂	pH ₂₂₆	pH ₂₃₀	pH ₂₃₄	pH ₂₃₈	pH ₂₄₂	pH ₂₄₆	pH ₂₅₀	pH ₂₅₄	pH ₂₅₈	pH ₂₆₂	pH ₂₆₆	pH ₂₇₀	pH ₂₇₄	pH ₂₇₈	pH ₂₈₂	pH ₂₈₆	pH ₂₉₀	pH ₂₉₄	pH ₂₉₈	pH ₃₀₂	pH ₃₀₆	pH ₃₁₀	pH ₃₁₄	pH ₃₁₈	pH ₃₂₂	pH ₃₂₆	pH ₃₃₀	pH ₃₃₄	pH ₃₃₈	pH ₃₄₂	pH ₃₄₆	pH ₃₅₀	pH ₃₅₄	pH ₃₅₈	pH ₃₆₂	pH ₃₆₆	pH ₃₇₀	pH ₃₇₄	pH ₃₇₈	pH ₃₈₂	pH ₃₈₆	pH ₃₉₀	pH ₃₉₄	pH ₃₉₈	pH ₄₀₂	pH ₄₀₆	pH ₄₁₀	pH ₄₁₄	pH ₄₁₈	pH ₄₂₂	pH ₄₂₆	pH ₄₃₀	pH ₄₃₄	pH ₄₃₈	pH ₄₄₂	pH ₄₄₆	pH ₄₅₀	pH ₄₅₄	pH ₄₅₈	pH ₄₆₂	pH ₄₆₆	pH ₄₇₀	pH ₄₇₄	pH ₄₇₈	pH ₄₈₂	pH ₄₈₆	pH ₄₉₀	pH ₄₉₄	pH ₄₉₈	pH ₅₀₂	pH ₅₀₆	pH ₅₁₀	pH ₅₁₄	pH ₅₁₈	pH ₅₂₂	pH ₅₂₆	pH ₅₃₀	pH ₅₃₄	pH ₅₃₈	pH ₅₄₂	pH ₅₄₆	pH ₅₅₀	pH ₅₅₄	pH ₅₅₈	pH ₅₆₂	pH ₅₆₆	pH ₅₇₀	pH ₅₇₄	pH ₅₇₈	pH ₅₈₂	pH ₅₈₆	pH ₅₉₀	pH ₅₉₄	pH ₅₉₈	pH ₆₀₂	pH ₆₀₆	pH ₆₁₀	pH ₆₁₄	pH ₆₁₈	pH ₆₂₂	pH ₆₂₆	pH ₆₃₀	pH ₆₃₄	pH ₆₃₈	pH ₆₄₂	pH ₆₄₆	pH ₆₅₀	pH ₆₅₄	pH ₆₅₈	pH ₆₆₂	pH ₆₆₆	pH ₆₇₀	pH ₆₇₄	pH ₆₇₈	pH ₆₈₂	pH ₆₈₆	pH ₆₉₀	pH ₆₉₄	pH ₆₉₈	pH ₇₀₂	pH ₇₀₆	pH ₇₁₀	pH ₇₁₄	pH ₇₁₈	pH ₇₂₂	pH ₇₂₆	pH ₇₃₀	pH ₇₃₄	pH ₇₃₈	pH ₇₄₂	pH ₇₄₆	pH ₇₅₀	pH ₇₅₄	pH ₇₅₈	pH ₇₆₂	pH ₇₆₆	pH ₇₇₀	pH ₇₇₄	pH ₇₇₈	pH ₇₈₂	pH ₇₈₆	pH ₇₉₀	pH ₇₉₄	pH ₇₉₈	pH ₈₀₂	pH ₈₀₆	pH ₈₁₀	pH ₈₁₄	pH ₈₁₈	pH ₈₂₂	pH ₈₂₆	pH ₈₃₀	pH ₈₃₄	pH ₈₃₈	pH ₈₄₂	pH ₈₄₆	pH ₈₅₀	pH ₈₅₄	pH ₈₅₈	pH ₈₆₂	pH ₈₆₆	pH ₈₇₀	pH ₈₇₄	pH ₈₇₈	pH ₈₈₂	pH ₈₈₆	pH ₈₉₀	pH ₈₉₄	pH ₈₉₈	pH ₉₀₂	pH ₉₀₆	pH ₉₁₀	pH ₉₁₄	pH ₉₁₈	pH ₉₂₂	pH ₉₂₆	pH ₉₃₀	pH ₉₃₄	pH ₉₃₈	pH ₉₄₂	pH ₉₄₆	pH ₉₅₀	pH ₉₅₄	pH ₉₅₈	pH ₉₆₂	pH ₉₆₆	pH ₉₇₀	pH ₉₇₄	pH ₉₇₈	pH ₉₈₂	pH ₉₈₆	pH ₉₉₀	pH ₉₉₄	pH ₉₉₈	pH ₁₀₀₂	pH ₁₀₀₆	pH ₁₀₁₀	pH ₁₀₁₄	pH ₁₀₁₈	pH ₁₀₂₂	pH ₁₀₂₆	pH ₁₀₃₀	pH ₁₀₃₄	pH ₁₀₃₈	pH ₁₀₄₂	pH ₁₀₄₆	pH ₁₀₅₀	pH ₁₀₅₄	pH ₁₀₅₈	pH ₁₀₆₂	pH ₁₀₆₆	pH ₁₀₇₀	pH ₁₀₇₄	pH ₁₀₇₈	pH ₁₀₈₂	pH ₁₀₈₆	pH ₁₀₉₀	pH ₁₀₉₄	pH ₁₀₉₈	pH ₁₁₀₂	pH ₁₁₀₆	pH ₁₁₁₀	pH ₁₁₁₄	pH ₁₁₁₈	pH ₁₁₂₂	pH ₁₁₂₆	pH ₁₁₃₀	pH ₁₁₃₄	pH ₁₁₃₈	pH ₁₁₄₂	pH ₁₁₄₆	pH ₁₁₅₀	pH ₁₁₅₄	pH ₁₁₅₈	pH ₁₁₆₂	pH ₁₁₆₆	pH ₁₁₇₀	pH ₁₁₇₄	pH ₁₁₇₈	pH ₁₁₈₂	pH ₁₁₈₆	pH ₁₁₉₀	pH ₁₁₉₄	pH ₁₁₉₈	pH ₁₂₀₂	pH ₁₂₀₆	pH ₁₂₁₀	pH ₁₂₁₄	pH ₁₂₁₈	pH ₁₂₂₂	pH ₁₂₂₆	pH ₁₂₃₀	pH ₁₂₃₄	pH ₁₂₃₈	pH ₁₂₄₂	pH ₁₂₄₆	pH ₁₂₅₀	pH ₁₂₅₄	pH ₁₂₅₈	pH ₁₂₆₂	pH ₁₂₆₆	pH ₁₂₇₀	pH ₁₂₇₄	pH ₁₂₇₈	pH ₁₂₈₂	pH ₁₂₈₆	pH ₁₂₉₀	pH ₁₂₉₄	pH ₁₂₉₈	pH ₁₃₀₂	pH ₁₃₀₆	pH ₁₃₁₀	pH ₁₃₁₄	pH ₁₃₁₈	pH ₁₃₂₂	pH ₁₃₂₆	pH ₁₃₃₀	pH ₁₃₃₄	pH ₁₃₃₈	pH ₁₃₄₂	pH ₁₃₄₆	pH ₁₃₅₀	pH ₁₃₅₄	pH ₁₃₅₈	pH ₁₃₆₂	pH ₁₃₆₆	pH ₁₃₇₀	pH ₁₃₇₄	pH ₁₃₇₈	pH ₁₃₈₂	pH ₁₃₈₆	pH ₁₃₉₀	pH ₁₃₉₄	pH ₁₃₉₈	pH ₁₄₀₂	pH ₁₄₀₆	pH ₁₄₁₀	pH ₁₄₁₄	pH ₁₄₁₈	pH ₁₄₂₂	pH ₁₄₂₆	pH ₁₄₃₀	pH ₁₄₃₄	pH ₁₄₃₈	pH ₁₄₄₂	pH ₁₄₄₆	pH ₁₄₅₀	pH ₁₄₅₄	pH ₁₄₅₈	pH ₁₄₆₂	pH ₁₄₆₆	pH ₁₄₇₀	pH ₁₄₇₄	pH ₁₄₇₈	pH ₁₄₈₂	pH ₁₄₈₆	pH ₁₄₉₀	pH ₁₄₉₄	pH ₁₄₉₈	pH ₁₅₀₂	pH ₁₅₀₆	pH ₁₅₁₀	pH ₁₅₁₄	pH ₁₅₁₈	pH ₁₅₂₂	pH ₁₅₂₆	pH ₁₅₃₀	pH ₁₅₃₄	pH ₁₅₃₈	pH ₁₅₄₂	pH ₁₅₄₆	pH ₁₅₅₀	pH ₁₅₅₄	pH ₁₅₅₈	pH ₁₅₆₂	pH ₁₅₆₆	pH ₁₅₇₀	pH ₁₅₇₄	pH ₁₅₇₈	pH ₁₅₈₂	pH ₁₅₈₆	pH ₁₅₉₀	pH ₁₅₉₄	pH ₁₅₉₈	pH ₁₆₀₂	pH ₁₆₀₆	pH ₁₆₁₀	pH ₁₆₁₄	pH ₁₆₁₈	pH ₁₆₂₂	pH ₁₆₂₆	pH ₁₆₃₀	pH ₁₆₃₄	pH ₁₆₃₈	pH ₁₆₄₂	pH ₁₆₄₆	pH ₁₆₅₀	pH ₁₆₅₄	pH ₁₆₅₈	pH ₁₆₆₂	pH ₁₆₆₆	pH ₁₆₇₀	pH ₁₆₇₄	pH ₁₆₇₈	pH ₁₆₈₂	pH ₁₆₈₆	pH ₁₆₉₀	pH ₁₆₉₄	pH ₁₆₉₈	pH ₁₇₀₂	pH ₁₇₀₆	pH ₁₇₁₀	pH ₁₇₁₄	pH ₁₇₁₈	pH ₁₇₂₂	pH ₁₇₂₆	pH ₁₇₃₀	pH ₁₇₃₄	pH ₁₇₃₈	pH ₁₇₄₂	pH ₁₇₄₆	pH ₁₇₅₀	pH ₁₇₅₄	pH ₁₇₅₈	pH ₁₇₆₂	pH ₁₇₆₆	pH ₁₇₇₀	pH ₁₇₇₄	pH ₁₇₇₈	pH ₁₇₈₂	pH ₁₇₈₆	pH ₁₇₉₀	pH ₁₇₉₄	pH ₁₇₉₈	pH ₁₈₀₂	pH ₁₈₀₆	pH ₁₈₁₀	pH ₁₈₁₄	pH ₁₈₁₈	pH ₁₈₂₂	pH ₁₈₂₆	pH ₁₈₃₀	pH ₁₈₃₄	pH ₁₈₃₈	pH ₁₈₄₂	pH ₁₈₄₆	pH ₁₈₅₀	pH ₁₈₅₄	pH ₁₈₅₈	pH ₁₈₆₂	pH ₁₈₆₆	pH ₁₈₇₀	pH ₁₈₇₄	pH ₁₈₇₈	pH ₁₈₈₂	pH ₁₈₈₆	pH ₁₈₉₀	pH ₁₈₉₄	pH ₁₈₉₈	pH ₁₉₀₂	pH ₁₉₀₆	pH ₁₉₁₀	pH ₁₉₁₄	pH ₁₉₁₈	pH ₁₉₂₂	pH ₁₉₂₆	pH ₁₉₃₀	pH ₁₉₃₄	pH ₁₉₃₈	pH ₁₉₄₂	pH ₁₉₄₆	pH ₁₉₅₀	pH ₁₉₅₄	pH ₁₉₅₈	pH ₁₉₆₂	pH ₁₉₆₆	pH ₁₉₇₀	pH ₁₉₇₄	pH ₁₉₇₈	pH ₁₉₈₂	pH ₁₉₈₆	pH ₁₉₉₀	pH ₁₉₉₄	pH ₁₉₉₈	pH ₂₀₀₂	pH ₂₀₀₆	pH ₂₀₁₀	pH ₂₀₁₄	pH ₂₀₁₈	pH ₂₀₂₂	pH ₂₀₂₆	pH ₂₀₃₀	pH ₂₀₃₄	pH ₂₀₃₈	pH ₂₀₄₂	pH ₂₀₄₆	pH ₂₀₅₀	pH ₂₀₅₄	pH ₂₀₅₈	pH ₂₀₆₂	pH ₂₀₆₆	pH ₂₀₇₀	pH ₂₀₇₄	pH ₂₀₇₈	pH ₂₀₈₂	pH ₂₀₈₆	pH ₂₀₉₀	pH ₂₀₉₄	pH ₂₀₉₈	pH ₂₁₀₂	pH ₂₁₀₆	pH ₂₁₁₀	pH ₂₁₁₄	pH ₂₁₁₈	pH ₂₁₂₂	pH ₂₁₂₆	pH ₂₁₃₀	pH ₂₁₃₄	pH ₂₁₃₈	pH ₂₁₄₂	pH ₂₁₄₆	pH ₂₁₅₀	pH ₂₁₅₄	pH ₂₁₅₈	pH ₂₁₆₂	pH ₂₁₆₆	pH ₂₁₇₀	pH ₂₁₇₄	pH ₂₁₇₈	pH ₂₁₈₂	pH ₂₁₈₆	pH ₂₁₉₀	pH ₂₁₉₄	pH ₂₁₉₈	pH ₂₂₀₂	pH ₂₂₀₆	pH ₂₂₁₀	pH ₂₂₁₄	pH ₂₂₁₈	pH ₂₂₂₂	pH ₂₂₂₆	pH ₂₂₃₀	pH ₂₂₃₄	pH ₂₂₃₈	pH ₂₂₄₂	pH ₂₂₄₆	pH ₂₂₅₀	pH ₂₂₅₄	pH ₂₂₅₈	pH ₂₂₆₂	pH ₂₂₆₆	pH ₂₂₇₀	pH ₂₂₇₄	pH ₂₂₇₈	pH ₂₂₈₂	pH ₂₂₈₆	pH ₂₂₉₀	pH ₂₂₉₄	pH ₂₂₉₈	pH ₂₃₀₂	pH ₂₃₀₆	pH ₂₃₁₀	pH ₂₃₁₄	pH ₂₃₁₈	pH ₂₃₂₂	pH ₂₃₂₆	pH ₂₃₃₀	pH ₂₃₃₄	pH ₂₃₃₈	pH ₂₃₄₂	pH ₂₃₄₆	pH ₂₃₅₀	pH ₂₃₅₄	pH ₂₃₅₈	pH ₂₃₆₂	pH ₂₃₆₆	pH ₂₃₇₀	pH ₂₃₇₄	pH ₂₃₇₈	pH ₂₃₈₂	pH ₂₃₈₆	pH ₂₃₉₀	pH ₂₃₉₄	pH ₂₃₉₈	pH ₂₄₀₂	pH ₂₄₀₆	pH ₂₄₁₀	pH ₂₄₁₄	pH ₂₄₁₈	pH ₂₄₂₂	pH ₂₄₂₆	pH ₂₄₃₀	pH ₂₄₃₄	pH ₂₄₃₈	pH ₂₄₄₂	pH ₂₄₄₆	pH ₂₄₅₀	pH<
---------	--------	-------	--	-------------------	----------------------------	---------	--	--	-------------------	---	----	----------	-------	----------	-----------------------	------------------	--	--	--	---------------------	--	--	--	----	------------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-----

