

Z 5053.08  
UNAM  
1977.

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Filosofía y Letras  
Colegio de Geografía

LOS RECURSOS NATURALES BASICOS DE  
LA SUBCUENCA DEL RIO SALADO  
PUEBLA-OAXACA

T E S I S

Que para obtener el título de:

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

p r e s e n t a

RICARDO RUBALCAVA AYALA

México, D. F.

1977  
OFICINA DE EXAMENES  
PROFESIONALES  
Y GRADOS

TG90394



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

A MIS PADRES

*Con cariño y afecto*

A MIS HERMANOS:

*María Luisa, Margarita,  
Raymundo y Susana*

*Con estimación y afecto.*

A MIS SOBRINOS

*En especial al Dr. JORGE A. VIVO ESCOTO*

*Por la valiosa ayuda prestada para la  
realización de esta Tesis.*

*Al personal docente del  
Colegio de Geografía.*

*A los compañeros de la  
Generación 66-70  
y colegas.*

*A la memoria de los compañeros:  
Miguel Angel, Javier y Jorge.*

# INDICE

INTRODUCCION .....	1
CUENCA DEL PAPALOAPN .....	3
Subregión Fisiográfica del Papaloapan Superior .....	4
Subcuenca del Río Salado .....	6
GEOLOGIA Y FISIOGRAFIA	
Geología .....	8
Fisiografía .....	20
CLIMA	
Temperatura .....	23
Precipitación .....	25
Insolación .....	28
Evaporación y Evapotranspiración .....	29
Humedad .....	31
Viento .....	32
Sistema de clasificación climática .....	33
AGUA	
Agua .....	35
Calidad de las aguas de la Subcuenca del Río Salado .....	45
Aguas Subterráneas .....	63
SUELOS	
Suelos .....	72
Suelo podzólico café de bosque .....	73
Suelo podzol .....	74
Chernozem o negro .....	75
Suelo rojo de desierto y semidesierto (sierozem) .....	77
Estudio Agrológico Semidetallado .....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	88
BIBLIOGRAFIA .....	91

## INDICE DE PLANOS

- 1.- Localización de la Zona de Estudio.
- 2.- Geología.
- 3.- Topografía.
- 4.- Estaciones Climatológicas, Localización.
- 5.- Isotermas Medias Anuales.
- 6.- Isotermas Medias de Enero.
- 7.- Isotermas Medias de Mayo.
- 8.- Isoyetas Medias Anuales.
- 9.- Número de Días con Lluvia 1 mm.
- 10.- Lluvia Util Anual en mm.
- 11.- Número de Meses con Sequías 28 Días.
- 12.- Isolación Media de Enero en %.
- 13.- Isolación Media de Julio en %.
- 14.- Isolación Media Anual en %.
- 15.- Evaporación Media Anual.
- 16.- Evaporaciones Medias en Enero.
- 17.- Evaporaciones Medias en Mayo.
- 18.- Evapotranspiración Anual.
- 19.- Humedad Relativa de Mayo en %.
- 20.- Humedad Relativa de Septiembre en %.
- 21.- Humedad Relativa Mdia Anual en %.
- 22.- Viento Dominante Anual.
- 23.- Viento Dominante de Enero.

- 24.- Viento Dominante de Mayo.
- 25.- Clasificación Climática segun Koeppen.
- 26.- Hidrografía.
- 27.- Galerías Filtrantes.
- 28.- Suelos.
- 29.- Serie de Suelos
- 30.0 Clasificación de Suelos (Clases).



## INDICE DE CUADROS

- I. Estaciones Climatológicas y Datos para Determinar los Tipos de Climas según la Clasificación de Köppen, en la Subcuenca del Río Salado, Pue.-Oax.  
(Período Observado 1961-1970)
- II. Datos Hidrométricos de la Estación La Angostura, - Oax.  
(Período Observado 1961-1970).
- III. Datos Hidrométricos de la Estación Quirotepec, Oax.  
(Período Observado 1961-1970)
- IV. Datos Hidrométricos de la Estación La Junta, Oax.  
(Período Observado 1961-1970)
- V. Galerías Filtrantes en la Subcuenca del Río Salado, Pue.-Oax.  
Gasto  $M^3$ /seg.
- VI. Análisis de la Serie de Suelos del Distrito de Riego del Río Salado, Pue.-Oax.

## I N T R O D U C C I O N

El objetivo que anima cualquier investigación de este tipo es conocer los recursos naturales básicos de una zona, con los cuales se pueden conocer las posibilidades de desarrollo económico tomando en cuenta los recursos existentes y el medio en que se vive, para que el hombre, único factor de la producción que es al mismo tiempo medio y fin, obtenga los bienes y servicios naturales y culturales con el propósito de elevar, en formativa, su nivel de vida.

Por lo tanto, si estudiamos al hombre como principal factor de desarrollo económico, se tiene que llegar al conocimiento de cual es su papel en el presente y en el futuro de nuestro País. Así como, describir la influencia del hombre en creciente medida sobre la propia naturaleza, para crear el medio geográfico y la influencia de la tierra sobre el mismo hombre.

En el estudio se hace hincapié de los recursos naturales básicos de la subcuena, tanto en su abundancia o escasez y en su distribución espacial, como en los problemas de su uso.

No es por demás señalar que en cada clase de recursos, se ha hecho referencia a ciertos aspectos de ellos, sin tratar otros recursos como los humanos y económicos, que requieren de investigación especial.

## CUENCA DEL PAPALOAPAN

La región hidrográfica de la cuenca del río Papaloapan forma parte de la vertiente del Golfo de México. Localizándose en el sureste de la República Mexicana, <sup>1/</sup> entre los paralelos de 17°00' y 19°00' de latitud norte y los meridianos de 95°00' y 97°47' de longitud oeste de Greenwich teniendo como límites: al norte, la región hidrográfica de los ríos Tuxpan-Tlacolula-Nautla; al este, la región del río Coatzacoalco; al sur, con las regiones de los ríos Atoyac-Verde-Tehuantepec; al oeste, la cuenca del río Balsas, y al noroeste del Golfo de México. <sup>2/</sup>

La cuenca del Papaloapan cubre una superficie de 46 517 Km<sup>2</sup> que incluye parte de los estados de Oaxaca Puebla y Veracruz, representando el 2.4% de la superficie total de la República Mexicana. Forma parte de las provincias fisiográficas de la Altiplanicie Mexicana y de la Sierra Madre Oriental. y, geomorfológicamente de la llanura costera del Golfo. <sup>3/</sup> Las que presentan en su superficie la formación de terrenos planos y montañosos, así como, de terrenos planos y ondulados en la costa.

De acuerdo con estas condiciones físicas, se ha dividido a la cuenca del Papaloapan en dos subregiones fisiográficas que son: el Papaloapan Superior e Inferior.

<sup>1/</sup> J.A. Vivó, Geografía de México, Fondo de Cultura Económica, México 1958.

<sup>2/</sup> S.R.H. Comisión del Papaloapan. Planificación Integral de la cuenca del Papaloapan. México, 1971.

<sup>3/</sup> J.A. Vivó Ob. cit. 1958.

## SUBREGION FISIOGRAFICA DEL PAPALOAPAN SUPERIOR

La subregión fisiográfica del Papaloapan Superior está situada al noroeste y suroeste de la región hidrográfica de la cuenca, comprendiendo las subcuencas de los ríos Salado y Grande; se localiza entre los paralelos de 17° 11' y 19° 00' de latitud norte y los meridianos de 96° 21' y 97° 47' de longitud oeste de Greenwich, sus límites son: al norte, la región hidrográfica de los ríos Tuxpan-Tlacolula-Nautla; al noreste, este y sureste la Sierra Madre Oriental; al sur, la región hidrográfica de los ríos Atoyac-Verde; y al este, la cuenca del río Balsas. <sup>4/</sup>

La superficie de la subregión fisiográfica del Papaloapan Superior es de 11 878 Km<sup>2</sup>, incluyendo parte de los estados de Puebla y Oaxaca. Cubre el 25.3% de la región hidrográfica de la cuenca del Papaloapan. <sup>5/</sup>

El Papaloapan Superior queda comprendido dentro de las provincias fisiográficas de la Altiplanicie

---

<sup>4/</sup> S.R.H. Comisión Papaloapan. Ob. Cit., 1971.