PERFIL No. 28

Localización: Noria de Jesús, Municipio de Vanegas, S. L. P.
 Altura: 1,730 m.s.n.m.
 Topografía: Sobre el pedimento, con pendiente aproximada de 3 %, lugar cercano a la llanura de El Salado.
 Drenaje: Eficiente.
 Vegetación: Matorral desértico micrófilo con predominancia de gobernadora (Larrea tridentata), opuntia (Opuntia sp.) y pastos.
 Roca Basal: Aluvión con influencia de distintas calizas del Cretácico
 Anotaciones: El perfil fué hecho hasta los 125 cm pero el solum en sí alcanza sólo hasta los 51 cm siendo el horizonte 51-62 cm. Una capa de transición entre los horizontes existentes A y R. Se nota una discontinuidad litológica por eso se separó el R en 2 partes R₁ y R₂, esto es algo que se nota por la consistencia y coloración del material.
 Clasificación: Xerosol háplico.
 Uso agrícola: Este suelo se emplea para la ganadería pero en áreas cercanas, junto a la llanura se vieron raquíticos cultivos de maíz. Este suelo en particular no es adecuado a la agricultura por tener sólo 51 cm de profundidad.

Horizonte Profundidad
 en cm

A	0-51	Horizonte A pálido con raíces finas y medias escasas; M. O. de 2.97 hasta 1.52 %; color de 10 YR 6/3 café pálido a 10 YR 7/3 café muy pálido en seco, 10YR 4/4 café amarillento oscuro en húmedo; sin estructuras; macroporos abundantes con escasas gravas, guijarros y piedras; texturas francas y migajón arcilloso. Existe una fuerte reacción al HCl. El pH es alcalino de 8.5 a 8.9; la C.E. es baja de 0.51 a 0.74 mmhos/cm. Este es un horizonte libre de sodio y casi libre de sales, con presencia de yeso hasta 291.8 me/100 gr. entre los 4 y 26 cm.
A-R	51-62	Horizonte de transición con raíces finas y medias escasas; M.O. de 1.49 %; color de 10YR 7/3 café muy pálido en seco, 10YR 4/6 café oscuro en húmedo; sin estructuras; macroporos abundantes; sin gravas, guijarros o piedras; textura franca; existe una fuerte reacción al HCl. El pH es alcalino 8.3; la C.E. es de 2.67 mmhos/cm. Este es un horizonte ligeramente salino y sódico. Los iones solubles son para Na ⁺ 17.39 me/lt, para Cl ⁻ 14.6 me/lt, para SO ₄ ²⁻ 6.35 me/lt.
R ₁	62-95	Roca dura de color 10YR 8/3 café muy pálido en seco y 10 YR 6/4 café claro en húmedo.
R ₂	95-125	Horizonte de roca dura junto con material suelto de color 7.5 YR 7/3 café muy pálido en seco y 7.5 YR 6/6 amarillo rojizo en húmedo. El material suelto se analizó y se notó lo siguiente: no hay M.O.; el pH es de 7.9, la C.E. es de 9.30 mmhos/cm. Hay salinidad y sodicidad media. Los iones solubles son para Na ⁺ 27.82 me/lt, para Cl ⁻ 78.84 me/lt para SO ₄ ²⁻ 2.62 me/lt.

Perfil N° 29
Localización:

San José de Guabán, P.R.

Muestra	Profundidad cm	Café		D. A. medio μm	D/R μm	Tartarato			Clase Torrefacción	% M.O.	pH	1 N/10	2 N/10	C.E. (mehner)	C.F.I.	C.F.C.F. (m/100g)	Cationes intercambiables (m/100g)				Aniones (m/100g)				pH _{0.1}	pH _{0.01}	% Activación (New-Boss)			
		Humido	Seco			% arena	% limo	% arcilla									Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻						
P ₁₁	0-4	100% 6/3 café pálido	100% 4/4 café amarillento obs.	0.88		32	40	28	franco	2.97	8.55	7.71	0.51	S.P.	11.19	43.2	3.2	3.08	0.26	6.66	1.64	2.40	0.61	0.50	2.55	1.12				
P ₁₂	4-26	100% 6/3 café pálido	100% 4/4 café amarillento obs.	0.88		32	36	32	muy pálido acilítico	2.21	8.49	7.70	0.74	S.P.	15.13	125.6	24.4	3.95	0.26	6.00	1.0	1.79	0.17	T	3.00	4.32	12.29	291.80		
P ₁₃	26-51	100% 7/3 café muy pálido	100% 4/4 café amarillento obs.							1.52	8.45	7.69	0.54	2.5	13.97	40.0	2.4	4.21	0.43	4.55	1.79	5.11	1.56	2.23	4.18	2.19	1.72	7.20		
A-R	51-52	100% 7/3 café muy pálido	7.50% 4/6 café obscuro	0.89		52	36	12	franco	1.49	8.28	7.78	2.67	9.1	13.19	42.4	9.6	3.85	1.65	14.86	2.50	6.65	17.39	T	7.33	14.6	6.35			
R ₁	62-95	100% 8/3 café muy pálido	7.50% 6/4 café claro						muy clara																					
P ₂	95-125	7.50% 7/3 café muy pálido	7.50% 6/6 amarillo rojizo	1.08						0.15	7.95	7.37	9.30	7.0	11.25	150.0	2.0	1.74	0.43	47.35	16.90	0.72	27.03	T	1.97	78.84	13.55	2.62		
					</																									

Localización: Cerca de El Gallo, Municipio de Vanegas, S.L.P.
 Altura: 1,713 m.s.n.m.
 Topografía: El perfil se localiza en una llanura con 1 % de pendiente.
 Drenaje: Eficiente.
 Vegetación: Matorral desértico micrófilo, con distintos pastos además mezquite (*Prosopis juliflora*), opuntia (*Opuntia sp.*), gobernadora (*Larrea tridentata*).
 Roca Basal: Aluvión procedente de distintas calizas.
 Anotaciones: Presencia de una intrusión dentro del horizonte II C de los 32 a 58 cm. Probablemente se trate de restos de un antiguo horizonte A que fué erosionado y sobre el cuál se depositó nuevamente aluvión formando el horizonte C de 10 a 32 cm. También la intrusión podría tener otro origen como sería la descomposición e incorporación al suelo de una raíz. El "Solun" propiamente dicho es muy somero de 0-10 cm, el resto del horizonte hasta donde se cavó es horizonte C. Se observó presencia de tuzas.
 Clasificación: Xerosol háplico con fase salina y sódica.
 Uso agrícola: Suelo utilizado para fines ganaderos. Se podría utilizar para la agricultura de temporal, pero para riego necesitaría drenaje profundo ya que, tiene ligera salinidad que podría agravarse si se introduce riego.

Horizonte	Profundidad en cm.	D e s c r i p c i ó n
A	0-10	Horizonte con raíces finas; M.O. relativamente alta de 4 %; color 7.5 YR 6/2 gris rosáceo en seco, 7.5 YR 3/2 café oscuro en húmedo; estructura granular poco desarrollada; textura migajón limosa; pH de 8; C.E. de 2.37 mmhos/cm; hay señales de muy ligera salinidad y sodicidad.
C	10-32	Horizonte donde no hay raíces y la M.O. es baja 0.41 %; color 7.5 YR 8/2 blanco rosáceo en seco, 7.5 YR 6/3 gris rosáceo en húmedo; estructura masiva; textura al tacto migajón arcillosa, en laboratorio la muestra floculó; concreciones abundantes de yeso. El pH es de 8.15, la C.E. es de 2.52 mmhos/cm. Hay presencia de ligera salinidad y sodicidad. Los iones solubles de Na ⁺ son 4.17, Cl ⁻ son 1.99, SO ₄ ⁺⁺ son 21.79. Hay alta concentración de yeso del orden de 4328.0 me/100 gr. mientras que los cationes intercambiables de Ca ⁺⁺ son de 237.6 me/100 gr.
II C	32-102	Horizonte que es una discontinuidad litológica respecto al horizonte anterior. Presencia de raíces medianas escasas; M.O. de 0.41 % y 0.14 % color 7.5 YR 7/4 rosado en húmedo; estructura subangular poco desarrollada; presencia de macroporos y concreciones abundantes de yeso; la textura al tacto fue migajón arcillosa, en laboratorio las muestras flocularon pero se encontró que había arena en un 55 y 58.5 %; el pH es de 8.1 y 8.3; la C.E. es de 2.48 y 2.77 mmhos/cm; hay ligera presencia de sales. Los iones intercambiables son para Na ⁺ 11.30 y 8.69 me/lt, para Cl ⁻ 1.84 y 5.20 me/lt, para SO ₄ ⁺⁺ 41.35 me/lt. Hay altas concentraciones de yeso del orden de 4328 me/100 gr. y Ca ⁺⁺ intercambiable de 239.0 me/100 gr.
Intrusión	32-67	Dentro del horizonte II C se encuentra una intrusión que tiene raíces medianas escasa y mayor contenido de materia orgánica que el horizonte inmediatamente superior alcanzando en esta intrusión los valores de 1.59 %. El color es distinto al resto del perfil siendo 10 YR 7/2 gris claro en seco y 10 YR 3/3 café oscuro en húmedo; textura migajón limosa; sin concreciones de yeso; pH de 8.0; C.E. de 3.15 mmhos/cm. Hay presencia de ligera salinidad. Los iones solubles de Na ⁺ son 13.0 me/lt, Cl ⁻ son 10 me/lt, SO ₄ ⁺⁺ son 30 me/lt. Existen altos contenidos de yeso de 4,328 me/100 gr. y Ca ⁺⁺ intercambiable alcanza 248 me/100 gr.
II C	102-150	Horizonte con muy escasa M.O. de 0.21 %; color 7.5 YR 8/3 blanco rosáceo en seco y 7.5 YR 7/4 rosado en húmedo; estructura subangular poco desarrollada; concreciones abundantes de yeso; presencia de macroporos. La muestra floculó en el laboratorio por lo tanto la textura exacta se desconoce pero se encontró que había un 63 % de arena. El pH es de 8.1, la C.E. es de 6.66 mmhos/cm. Existe salinidad mayor que en el resto del perfil. Los iones solubles son para Na ⁺ 48.69 me/lt, Cl ⁻ 21.20, SO ₄ ⁺⁺ 90.77 me/lt. Hay yeso con valor de 4,254 me/100 gr. y Ca ⁺⁺ intercambiable con valor de 246 me/100 gr.

PERFIL N° 36

Localización: Cerca de la hacienda El Salado hacia el este.
Altura: 1,700 m.s.n.m.
Topografía: Amplia llanura sin pendiente cerca de un lago salino temporal El Salado.
Drenaje: Eficiente, lugar receptor.
Vegetación: Matorral desértico micrófilo con gobernadora (Larrea sp.), mezquites chaparros (Prosopis lasvigata), gardenche (Opuntia imbricata), pasto halófila (Muhlenbergia sp; Sporobolus sp; Sauceda nigrans; Distichlis spicata).
Roca Basa: Aluvión influenciado por variadas calizas.
Anotaciones: Se puede considerar verdaderamente como "Solum" de 0 a 21 cm después de lo cual se encuentra un horizonte C de profundidad indefinida, llegando el perfil hasta los 145 cm. Hay concreciones de yeso desde la superficie.
Clasificación: Xerosol háplico en fase salina y sódica desde la superficie. No se puede clasificar como Solonchak por la falta de un horizonte B ya que no se nota migración de arcilla.
Uso agrícola: Se utiliza para la ganadería tanto de ganado menor como mayor. No es conveniente utilizarlo para cultivos ya que es salino y sódico además de yesoso.

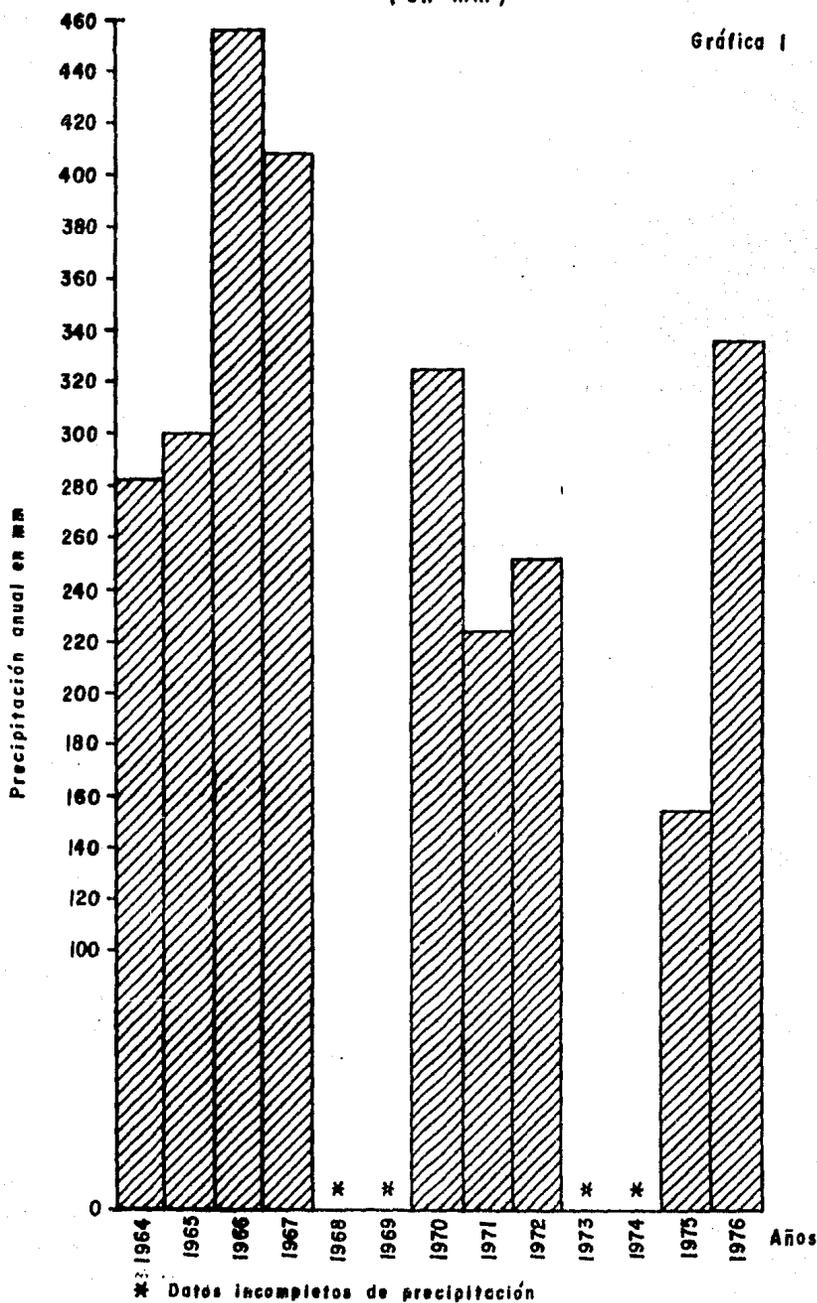
Horizonte	Profundidad en cm.	Descripción
A	0-21	Horizonte con raíces finas, medias y gruesas escasas; M.O. de 3.24 y 1.17 %; color 7.5 YR 7/2 gris rosáceo y 7.5 YR 8/2 blanco rosáceo en seco, 7.5 YR 4/3 café oscuro y 7.5 YR 6/4 café claro en húmedo; estructura granular; presencia de macroporos; escasa grava, guijarros y piedras; existen concreciones de yeso. La textura manual es migajosa, en laboratorio los suelos floccularon pero se encontró que hay entre 7 y 22.5 % de arena. El pH es de 8, la C.E. es de 2.17 y 3.18 mmhos/cm. Los iones solubles son para Na ⁺ 0.86 y 9.56 me/lt., para Cl ⁻ 2.0 y 4.39 me/lt. Presencia de yeso del orden de 4130 me/100 gr., además de altas concentraciones de Ca ⁺⁺ intercambiable de 242 me/100 gr.
A-C	21-42	Horizonte casi sin raíces; M.O. de 0.48 %; color 7.5 YR 8/3 blanco rosáceo en seco, 7.5 YR 6/4 café claro en húmedo; estructura angular; presencia de macroporos; escasa grava, guijarros y piedras; hay concreciones de yeso. La textura manual es migajón arcillo arenosa, flocculó en el laboratorio pero se comprobó la presencia de 31.7 % de arena. El pH es de 8.9, la C.E. es de 7.7 mmhos/cm. Los iones solubles de Na ⁺ son 67.82 me/lt., de Cl ⁻ son 17.20 me/lt., de SO ₄ ⁻ son de 9438 me/lt.
C	42-145	Horizonte con baja M.O. de 0.35 a 0.83 %; color 7.5 YR 8/2 blanco rosáceo en seco, 7.5 YR 7/4 rosado y 7.5 YR 7/3 gris rosáceo en húmedo. Estructura angular; presencia de macroporos, no hay concreciones de yeso; la textura manual es migajón arcillo arenoso, en el laboratorio los suelos floccularon excepto de 123 a 145 cm que fué un migajón limoso, pero de 67 a 123 cm la fracción que domina es la arena que representa el 68.7 %. El pH es de 8.3 y 8.9; la C.E. es de 9.7 a 32.7 mmhos/cm. Los iones solubles de Na ⁺ van de 73.04 a 330.43 me/lt. los Cl ⁻ van de 33.46 a 240.80 me/lt., los SO ₄ ⁻ van de 105.02 a 214.64 me/lt. El yeso alcanza valores de 4204 me/100 gr.