<sup>5/</sup> S.R.H. Comisión Papaloapan. La Erosión en el Alto Papaloapan, México, 1965.

Mexicana y Sierra Madre Oriental. Las que quedan consti-  
tuidas por las Depresiones de Tehuacán-río Salado río To-  
mellín-río Jayacatlán-río Grande (Cañada Oaxaqueña). 6/

Como se indicó anteriormente el Papaloapan Su-  
perior está formado hidrográficamente por las subcuencas  
de los ríos Salado y Grande, que al unirse en la pobla-  
ción de Quiotepec dan lugar a la formación del río Santo  
Domingo, que a su vez forma aguas abajo, el cauce princi-  
pal del río Papaloapan.

---

6/ J.A. Vivó. Su relación con el Terremoto del 28 de - -  
Agosto de 1973. Anuario de Geografía, Facultad de Fi-  
losofía y Letras. UNAM Año XIII, México, 1973.

## SUBCUENCA DEL RÍO SALADO

La subcuenca del río Salado se ubica en la zona centro-norte de la subregión del Papaloapan Superior, entre los paralelos  $17^{\circ}35'$  y  $18^{\circ}40'$  de latitud norte y los meridianos  $96^{\circ}59'$  y  $97^{\circ}39'$  de longitud oeste de Greenwich. Limita al norte, con la parte septentrional de la Depresión de Tehuacán: al noreste, este y sureste con la Sierra Madre Oriental: al sur, con la subcuenca del río Grande, y al oeste y suroeste por la línea divisoria de las aguas de la cuenca del río Balsas.

Su superficie es de  $4\ 960\ \text{Km}^2$ , representa para la cuenca del Papaloapan y la subregión del Papaloapan Superior el 10.7% y el 41.8% respectivamente, extendiéndose en su porción sur de la Depresión del Valle de Tehuacán y en la Cañada Oaxaqueña que forma el río Salado.

Dentro de la subcuenca se localiza el Distrito de Riego del Río Salado extendiéndose en la parte baja de la Depresión, se encuentra integrado por una faja de terrenos que corren a ambos lados del curso del río y con una dirección noroeste a sureste. Su relieve está formado por valles y terrenos ondulados que cubren una superficie de  $1\ 100\ \text{Km}^2$ .

El Distrito comprende dos zonas bajo riego, la primera tiene una superficie de 4 000 hectáreas regadas por aguas provenientes exclusivamente de galerías filtrantes y la segunda abarca una extensión de 3 600 Ha. - beneficiándose con riego por medio de un sistema de presas y canales.



## GEOLOGIA Y FISIOGRAFIA

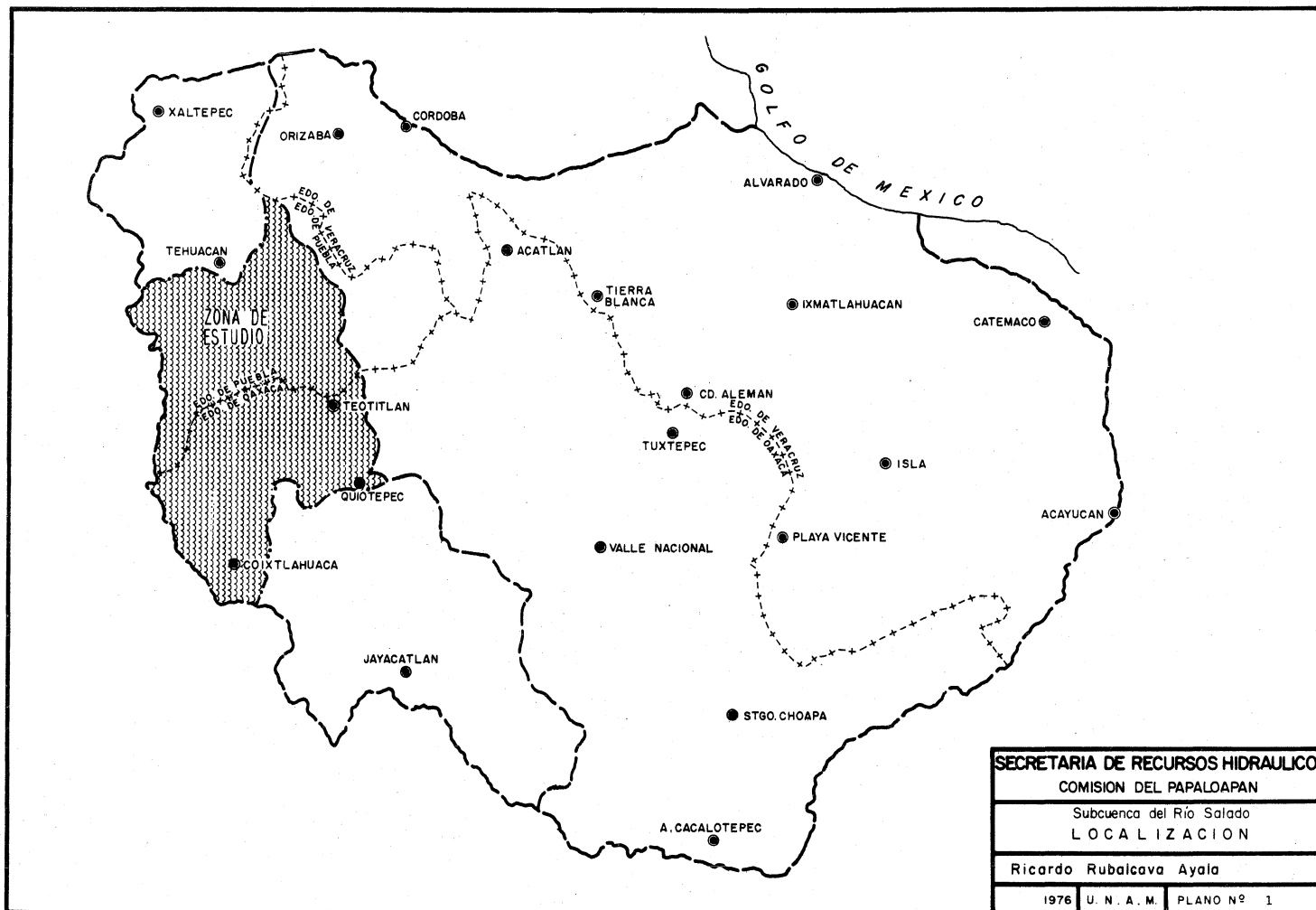
La depresión de la subcuenca del río Salado se encuentra formada por rocas de las eras geológicas azoica, mesozoica y cenozoica.

En la era azoica la región que corresponde a las depresiones de Tehuacán y de la Cañada Oaxaqueña pertenecieron a la "Antigua Tierra de Oaxaca" constituida por rocas ígneas graníticas. Este bloque granítico más tarde se fragmentó como consecuencia de hundimientos, presentando en sus capas superiores gneiss y esquistos originados por metamorfismo.

En la era mesozoica hubieron hundimientos que correspondieron a los períodos jurásicos y cretácico.

En el período jurásico se constituyeron los lechos rojos que se originaron como resultado de la sedimentación continental.

Período cretácico. Las regiones hundidas de este período constituyen la base de la era mesozoica. En



<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Rio Salado		
LOCALIZACION		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N° 1

ella se lleva a cabo una transgresión marina, originando un cambio litológico constituido por calizas y conglomerados.

Este período se vió afectado por cambios. Según lo enunciado por José Manuel López Rubio:

"Los primeros levantamientos tuvieron lugar antes de que se terminara el cretácico". 7/

a). Cretácico inferior.

"La descripción histórica geológica de Francisco Viniegra, establece que la costa oriental sirvió de barrera a los mares transgresivos que rodeaban las tierras emergidas por el norte, colmando la subcuenca de Tehuacán y Zapotitlán con sedimentos marinos de ambiente nerítico".

"Durante estas inundaciones los sedimentos marinos, tanto en el área Tehuacán-Zapotitlán, Puebla, como dentro de la Sierra Madre, indican condiciones distintas de medio ambiente ya que la litología varía notablemente de una área a la otra". 8/

---

7/José Manuel López Rubio. Informe Geológico superficial del área Calipan-Tehuacán-Tlacotepec, Puebla, PEMEX. - 1954. Inédito.

8/Francisco Viniegra. Paleogeografía y tectónica del mesozoico en la provincia de la Sierra Madre y macizo de Teziutlán. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. XVIII. Núm. 7-8 México, 1966.

"El mismo autor menciona que los sedimentos -- referidos a la columna estratigráfica del cretácico inferior están bastante bien representados en el área de -- Tehuacán". 9/

Por otra parte José V. Flores R. describe al cretácico inferior en las depresiones de la siguiente manera:

"Es probable que al principio del cretácico inferior movimientos epirogénicos provocaron ascensos y -- descensos del fondo marino, variando la sedimentación de acuerdo con el medio ambiente del depósito. 10/

Por lo anterior, se deduce que el cretácico inferior está constituido por arcillas calcáreas.

- b). Cretácico medio. Las depresiones de Tehuacán y Cañada Oaxaqueña están constituidas por rocas calizas. Esto lo confirma José Manuel López Rubio cuando dice:

"Las calizas del cretácico medio se encuentran encima de las arcillas calcáreas del cretácico inferior --

---

9/ Francisco Viniestra. Geología del macizo de Teziutlán y de la cuenca cenozoica de Veracruz. Boletín de la -- Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, México, -- 1965.

10/ José V. Flores R. Estudio estratigráfico del jurásico superior en la Sierra Madre Oriental entre Teotitlán, Oaxaca y Zongolica, Veracruz. PEMEX. 1970.

y totalmente cubiertas por sedimentos del cuaternario".-

11/

"El mismo autor hace mención a los lugares que corresponden al cretácico medio como son: La Barranca de San Antonio Cañada, las Sierras Colorada y de los Cuarteles al este de Tehuacán". 12/

"También Francisco Viniegra hace referencia a las calizas de la zona cuando trata de la Sierra de Atzingo que se encuentra situada al sureste de Tehuacán -- formando con la Sierra de Puebla y Oaxaca (Sierra Madre Oriental), la llamada Cañada Oaxaqueña o Cañón de Tomellín, mencionando que López Rubio describe esta formación como un gran cuerpo de calizas oscuras casi negras del cretácico medio que ocasionalmente contiene horizontes con fragmentos de paquiodontos y restos de peces". 13/

Era Cenozoica. Esta era tiene una gran transcendencia en las depresiones de Tehuacán y la Cañada Oaxaqueña.

Francisco Viniegra hace mención a lo anterior, en los términos siguientes:

---

11/ y 12/ José Manuel López Rubio. Ob. Cit. 1954. Inédito

13/ Francisco Viniegra. Ob. Cit. 1965.

"Sedimentos continentales del cenozoico. En la región de Tehuacán, en el valle del mismo nombre, que hacia el sur lo hemos llamado Cañada Oaxaqueña, existe una considerable potencia de sedimentos de origen indudablemente lacustres y que por sus relaciones estratigráficas, tectónicas y sedimentológicas que guardan con los terrenos que le están sirviendo de basamento se consideran de edad cenozoica".

"El carácter general de los depósitos de esta área es la de clásticos continentales lacustres".

"El medio en que se depositaron estos sedimentos corresponde a lagos de aguas salobres, dada la naturaleza y características de sus depósitos, con abundancia de selenitas en uno de sus cuerpos arenosos, donde forman gruesos bancos hasta de dos metros de espesor, así como también por la existencia de sal dentro de la misma Cañada".

"Estos sedimentos cenozoicos se agrupan en tres horizontes distintivos y discordantes entre sí; en primer término, y cubriendo discordantemente los terrenos cretácicos del aptiano y cretácico superior, yace un cuerpo de brechas de caliza que sin duda alguna no son sino el producto de la erosión de los referidos pisos. Estas brechas están formando gruesos bancos sólidamente-

cementados por una matriz arcilla-calcárea, encontrándose el pedernal de las calizas cretácicas en gran proporción".

"El segundo cuerpo formado de areniscas arcillosas y lutitas yesíferas que vienen a constituir los verdaderos sedimentos lacustres. Esta formación está ocupando gran parte de la Cañada de Oaxaca, y su mejor exposición se encuentra entre Teotitlán del Camino y Tomellín, Oaxaca".

"Los clásticos más finos y menos yesíferos ocupan el área de Quiotepec, localidad que vendría a ser la parte más profunda de la cuenca, donde predominan los sedimentos arcillosos y arenas finas".

"El tercer cuerpo está representado por una -- formación de brechas de esquistos y gneiss esencialmente; estos sedimentos forman bancos de cuatro metros de espesor y el acuñamiento en ellos se nota con mayor frecuencia. Otro carácter que lo individualiza es la estratificación cruzada que se observa en su sedimentación, tal vez como resultado de un depósito ribereño deltaico; el tamaño y selectividad de los elementos es variable y caótico respectivamente, pero siempre formando estratos más o menos normales. Estas brechas constituyen los depósitos más modernos del área de Teotitlán del Camino-Tome-

llín que, hacia el norte, en la región de Tehuacán, forman una elevada sierra alargada en la misma dirección de la Cañada, con elevaciones con respecto al valle de 500- a 600 metros de altura, entre el ingenio de Calipan y -- Ajalpan, dando lugar a la Sierra Colorada: más al norte- está emplazada la Sierra de los Cuarteles, al este de -- Tehuacán con elevaciones de 300 a 400 metros".

"Respecto a la edad de estos clásticos es difícil precisarla por la falta de fósiles; tectónicamente no parecen estar demasiado plegadas; sus echados generales son suaves, formando amplios plegamientos que son visibles a lo largo de la Cañada. Probablemente datan en edad desde el eoceno inferior al oligoceno. Los sedimentos más modernos están restringidos a los materiales dejados por el acarreo del río y arroyos en su cauce y en algunos valles con amplias zonas de inundaciones". 14/

a). Terciario. Esta etapa se ve constituida por las siguientes descripciones.

A. Calderón García nos indica:

"De la formación Zapotitlán, en la porción -- oriental de la Sierra de Atzingo y Miahuantepec, se en--

---

14/ Francisco Viniestra. Ob. Cit. 1965.



cuentra sobre ella los depósitos continentales de la formación Tehuacán, del terciario. (El terciario) está representado únicamente por rocas continentales y su distribución es bastante amplia hacia los lados oriental y occidental del valle de Tehuacán alcanzando espesores -- bastante considerables, sobre todo en el oriental, donde afloran al parecer más de 600 metros de esta sección" <sup>15/</sup>

Francisco Viniegra hace mención en su trabajo de una evolución fisiográfica, como sigue:

"Este período terciario (período mioceno) marca verdaderos cambios fisiográficos no solamente dentro de la llanura costera, sino también en el altiplano caracterizado por el numeroso nacimiento de grandes y pequeños lagos, consecuencia derivada de la obstrucción de valles y cuencas fluviales por volcanes o derrames lávicos de los mismos. Aparecieron así en el paisaje terrestre del altiplano, los lagos de Tecamachalco-Tehuacán, Puebla, Tlaxiaco-Teposcolula a Ixtepexi, Oaxaca, de los cuales quedan como testigos de su antigua existencia, -- terrazas lacustres, formadas por travertinos, yeso, -- calcedonia, conglomerados ígneos (Chilac, Tehuacán, Te-

---

<sup>15/</sup> A. Calderón García. Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla. Congreso Geológico Internacional. Excursión A-11 Vigésima sesión. México. - 1956.

panco, Tecamachalco, etc)."

"La única evidencia para fijar la edad de estos lagos, esta en la presencia de rocas efusivas andesíticas en forma de conglomerados y corrientes intercaladas entre los travertinos y evaporitas, que ya Ordoñez - en estudio sobre las rocas eruptivas en el país, había fijado como de edad probablemente mioceno para las riolitas y andesitas."

"También aparecieron conductos magmáticos desde el oligoceno que influenciaron con clásticos de diversos tamaños a las rocas sedimentarias y marinas, pero esta contaminación se observa los sedimentos del mioceno - dentro de la cuenca.