APENDICE 2

TABLAS Y GRAFICAS

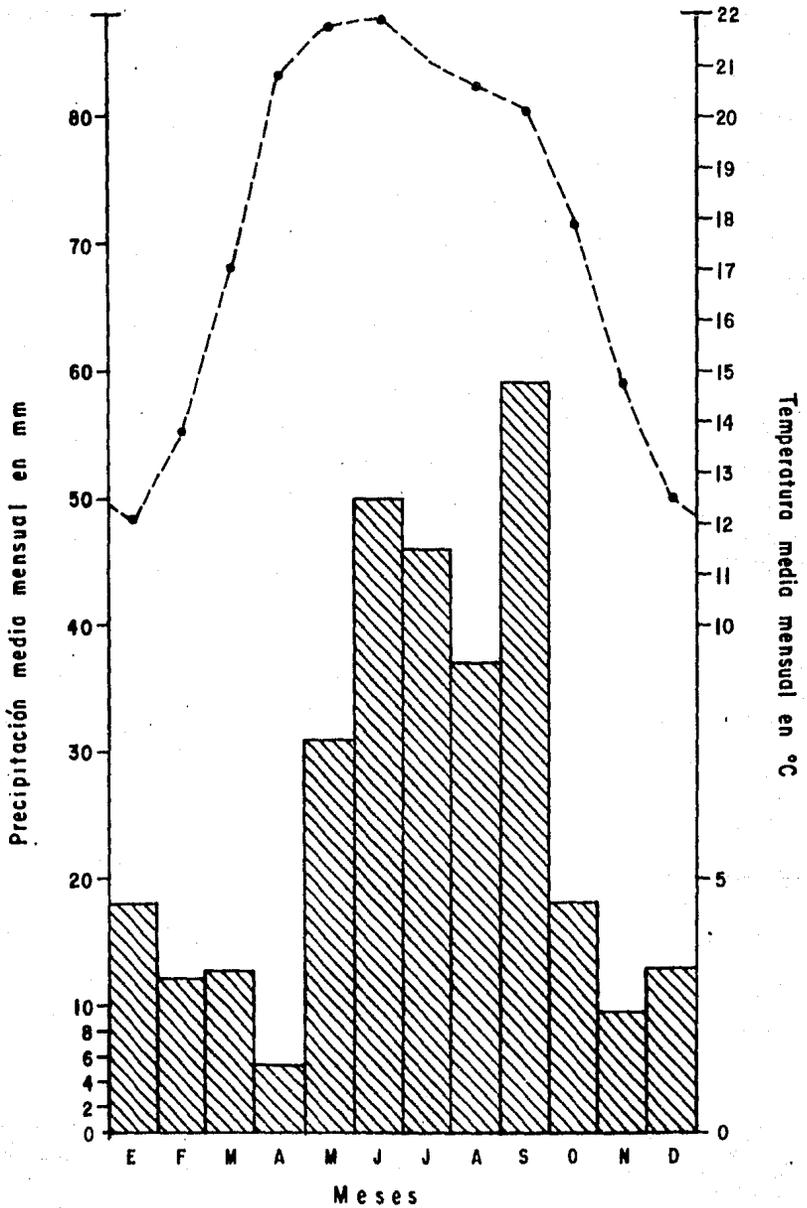
Variabilidad de la Precipitación anual en la Estación Vanegas (en mm)

Gráfica 1



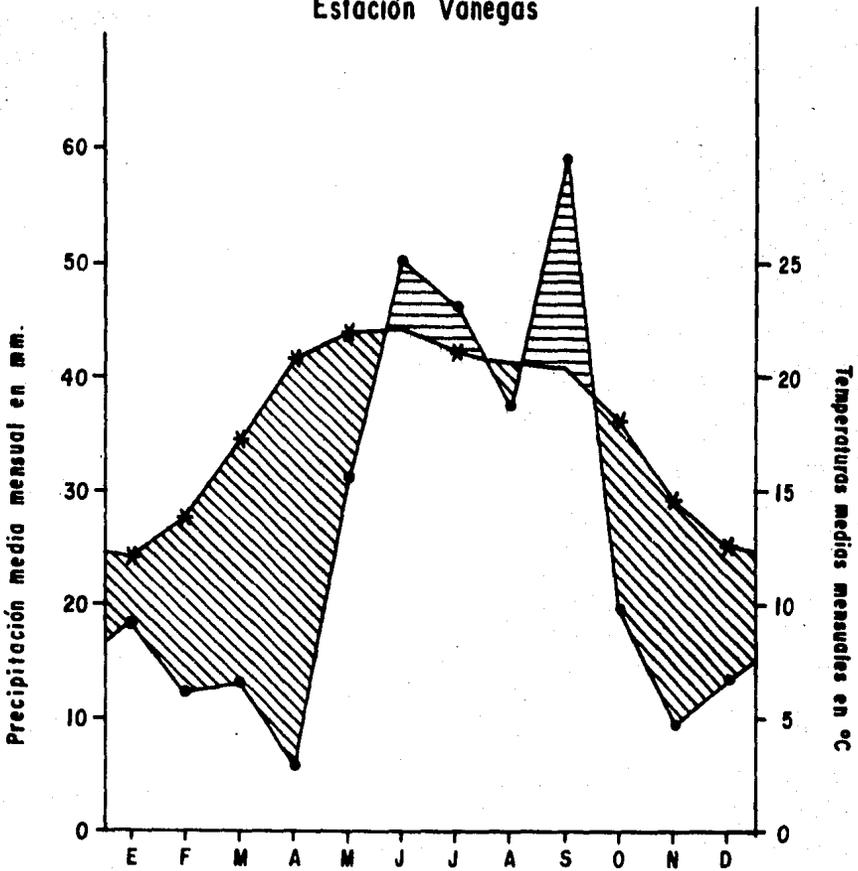
Climograma Estación Vanegas

Gráfica 2



Gráfica 3

Climograma de Gausson Estación Vanegas



Estación: Vanegas, S. L. P.

Periodo: 1964 - 1976

▬ Meses húmedos

▨ Meses secos

* Temperaturas medias mensuales

• Precipitación media mensual

Gráfico N° 4

Probabilidad de precipitación mensual
(en mm)
Estación Vanegas

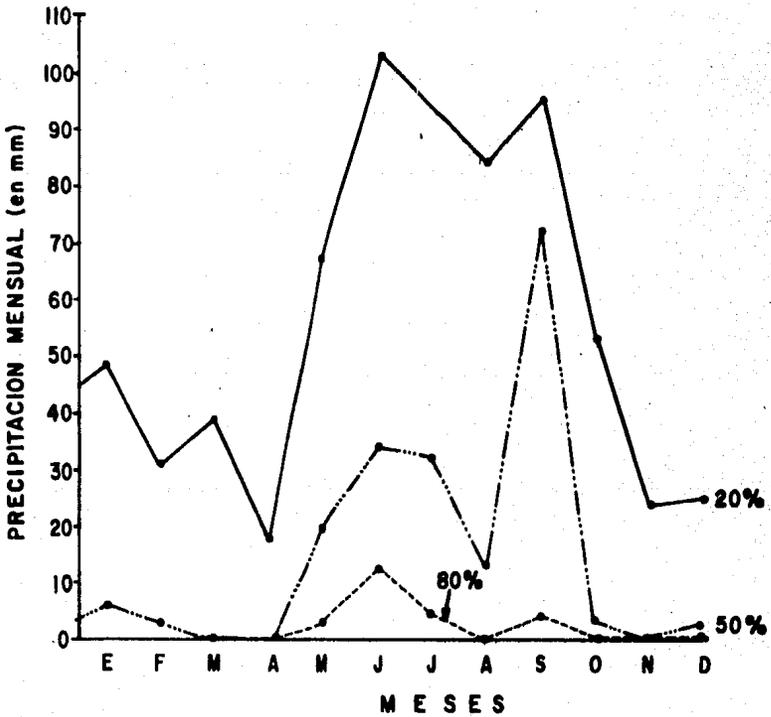


Tabla No. 1
Análisis Químico de las Aguas del Municipio de Vanegas, S.L.P.