De ellos deducimos, que los sedimentos lacustres del altiplano que actualmente bordean la sierra en forma de terrazas (de 50 a 100 metros) sobre el nivel del valle, corresponden a niveles fósiles formados quizá a fines del mioceno o principios del plioceno, dado el avance en el ciclo de erosión de la región."

"En Tehuacán (Cañón de Tomellín) las terrazas lacustres más jóvenes ocupan un nivel topográfico inferior con respecto a las terrazas (Los Cuarteles) del mismo origen de la Cañada Oaxaqueña y sus límites dentro de esta última podrá fijarse entre Chilac y el ingenio de -

Calipan." <sup>16/</sup>

b). El cuaternario está representado en las depresiones como lo menciona, Francisco Viniegra.

"En la región de Tehuacán, en el valle del mismo nombre, que hacia el sur lo hemos denominado Cañada Oaxaqueña existe una considerable potencia de sedimentos de origen indudablemente lacustre y que por sus relaciones estratigráficas, tectónicas y sedimentológicas que guardan con los terrenos que le están sirviendo de basamento, se consideran de la edad cenozoica." <sup>17/</sup>

"También hace mención el autor de que el valle de Tehuacán y en la Cañada Oaxaqueña las terrazas lacustres más jóvenes del cuaternario ocupan en nivel inferior a las más antiguas del terciario." <sup>18/</sup>

Tectonismo. La subcuenca del río salado se vió afectado por un levantamiento de la Altiplanicie Mexicana y del pelgamiento de la Sierra Madre Oriental. Al respecto Francisco Viniegra nos dice:

"Al cerrarse el período (crétacico), los movimientos pulsatorios de la revolución laramide ya habían-

<sup>16/</sup> Francisco Viniegra. Ob. Cit., 1966.

<sup>17/</sup> Francisco Viniegra Ob. Cit., 1965

<sup>18/</sup> Francisco Viniegra Ob. Cit., 1966

comenzado a dejar sentir su influencia sobre los sedimentos mesozoicos y la mesa continental en su emergencia, - lo que produjo la retirada de los mares hacia el oriente"

"A principios del terciario el levantamiento - continuo del transpaíso produjo un dislocamiento que se tradujo en una gran falla normal, de rumbo, que dió nacimiento a una cuenca lacustre cuyo borde oriental la formaron rocas metamórficas y el occidental la Sierra de -- Atzingo".

"La posición y localización de estos clásticos de origen continental, quedaría precisamente en el borde oriental y al pie de los plegamientos y del levantamiento máximo de las rocas marinas cretácicas (Sierra de Atzingo) que se encuentran alineados desde Tehuacán hacia Oaxaca.

Dadas sus características sedimentarias, así - como su posición dentro del sistema orgánico, es posible que el Cañón de Tomellín, o para ser más precisos la Cañada Oaxaqueña, corresponda a una cuenca tectónica." <sup>19/</sup>

Fallas. En la depresión de la subcuenca del río Salado se localiza una serie de fallas, siendo estas:

---

<sup>19/</sup> Francisco Viniegra. Ob. cit. 1966.

"Una falla con rumbo noroeste-sureste, continua en forma de pequeñas fallas por parte del camino que de El Riego conduce a Santa Ana Teloxtoc". 20/

"Al sur la erosión ha borrado las fallas que seguramente existen de norte a sur, pero la sierra de Miahuatepec, muestra fallas. 21/

"Más al sur de la Sierra de Miahuatepec se halla la Sierra de Atzingo, que presenta fallas". 22/

"Se observan algunas fallas que cortan perpendicularmente a anticlinales cerca de Coxcatlán y otras fallas de tipo normal frente a Zinacatepec". 23/

"Tomas Barrera menciona una falla longitudinal importante que separa sedimentos rojos de rocas metamórficas al este de Tecomavaca la continuación de esta falla al este de la confluencia de los ríos Cuicatlán y Salado". 24/

---

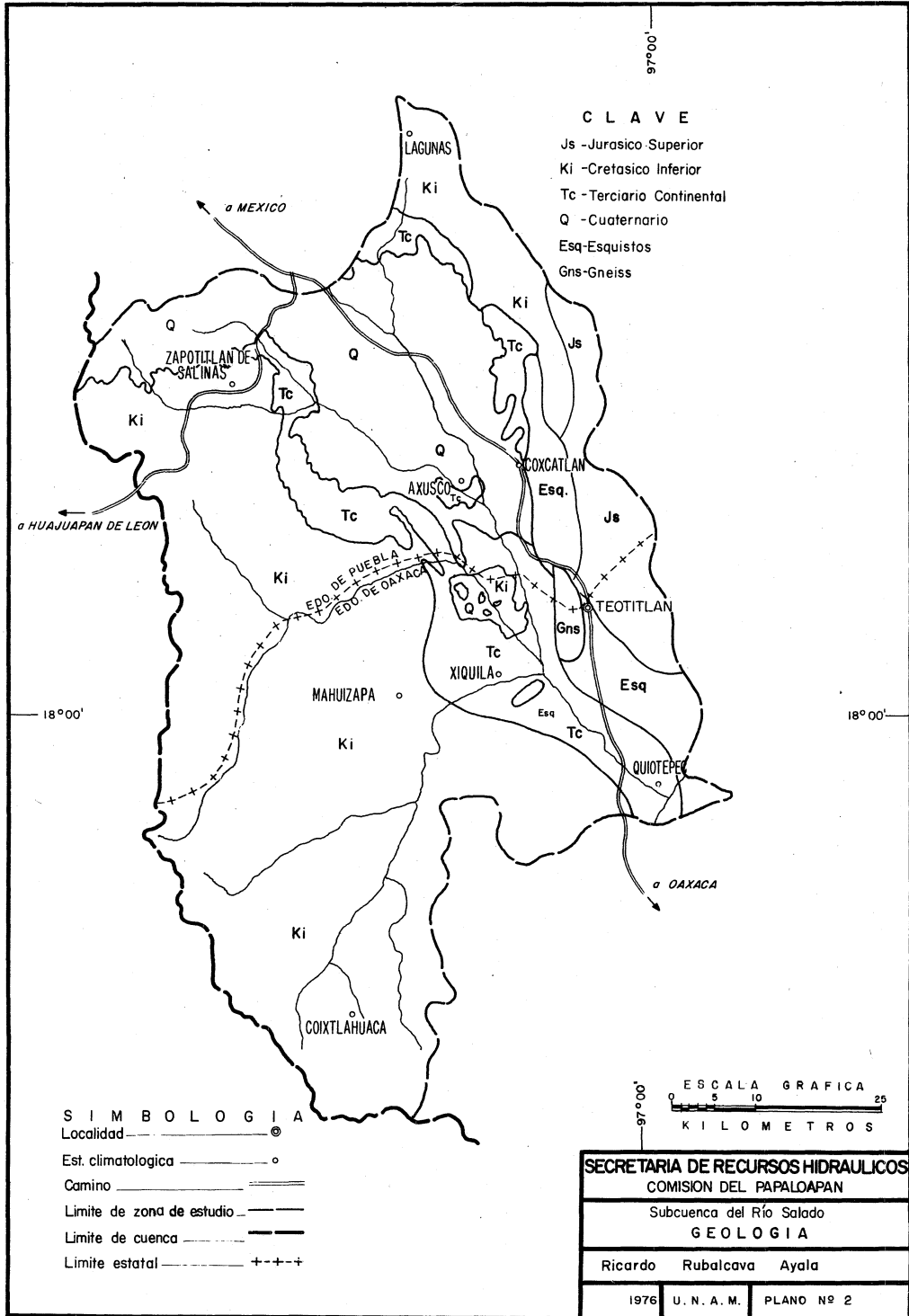
20/ Emilio Bose. Las aguas subterráneas de la región de Tehuacán, Puebla. Boletín Minero. México, 1916.

21/ A. Calderón García. Ob. Cit., 1956.

22/ Francisco Viniestra. Ob. Cit., 1966.

23/ Ma. Eugenia Villagómez Hernández. Las depresiones del sureste de Puebla: la depresión Tecamachalco-Tehuacán; la depresión Calchicomula -El Carmen Chapulco. Anuario de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, -- UNAM. Año XIII. México, 1973.

24/ Tomas Barrera Guía Geológica de Oaxaca. UNAM. Instituto de Geología, México 1946, Mapa de la región Tehuacan Oaxaca.

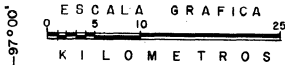


**C L A V E**

- Js -Jurásico Superior
- Ki -Cretácico Inferior
- Tc -Terciario Continental
- Q -Cuaternario
- Esq-Esquistos
- Gns-Gneiss

**S I M B O L O G I A**

- Localidad ———— ⊙
- Est. climatológica ———— ○
- Camino ———— =
- Limite de zona de estudio ———— - - - -
- Limite de cuenca ———— - - - -
- Limite estatal ———— + + + +



**SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS**  
COMISION DEL PAPALOAPAN

Subcuenca del Río Salado  
**G E O L O G I A**

Ricardo Rubalcava Ayala

1976 U. N. A. M. PLANO Nº 2

Además de estas fallas mencionadas, se hayan distribuidas otras, con rumbo oeste noroeste-estesureste, presentando en el terreno desniveles, siendo estas las siguientes:

- 1). Falla que va del sur de la mesa de San -- Lorenzo/El Riego, al Sur de la mesa de La Colorada;
- 2). Falla del escalón San Andrés-Tepetzingo,
- 3). Falla del escalón Chilac-Altepexi;
- 4). Falla del escalón Zinacatepec, y
- 5). Falla de escalón Calipan. 25/

Fisiografía. La subcuenca del río Salado forma parte de las provincias fisiográficas de la Altiplanicie Mexicana en su porción sur y la Sierra Madre Oriental. Las que presentan una formación constituida por un depósito lacustre o marino que a su vez se encuentra formado por caliza y lutitas, lo que ha originado la formación de una unidad geomofológica constituida por las depresiones de Tehuacán y Cañada Oaxaqueña. La primera corresponde al valle de Tehuacán, en la parte sur del esta

---

25/ Ma. Eugenia Villágoz Hernández. Ob. Cit., 1973.

do de Puebla y la segunda al valle del río Salado, al -- norte del estado de Oaxaca.

Estas condiciones geológicas y geomorfológicas han definido la topografía de la subcuenca, constituida por la zona montañosa y Superior de la Cuenca, representada por la Sierra Madre Oriental. En la que se distinguen tres subunidades geomórficas orientadas de noroeste a sureste siendo éstas:

a). La región meridional de la Sierrra Madre-Oriental, conocida también como Sierra de Oaxaca (Sierra de Huautla), formada en su porción occidental por formaciones de gneiss y esquistos antiguos intensamente plegados. Por lo que su topografía es sumamente accidentada, surcada por numerosos cañones y barrancas.

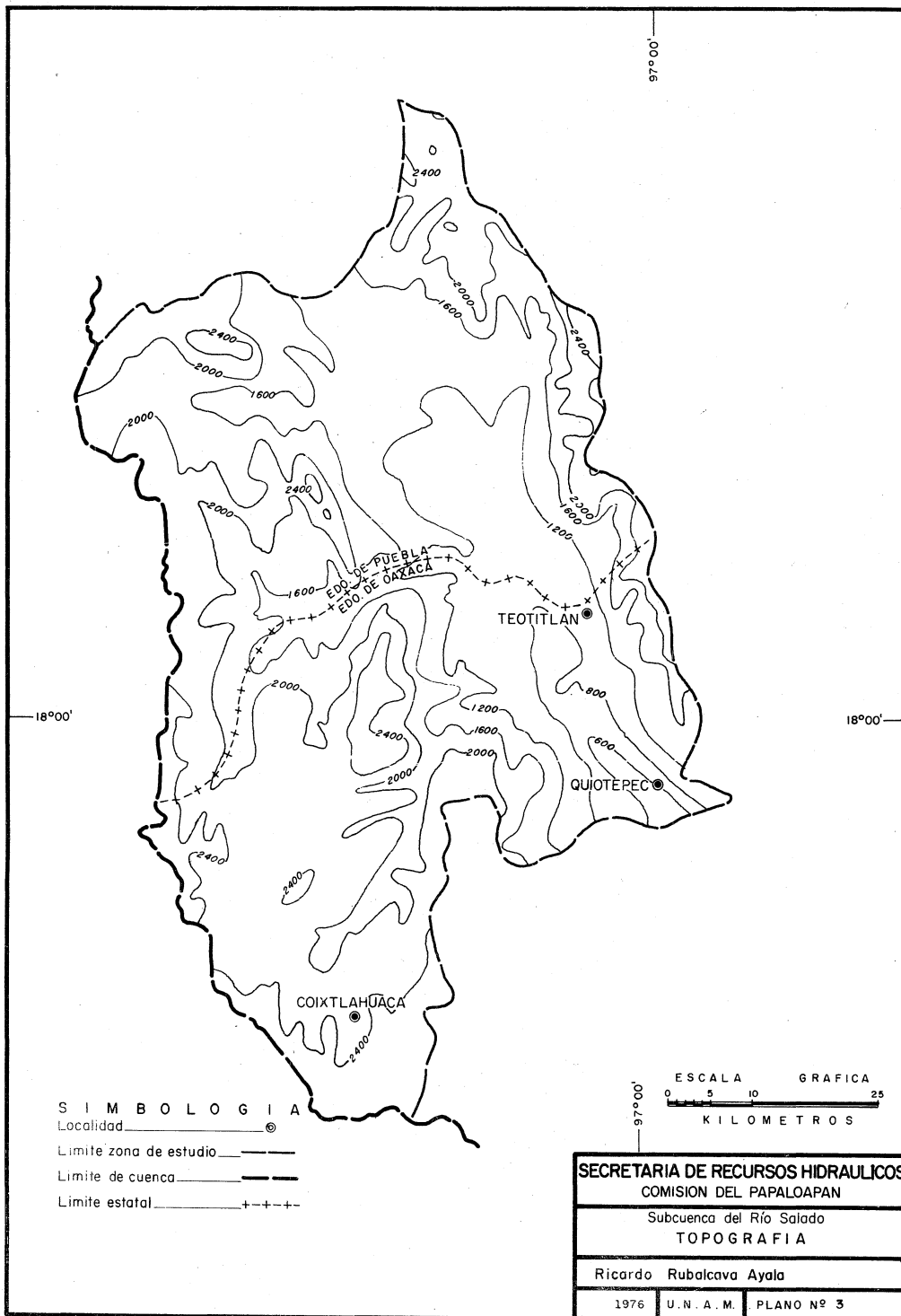
b). La Depresión o Cañada Oaxaqueña que es -- una depresión natural que puede considerarse como una -- prolongación del valle de Oaxaca que separa a la Sierra-Madre Oriental de la Sierra de la línea divisoria de las aguas, constituida por formaciones detríticas y lacus-- tres de gneiss y calizas, areniscas y arena arcillosas. -- Que constituyen el fondo del valle del río Salado, pre-- sentando una topografía ligeramente ondulada y de lome-- ríos con pendientes que varían del 1% al 25%.



c). La Sierra de la línea divisoria de las --  
aguas recibe los nombres regionales de Tentzo y Tamazula  
pan en los estados de Puebla y Oaxaca. al oeste de la Ca-  
ñada Oaxaqueña, compuesta principalmente por formaciones  
de gneiss. Presentando una topografía escarpada y surca-  
da por barrancas.

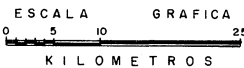
Las depresiones presentan un declive que se --  
inicia en la población de Tehuacán con una altitud de --  
1 676 m.s.n.m., el que va descendiendo hasta los 500 m.-  
s.n.m., en la estación hidrométrica de La Junta, por lo-  
que se registra un desnivel de 1 176 m.

En dichas depresiones se observa que su por- -  
ción noroeste-centro está constituida por un amplio va- -  
lle, el cual conforme se avanza hacia el sureste se va -  
haciendo más estrecho hasta formar los Cañones de los --  
Cues y Tecomovaca.