Clave	Nombre del lugar de extracción	Dureza, total CaCO ₃ mg/l	Sulfatos mg/l	pH a 20° C	Conductibilidad en microhos a 25° C	Cl mg/l	Sodio mg/l m.e./l	Calcio mg/l m.e./l	Magnesio mg/l m.e./l	Relación de absorción de sodio (RAS)	Peligro de salinización de los suelos por aguas de riego.	Peligro de sulfatización de los suelos por aguas de riego.	Clasificación de las aguas.		
1	Noria de Jesús	1851.70	2316.17	7.2	4100	410.93	610 26.52	496.16	24.81	148.49	12.37	6.15	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
2	El Tepetate	416.40	734.04	7.7	1800	80.34	270 11.74	184.28	9.21	26.90	2.24	4.91	Alto	Bajo	C ₃ - S ₁
3	Tanque Nuevo	380.41	327.98	7.3	1040	29.21	135 5.87	141.76	7.08	6.43	0.51	3.01	Alto	Bajo	C ₃ - S ₁
4	Huastacillas	399.00	852.00	7.7	1900	21.91	290 12.60	140.90	7.05	11.56	0.92	6.33	Alto	Bajo	C ₃ - S ₁
5	Huastacillas El Salado	1192.00	1465.20	7.9	---	220.00	441 18.30	350.00	17.50	77.09	6.42	5.29	---	Bajo	C ₄ - S ₁
6	Santa Ana I (Ejido El Gallo)	1060.00	1100.00	7.3	2400	120.00	240 10.43	306.00	15.30	65.00	5.41	3.24	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
7	El Monumental (Ejido El Gallo)	1780.00	1900.00	7.2	3500	195.00	400 17.39	575.00	28.75	82.00	6.81	4.12	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
8	El Gallo I	1490.00	1700.00	6.7	2400	41.00	100 4.35	540.00	27.00	35.00	2.92	1.12	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
9	San Vicente	1925.00	1600.00	8.2	3000	75.00	187 8.13	500.00	28.00	128.00	10.66	1.85	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
10	Ojo de Agua (El Saltillo)	310.00	82.00	7.3	600	14.00	13 0.56	104.00	5.20	12.00	1.00	0.32	Medio	Bajo	C ₂ - S ₁
11	Noria de San Juan de la Cruz	2150.00	2500.00	7.9	4750	410.00	600 26.08	600.00	30.00	157.00	13.08	5.62	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
12	La Pinta	2000.00	1750.00	7.4	5000	925.00	625 27.17	650.00	32.50	92.00	7.66	6.06	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
13	Noria El Salado	1375.00	1275.00	7.4	3000	-----	--- 14.13	---	21.00	---	6.58	5.37	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁
14	Estación F.F.C.C. El Salado	1450.00	1125.00	7.4	3600	-----	--- 20.65	---	20.00	---	9.08	7.65	Muy alto	Bajo	C ₄ - S ₁

Nota:

- Los datos aquí señalados podrían cambiar en otro muestreo, puesto que las características químicas de las aguas de un pozó cambian de acuerdo a la época del año en que se realiza el muestreo y de un año a otro.
- El muestreo de las aguas fue efectuado por el Dr. Jorge García-Caldern.
- Las muestras de aguas fueron analizadas en distintas instituciones del No. 1 al 5 en el Instituto de Geología por la Ufm. Equívoco Schröder, del No. 6 al 12 en el Instituto de Investigaciones de Etna Desdruica, S.L.P., los Nos. 13 y 14 por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

- La interpretación de las aguas en relación a riego fue realizada por Mirya Muples V.
- La S.S.A. considera potable las aguas con menos de 250 mg/l de sulfatos; por lo tanto, adio Ojo de Agua es potable.
- En general las aguas con sulfatadas y carbonatadas no aptas para riego excepto Ojo de Agua, pueden usarse para riego pero con precaución los Nos. 2, 3 y 4.

Tabla N° 2

Uso del suelo en el Municipio de Vanegas, San Luis Potosí
(Censo Agrícola de 1970, Dirección General de Estadística)

Superficie total censada	233 861.2 Ha.			
Tierras de labor	6 237.1 Ha.			
Superficie con pastos naturales (en cerros)	34 127.5 Ha.			
Superficie con pastos naturales (en llanuras)	103 535.0 Ha.			
Superficie no apta para la agricultura ni para la ganadería	79 718.6 Ha.			
Superficie inculca productiva	10 243 Ha.			
<hr/>				
Total de tierras de labor.....	6 237.1 Ha.			
Unidad privada (mayores de 5 Ha.).....	1 137.5 Ha.			
Ejidos y comunidades agrarias	5 099.6 Ha.			
<hr/>				
Tierras de temporal	5 686.7 Ha.			
Tierras de humedad o jugo	21.7 Ha.			
Tierras bajo riego	528.7 Ha.			
<hr/>				
Tierras bajo riego de producción privada	304.7 Ha.			
Tierras bajo riego de producción ejidal	224.7 Ha.			
<hr/>				
Tierras con cultivos anuales	4 582.8 Ha.			
Tierras con frutales y plantaciones de nopal y agaves	14.3 Ha.			
Tierras con pastos y praderas cultivadas.....	1 640.0 Ha.			
<hr/>				
	Ciclo invier no 68-69.	Total Sembrado	Ciclo primave- ra-verano 1969	Total Sembrado
Superficie cosechada	535.7 Ha.	1 037.0	263.6 Ha.	1 567.7
Superficie con cosecha perdida	501.3 Ha.	1 304.1 Ha.
Superficie en descanso por rotación....	149.9 Ha.	135.8 Ha.
Superficie en descanso por otros motivos	3 395.9 Ha.	2 878.7 Ha.
Superficie dedicada a cultivos anuales				
Total.....	4 582.8 Ha.	4 582.2 Ha.

Tabla No. 3

Producción Agrícola en el Municipio de Vanegas, S.L.P.

(Censo Agrícola de 1970, Dirección General de Estadística)

Cultivo	Superficie total	Has. cosechadas en el ciclo de invierno 68-69.	Has. cosechadas en el ciclo primavera-verano 69	Has. en riego	Producción total en Kg. de 2 ciclos
Alfalfa verde	92.0	52.0	40.0	72.0	1 587.0
Chile	1.0			1.0	1 700.0
Frijol (solo)	10.9	5.1	5.8	2.0	9 016.0
Frijol (intercalado)	12	4.0	8.0	1.0	4 298.0
Maíz común solo	419.2	282.2	137.0	74.1	367 665.0
Maíz común intercalado como cultivo principal	34.3	24.0	10.3	8.0	25 290.0
Maíz común intercalado como cultivo secundario	88.0			0.0	28 737.0
Maíz mejorado	40.0			40.0	3 028.0

Producción total de frijol es de 13 314 Kg. en 22.9 Has.

Producción total de maíz es de 424 720 Kg. en 581.5 Has.

Superficie cosechada en el invierno 68-69 y verano 69 fue de 799.3 Has. Esto al compararse con las hectáreas de maíz nos muestra que el 72% de las tierras cosechadas estuvieron ocupadas por maíz.

Tabla No. 4

Indice de Agostadero

Tipo de Vegetación	Lugar	Forraje	Coeficiente de Agostadero en hectáreas por unidad animal		
			En sitio excelente	En sitio pobre	Indice recomendado
Matorral inerme parvifolio	El Salado	215	22.70	31.08	23.45
"	E. Vanegas		33.40	42.60	35.19
"	Lomeríos (sobre grava Jabonero)	100	47.40	56.46	49.25
"	Pedimonte de las sierras al poniente		21.15	30.25	22.91
Matorral crasirosulifolio espinoso	Sierra del Tunal		22.85	31.95	24.63
"	Serranías del poniente	165	28.65	37.65	29.83
Pastizal halófito arbosufrutescente	Cercano a La Trueba	325	13.85	24.29	15.15
Pastizal halófito abierto		375	11.80	22.23	13.16

COTECOCA 1974 el indice recomendado es para año con precipitación normal o arriba de la media anual. Kg. de forraje, por hectárea, por año con precipitación media.

Tabla N° 5

Producción Ganadera del Municipio de Vanegas, S.L.P.