**S I M B O L O G I A**

- Localidad
- Limite zona de estudio
- Limite de cuenca
- Limite estatal



<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
<b>TOPOGRAFIA</b>		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO Nº 3

## CLIMA

En la subcuenca del río Salado se encuentran -  
ubicadas 24 estaciones climatológicas, 6 de ellas se lo-  
calizan en el Distrito de Riego del río Salado de las que  
se tomó información registrada durante el período 1961--  
1970, <sup>26/</sup> en donde se hace un análisis de los fenómenos-  
meteorológicos que la afectan <sup>27/</sup>, así como de las condi-  
ciones climatológicas que influyen en el desarrollo de -  
la agricultura.

## TEMPERATURA

La temperatura media mensual de enero se regis-  
tra al sureste de la población de Tehuacán (15°C), incre-  
mentándose según se avanza hacia la Cañada hasta alcan-  
zar 21°C en el lugar denominado Quotepec; esta diferen-  
cia es provocada por el desnivel que se presenta entre -  
ambas localidades. Además en las partes altas de la de-  
presión generalmente las temperaturas son inferiores a -  
los 15°C.

---

<sup>26/</sup> S.R.H. Comisión del Papaloapan, Boletines Hidromé-  
tricos Nums. 14, 15, 16, 17, y 18, México. 1961, 1970

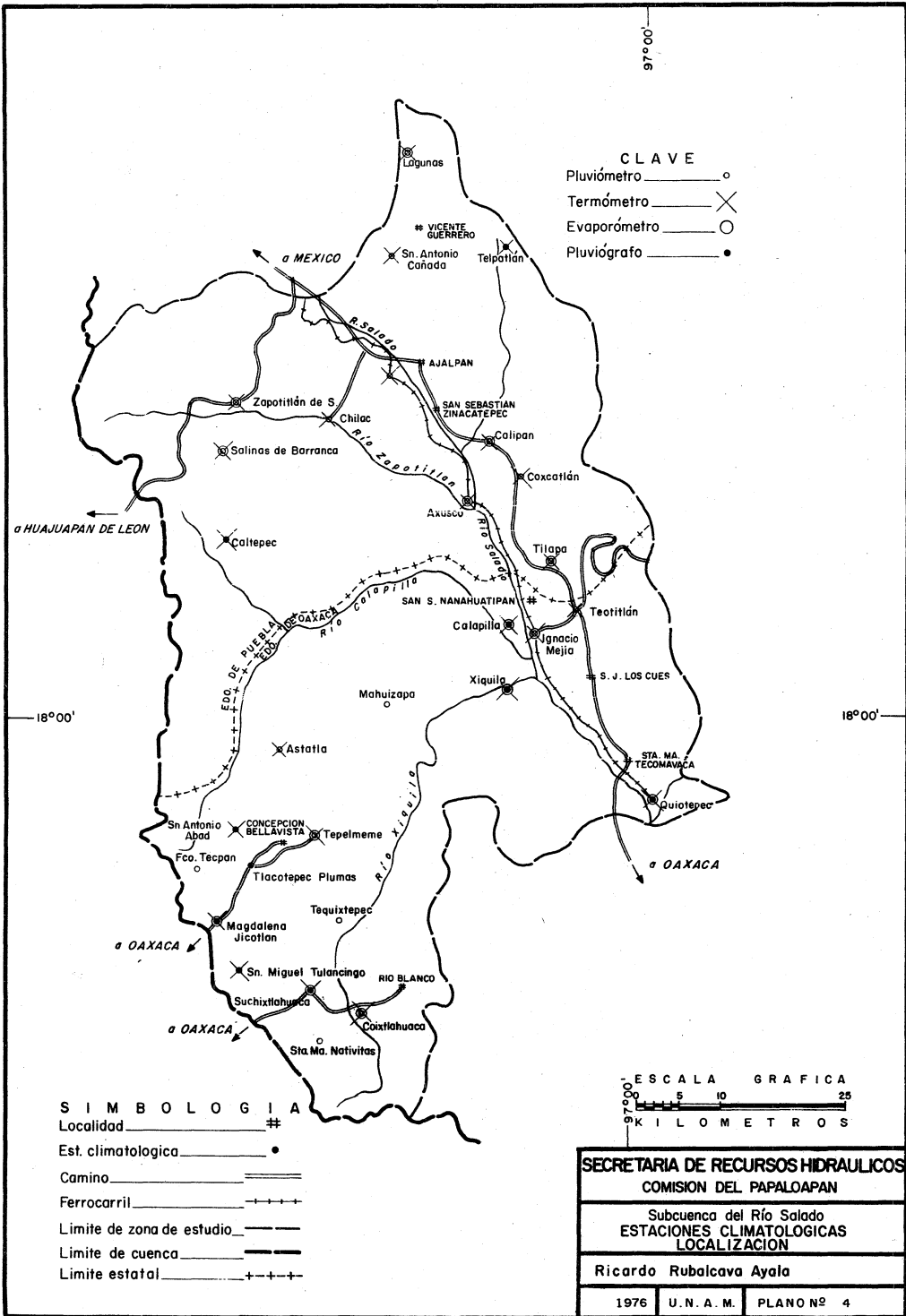
<sup>27/</sup> S.R.H. Comisión del Papaloapan. Atlas Climatológico  
e Hidrológico de la Cuenca del Papaloapan. México -  
1975.

En cuanto a las temperaturas media mensual de mayo que aparecen en la zona, cubren la mayor superficie de la depresión, observandose que aumentan de noroeste a sureste, a partir del sur de Tehuacan con una isoterma de  $22^{\circ}\text{C}$  hasta llegar a los  $28^{\circ}\text{C}$  en la población de Quiotepec. En las partes altas del norte y sur de la depresión se presentan temperaturas inferiores a los  $22^{\circ}\text{C}$ .

Al referirnos a la temperatura media anual de la zona, se observa que en la parte baja se registra un aumento de noroeste a sureste, además conforme se va descendiendo por la Cañada, las temperaturas varían de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$  determinándose por ello como una zona semicálida.

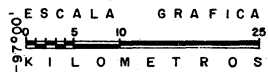
Conforme se asciende por las laderas de la depresión se observa que las temperaturas disminuyen con la altura, registrándose datos inferiores a los  $18^{\circ}\text{C}$ , -- que corresponde a una zona templada.

Por otro lado en el Distrito de Riego del río Salado se observan diferentes temperaturas medias mensuales en las estaciones, en invierno van de los  $19^{\circ}\text{C}$  a  $23^{\circ}\text{C}$ ; en la primavera se registran variaciones de  $23^{\circ}\text{C}$  a --  $29^{\circ}\text{C}$ ; hay que hacer notar que durante el verano y otoño las temperaturas registran valores decrecientes, pasando de  $28^{\circ}\text{C}$  a  $23^{\circ}\text{C}$  y de  $27^{\circ}\text{C}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ ., respectivamente.

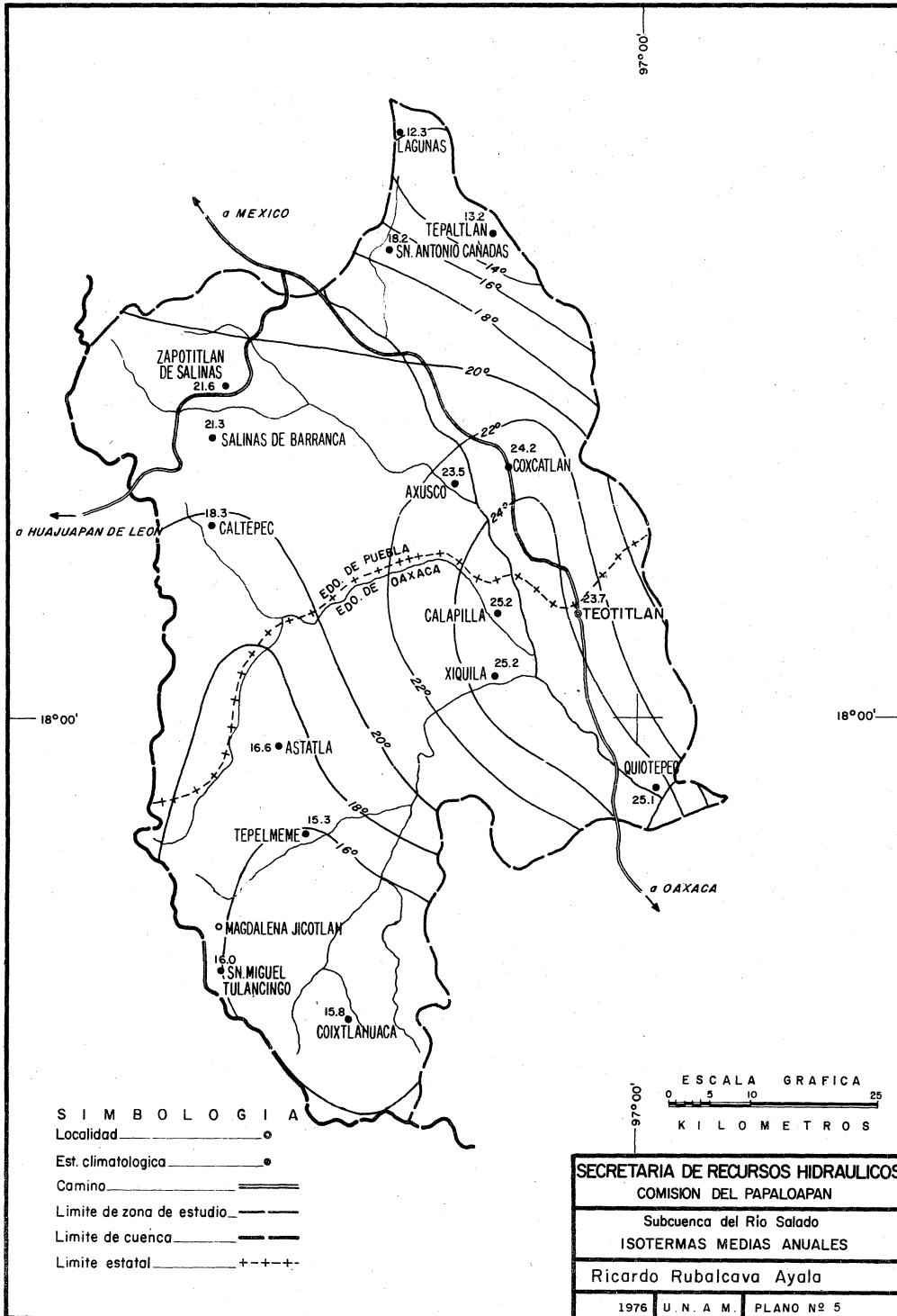


- CLAVE**
- Pluviómetro \_\_\_\_\_ ○
  - Termómetro \_\_\_\_\_ ×
  - Evaporómetro \_\_\_\_\_ ○
  - Pluviógrafo \_\_\_\_\_ ●

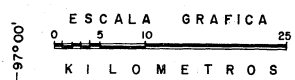
- SIMBOLOGIA**
- Localidad \_\_\_\_\_ #
  - Est. climatologica \_\_\_\_\_ ●
  - Camino \_\_\_\_\_
  - Ferrocarril \_\_\_\_\_ + + + +
  - Limite de zona de estudio \_\_\_\_\_
  - Limite de cuenca \_\_\_\_\_
  - Limite estatal \_\_\_\_\_ + + + +



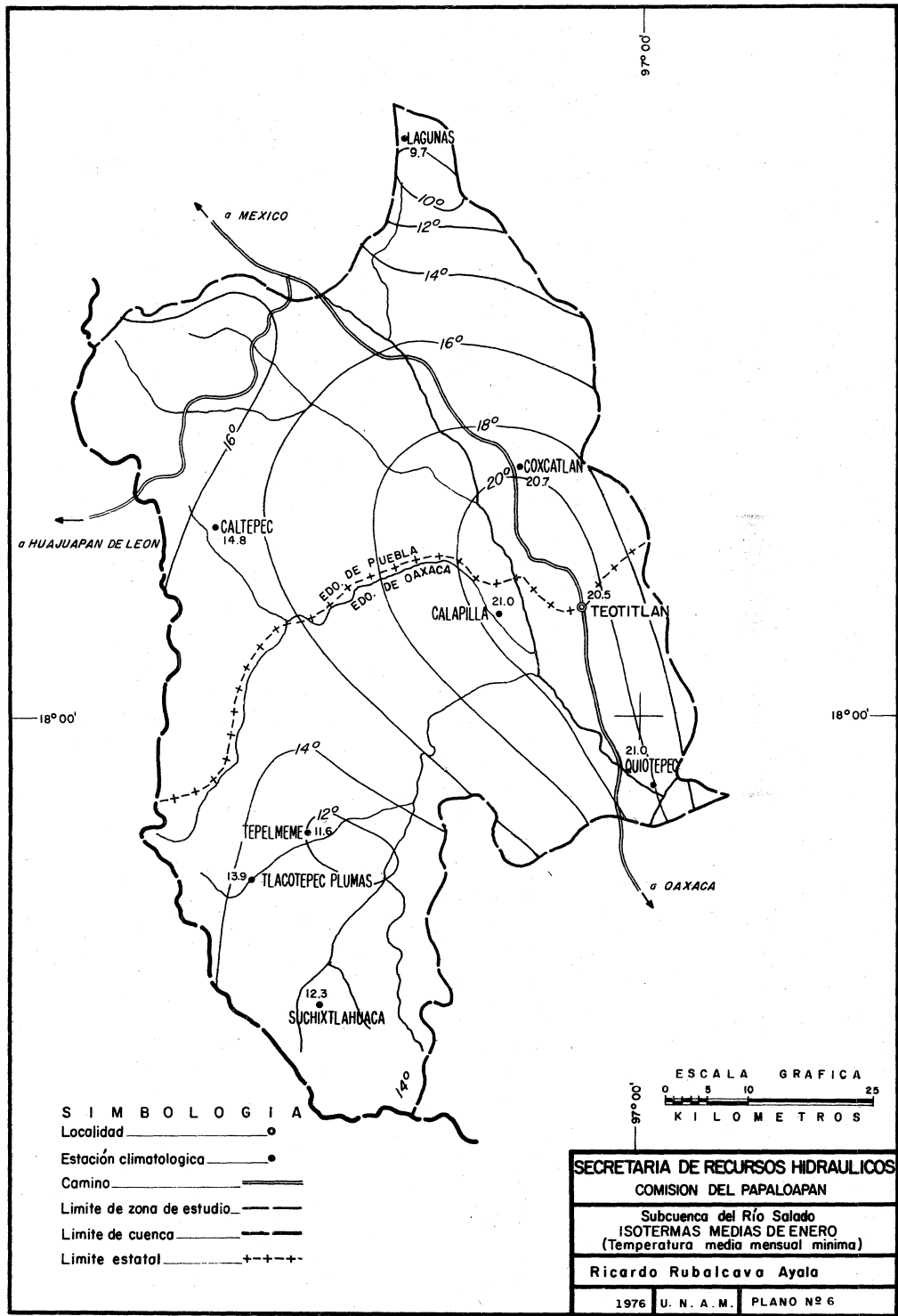
SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
ESTACIONES CLIMATOLOGICAS		
LOCALIZACION		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO Nº 4



- SIMBOLOGIA**
- Localidad  ●
  - Est. climatologica  ●
  - Camino
  - Limite de zona de estudio
  - Limite de cuenca
  - Limite estatal  + + + +



<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
ISOTERMAS MEDIAS ANUALES		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO Nº 5



- S I M B O L O G I A**
- Localidad  ●
  - Estación climatológica  ●
  - Camino
  - Limite de zona de estudio
  - Limite de cuenca
  - Limite estatal  +-+-