(Censo Agrícola de 1970, Dirección General de Estadística)

	Total para el año 1970	
	<u>Criollo</u>	<u>Fino</u>
Ganado vacuno	6 490	438
Ganado porcino	2 055	8
Ganado lanar	6 456	20
Ganado caprino	37 439	27
Ganado caballar	2 521	12
Ganado mular	586	
Ganado asnal	2 957	

Tabla No. 6

COMPARACION ENTRE LAS UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS Y LAS UNIDADES HIDROGEOLOGICAS *

Edad Geológica	Unidades Litoestratigráficas	Litología	Esesor (m)	Unidades Geohidrológicas
CUATERNARIA	Aluvión	Grava, arena, limo, arcilla a veces con yeso.	100	H: Acuífero
TERCIARIA	Grava El Jabonero	Grava sin clasificar	100	G: Acuífero
	Tg, Tm	Rocas ígneas	30	A: Acuícludo
CRETACICA TARDIA	F. Caracol F. Indidura	Arenisca, limolita, Lutita, caliza lajosa	600	F: Acuífero
CRETACICA TEMPRANA	F. Cuesta del Cura F. La Peña	Limolita, arcilla, caliza	450	E: Acuícludo
	Caliza Cupido	Caliza	350	D: Acuífero
JURASICA TARDIA	F. Taraices F. La Caja	Caliza arcillosa, caliza y limolita	100	C: Acuícludo
	Caliza Zuloaga	Caliza	400	B: Acuífero

* Según García-Calderón (Inédito).

Tabla No. 7

RELACION DE POZOS, NORIAS Y MANANTIALES,
EL SALADO, S.L.P. Y ZACATECAS

No.	Nombre		Coordenadas		Prof. total (m)	Prof. espejo de agua (m)	Gasto lts/seg.
			Latitud	Longitud			
1	Noria de Jesús	(n)	24°13'20"	100°43'15"	24.25	22.00	
2	San Juan de la Cruz	(n)	24°14'15"	100°46'00"	12.30	11.30	
3	Hacienda El Salado	(n)	24°18'25"	100°49'30"	20.00	18.00	
4	Estación El Salado	(n)	24°19'00"	100°51'05"	35.00	34.00	
5	El Salado	(p)	24°18'25"	100°49'30"	250.00	26.92	32
6	El Gallo 1	(p)	24°12'48"	101°54'55"	11.00	9.00	
7	El Gallo	(p)	"	"	110.00	9.90	48
8	El Tepetate	(p)	24°10'25"	101°00'18"	41.00	38.00	
9	Tanque Nuevo	(p)	24°23'05"	100°58'30"	64.00	26.00	
10	El Salitre	(n)	24°25'30"	101°04'40"	5.50	2.60	
11	Agua Dulce	(p)	24°27'50"	101°03'30"		14.00	
12	El Manantial	(n)			10.00	7.50	
13	Santa Ana	(p)			48.00	10.00	
14	Ojo de Agua	(m)					

n: norias; p: pozos; m: manantial

Autor: García-Calderón (inédito).

Tabla No. 8

Datos climáticos de estaciones cercanas a El Salado

Estación	Período de observación	Altura aproximada m.s.n.m.	Número de años observados	Temperatura media anual	Promedio de precipitación anual	+
Cedral, S.L.P.	1927 - 1930	1,730	33	17.8	339	mm
San Tiburcio	1944 - 1962	2,000	19	--	284	mm
San Salvador	1946 - 1948 - 1951 - 1954	1,720	6	18.5	277	mm
Vanegas	1964 - 1976	1,730	12	17.8	313.1	mm

Tabla No. 9

Precipitación acumulativa en mm., Vanegas, S.L.P.

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1964	50.9	56.0	67.9	67.9	136.6	145.6	145.6	145.6	222.6	246.4	255.9	281.9
1965	10.6	22.4	22.4	27.9	27.9	44.3	55.4	73.4	218.1	252.1	252.1	300.8
1966	27.2	45.7	58.7	95.7	148.4	182.3	230.5	320.5	396.6	457.6	457.6	457.6
1967	41.5	41.5	111.2	135.9	169.9	211.9	211.9	287.7	368.7	388.7	402.7	408.9
1968	6.5	40.9	87.4	87.4	105.3	134.8	219.0	290.5	--	--	--	--
1969	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1970	4.0	51.5	51.5	51.5	51.5	160.0	189.5	250.0	325.0	325.0	325.0	325.0
1971	4.0	4.0	4.0	4.0	28.0	121.0	155.0	155.0	224.5	224.5	224.5	224.5
1972	--	--	--	--	74.5	121.9	222.4	222.4	232.4	237.4	253.9	253.9
1973	52.0	68.0	68.0	68.0	134.0	178.0	298.0	304.0	404.0	--	--	--
1974	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1975	--	--	--	--	20.0	40.5	119.5	132.5	132.5	132.5	132.5	155.5
1976	--	--	--	--	11.0	156.0	268.0	268.0	268.0	268.0	298.0	336.0

-- Sin datos.

Tabla No. 10

PRECIPITACION ACUMULADA EN mm DE LOS 6 MESES MAS LLUVIOSOS
VANEGAS, S. L. P.

AÑOS	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1964	68.0	78.0	78.0	78.0	155.0	178.8
1965	0.0	16.4	27.5	45.5	190.2	224.2
1966	52.7	86.6	134.8	224.8	300.9	361.9
1967	34.0	76.0	76.0	151.8	232.8	252.8
1968	17.9	47.4	131.6	203.1	--	--
1969	--	--	--	--	--	--
1970	0.0	108.5	138.0	198.5	273.5	273.5
1971	24.0	117.0	151.0	151.0	220.5	220.5
1972	74.5	121.9	222.4	222.4	243.4	237.4
1973	66.0	110.4	130.4	236.4	236.4	--
1974	8.5	18.5	51.1	61.4	77.8	77.8
1975	20.0	40.5	119.5	132.5	132.5	132.5
1976	11.0	156.0	268.0	268.0	268.0	268.0

Nota: El promedio de precipitación acumulada durante los 6 meses más lluviosos es de 263 mm.

Tabla No. 11

Observaciones Climatológicas

Estación: VANEGAS
 Controlada por: S.R.H.
 Período: 1964-1976
 Latitud: 23°51'

Estado: San Luis Potosí

Longitud: 100°52'

Altitud: 1,734 m.s.n.m.

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
Temperatura (en °C)													
Promedio	12.1	13.8	17.0	20.8	21.8	21.9	21.1	20.6	20.2	17.9	14.7	12.5	17.8
Máxima absoluta	28.0	36.0	38.0	41.0	41.0	38.0	36.0	38.0	35.0	36.0	33.0	31.0	-
Mínima absoluta	-7.0	-7.0	-7.0	1.0	1.0	7.0	6.0	6.0	3.0	0.0	-6.0	-7.0	-
Precipitación (en mm.)													
Años utilizados para el promedio	11	11	11	12	12	12	11	11	11	11	11	11	-
Promedio mensual de precipitación	17.9	12.1	12.8	5.6	31.4	50.0	45.9	37.1	59.1	18.4	9.5	13.3	313.1
% de lluvia cada mes (promedio)	5.7	3.9	4.0	1.7	10.0	16.0	14.7	11.7	18.9	5.9	3.0	4.2	100 %
Promedio de número de días al mes con lluvia mayor a 0.1 mm.	2.09	1.72	1.18	0.5	3.08	5.41	3.91	3.25	4.4	2.0	1.58	1.72	30.84
Evaporación en mm.													
Promedio	122.4	132.1	192.1	213.1	216.9	203.9	211.6	194.5	174.7	149.7	132.0	105.6	2,048.6

Tabla No. 12

Límites entre distintos tipos de climas áridos según la clasificación de Köppen

	1	2	3
Límite de zona	Con lluvias en invierno	Sin período específico de lluvias	Con lluvias de verano
Desértico BW/ Estepario BS	$P = T$	$P = T + 7$	$P = T + 14$
Estepario BS/ Húmeda	$P = 2 T$	$P = 2 (T + 7)$	$P = 2 (T + 14)$

Donde P es igual a la precipitación media anual en cm y T es igual a la temperatura media anual en grados centígrados.

(Hills, 1966).

Tabla No. 13

Resultado del cálculo de probabilidad de la lluvia en la Estación Vanegas, S. L. P.

Probabilidad de precipitación en mm.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
20 %	49,2	31.02	39.5	17.02	67.4	102.3	93.98	84.3	95.7	53.4	24.6	25.33
50 %	5.25	2.55	0.0	0.0	20.0	33.9	32.6	13.0	72.2	2.5	0.0	2.3
80 %	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	12.6	4.4	0.0	4.0	2.0	0.0	0.0

Nota: Con estos resultados vemos que la agricultura de temporal es marginal debido a la poca y variable precipitación existente; así al sumar la precipitación de mayo a octubre (la época del principal ciclo agrícola) vemos que en un 80% de los casos hay probabilidad de que llueva 26.4 mm, en un 50% de los casos será 174.2 mm, y en un 20% de los casos la lluvia alcanzará 498.1 mm.

TABLA 14

AREA OCUPADA POR LAS DISTINTAS UNIDADES DE SUELOS DE EL SALADO, S.L.P.

Unidad y Asociaciones de Unidades de Suelos	Has. *	% del Área estudiada		Has. *	% del Área estudiada
I	45,662.00	19.75	Zo + I + Xg - gi - s	2,297.52	10.60
Xh - p	35,668.04	15.43	Zo + XK - n - gi	2,194.21	
Zo - n - gi	26,772.72	11.58	Zo + I + Xg - n - gi	2,086.77	
Xh + XK - p	21,619.83	9.35	Zo + XK - n	1,946.28	
Xh + I - p	12,701.10	5.49	Zo + Xg - n	1,880.16	
XK - p	11,150.13	4.82	XK - s - n - p	1,820.93	
Zo - s - p	8,932.50	3.86	Xh - s - n - g	1,779.61	
I + Xh - p	8,564.73	3.70	Xh - s - g	1,634.98	
R + I	6,724.51	2.90	I + Xg	1,101.92	
XK - s	6,183.19	2.67	I + R	1,085.39	
XK + Xh - p	5,336.08	2.30	R + I + Xh - p	1,079.88	
R	4,048.20	1.75	Zo - n	878.78	
I + R + Xh - p	3,932.50	1.70	Zo + Xg + I - n	867.76	
I + Xh + XK - p	3,475.20	1.50	XK	742.42	
R + Xh - p	3,068.87	1.32	XL	623.96	
XK + Zo - n	2,962.80	1.28	Xh - s	305.78	
			Xh + I	185.95	
Clave					
Zo __ Solonchak ártico		Xh __ Xerosol háplico	p __ fase petrocálcica	g __ fase gravpsa	
I __ Litosol		Xk __ Xerosol cálcico	s __ " salina	gi __ " gípsica	
R __ Regosol		Xg __ Xerosol gípsico	n __ " sodica		

Los litosoles mas todas las asociaciones donde predominan ocupan el 27.59% del area estudiada

Xerosoles háplicos, cálcicos y gípsicos además de asociaciones donde predominan ocupan el 45.26 % del area

Los Regosoles mas todas las asociaciones donde este suelo predomina ocupa el 6.44 % del area.

Los Solonchaks árticos mas todas las asociaciones donde este predomina ocupa el 20.71 % del area.

El area total según aerofotos no restituidas es de 231,156 Has *

* Nota : Las areas en Has son sólo valores aproximados ya que fueron tomadas a partir de fotografias aeras no restituidas y por lo tanto difieren a las areas reportadas para el area en conjunto, la cual fue calculada a partir de mapas topográficos.

FIGURA 15
 Zonas de las principales bases para una clasificación fisiográfica de
 EL SALVADOR

UNIDAD FISIOGRAFICA	UNIDADES DE SUELOS (Véase PRESENTACIÓN)	PUNTIEROS EN %	ALTURA EN M. S.N.M.	DRENAJE	GEOMORF. SUPERFICIAL	TIPO DE VEGETACIÓN NATURAL PREDOMINANTE	PRINCIPAL ACTIVIDAD HEDONICA	CLIMA
1 Sierra de El Tunal a) Serranía	Litosoles y Regosoles	10 a 33	1750-2200	Muy eficiente	(Calizas del Cretácico y Jurásico) calizas, caliza arcillosa, limonitas, grana y conglomerados (Plioceno)	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería extensiva y explotación forestal	B
b) Valles Intermontanos	Xerosoles híplicos y cálcicos	5 a 10	1900-2200	Eficiente	Aluvión (Cuaternario)	Matorral desértico rosotéfilo y micrófilo	Ganadería y agricultura de temporal	A
2 Llanuras a) El Salitral	Solonchaca árticas Xerosoles híplicos Litosoles	0 a 2	1700-1720	Deficiente	Aluviones con afloramiento de calizas y otros contenidos de yeso en las partes más altas.	Matorral desértico micrófilo y parcial halófito	Ganadería extensiva y un poco de agricultura de temporal y riego	A
b) San Vicente	Xerosoles solonchaca árticos	0 a 2	1710-1730	Deficiente	Aluviones con afloramientos de calizas y otros contenidos de yeso en las partes más bajas	Matorral desértico micrófilo y parcial halófito	Ganadería extensiva y un poco de agricultura de temporal y riego	A
3 Llanura de Cienega	Xerosoles híplicos y un poco de xerosoles cálcicos	2 a 3	1720-1850	Eficiente	Aluvión (Cuaternario)	Matorral desértico micrófilo	Ganadería y agricultura de temporal	A
4 Bajada Noroeste	Xerosoles cálcicos y híplicos	2 a 10	1720-1850 en parte 1900	Eficiente	Aluvión (Cuaternario)	Matorral desértico micrófilo	Ganadería y agricultura de temporal	A
5 Bajada Sur	Xerosoles cálcicos y híplicos	2 a 10	1730-1850	Eficiente	Aluvión (Cuaternario)	Matorral desértico micrófilo	Ganadería y agricultura de temporal	A
6 Sierra de la Mejonera y Tepetate	Litosoles y Regosoles	10 a más de 33	1850-2350	Muy Eficiente	(Calizas del Cretácico) calizas arcillosas, margas, calizas.	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería extensiva y explotación forestal	B
7 Estrificaciones de la Sierra de Rodríguez	Litosoles y Regosoles	10 a más de 50	1800-2000	Muy eficiente	(Calizas del Cretácico) calizas arcillosas, margas, calizas.	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería extensiva y explotación forestal	B
8 Sierra Papagayo o de El Gallo	Litosoles y Regosoles	10 a más de 50	1850-2500	Muy eficiente	(Cretácico) lutitas y areniscas calizas, calizas arcillosas, margas.	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería extensiva y explotación forestal	B
9 Sierra Saltillito	Litosoles y Regosoles	10 a más	2000-2400	Muy eficiente	Perfilado geomorfológico más calizas arcillosas, margas, limonita (Cretácico Sur)	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería extensiva y explotación forestal	B
10 Estrificaciones de la Sierra de Boromonte	Litosoles y Regosoles	10 a más de 50	1800-2000	Muy Eficiente	Calizas del Cretácico calizas y diques	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería extensiva y explotación forestal	B
11 Pedimento de Tanque Nuevo	Litosoles además xerosoles cálcicos y híplicos	2 a 10	1900 a 2050	Muy eficiente	Aluvión (Cuaternario)	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería y agricultura de temporal	A-B
12 Llanura Huertecillas-Saragosa a) Lomeríos	Litosoles y Regosoles	10 a 33	1900-2100	Muy eficiente	Calizas del Cretácico y basaltos del Plioceno	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería extensiva	A-B
b) Planicie	Xerosoles principalmente híplicos con pocos xerosoles cálcicos	1 a 10	1850-2000	Eficiente	Aluvión (Cuaternario)	Matorral desértico micrófilo	Ganadería y agricultura de temporal	A-B
13 Pedimento poniente de la Sierra de Papagayo	Xerosoles cálcicos y híplicos	2 a 10	2050-1920	Muy eficiente	Aluvión (Cuaternario)	Matorral desértico rosotéfilo	Ganadería	A-B

NOTA: Esta Tabla corresponde a la Carta III.

- La explotación forestal se refiere principalmente a la obtención de fibras duras.
- Clima A, se refiere a un clima similar al reportado para Vanegua.
- Clima B, es un clima similar al de Vanegua pero modificado por la altura y por lo tanto es más húmedo que A y con temperaturas más bajas.
- Clima A-B, Un clima de transición en relación a los climas A y B.