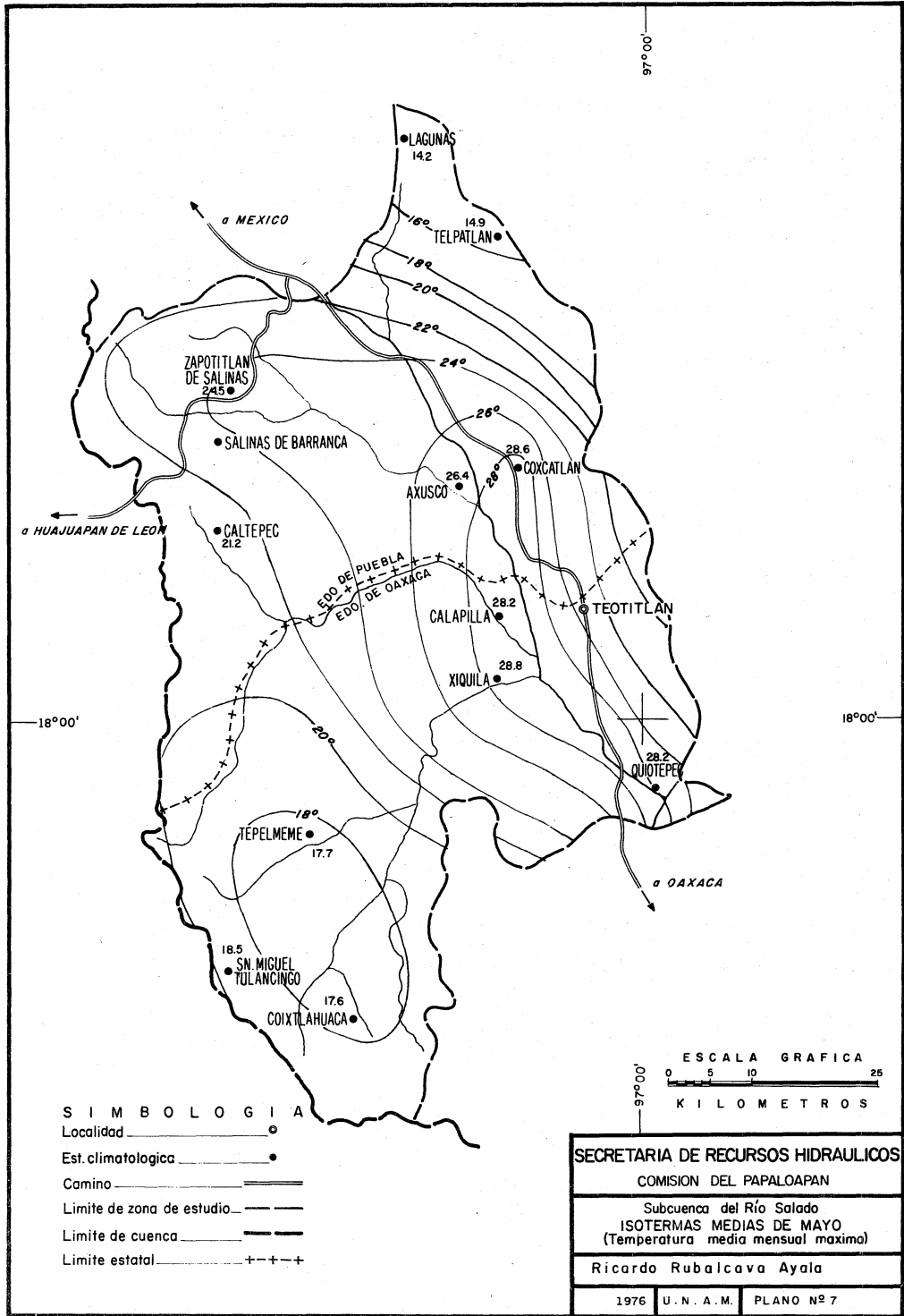


**SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS**  
**COMISION DEL PAPALOAPAN**

Subcuenca del Río Salado  
**ISOTERMAS MEDIAS DE ENERO**  
 (Temperatura media mensual minima)

**Ricardo Rubalcava Ayala**

1976 U. N. A. M. PLANO N° 6

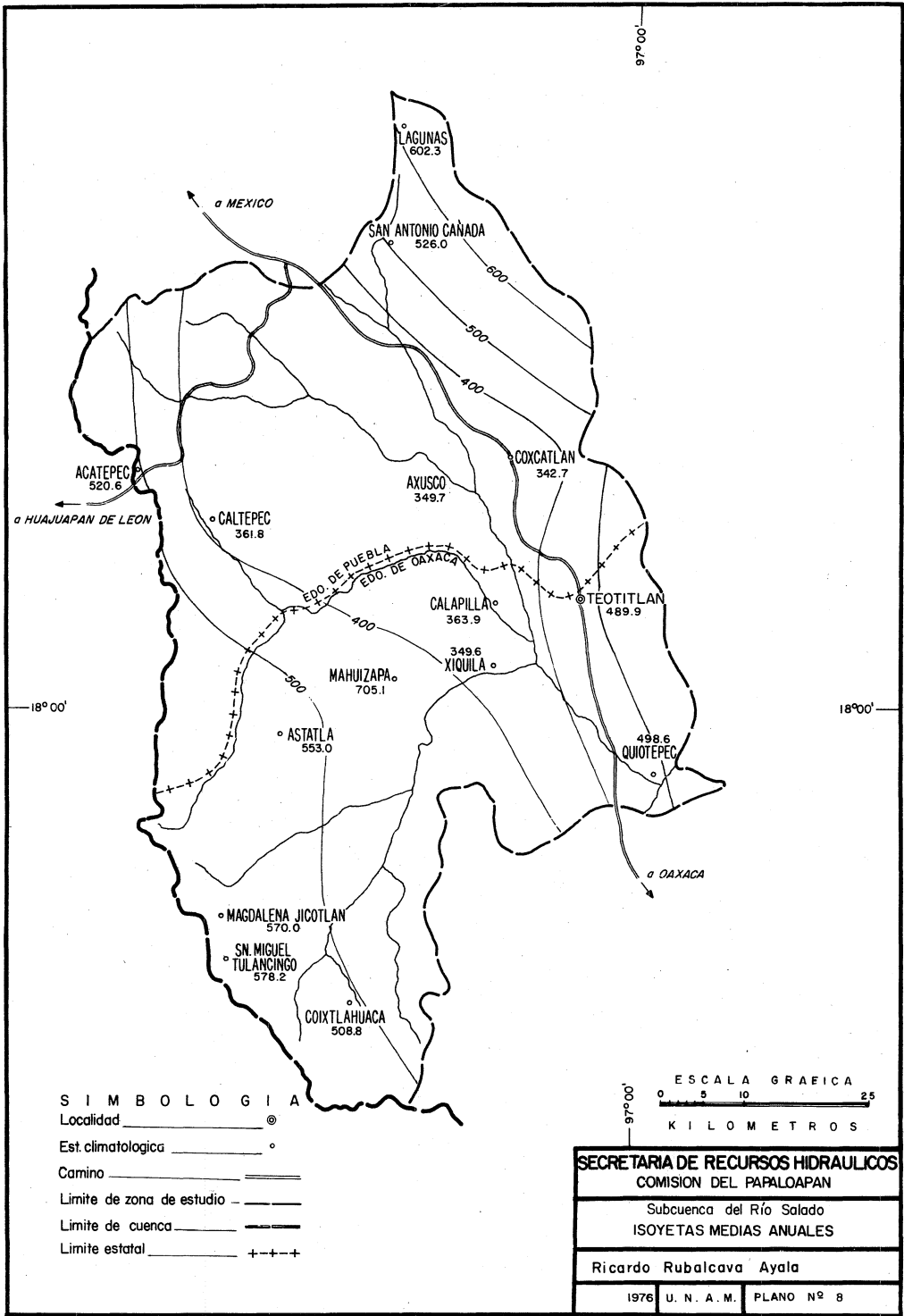


**S I M B O L O G I A**

- Localidad  ●
- Est. climatologica  ●
- Camino
- Limite de zona de estudio
- Limite de cuenca
- Limite estatal  + + + +

<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPAHOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
ISOTERMAS MEDIAS DE MAYO (Temperatura media mensual maxima)		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N° 7





Estas temperaturas medias mensuales antes dichas en el valle de la subcuenca, favorecen el crecimiento vegetativo de la caña de azúcar. Ya que requiere para su desarrollo normal una temperatura que oscile entre  $21^{\circ}\text{C}$  y  $38^{\circ}\text{C}$ .

Por su parte la temperatura media mensual mínima que se registra en las estaciones del distrito de riego, aparecen durante los meses de noviembre a febrero varía de  $2^{\circ}\text{C}$  a  $9^{\circ}\text{C}$ , siendo enero el mes más frío con temperaturas de  $3^{\circ}\text{C}$  a  $6.5^{\circ}\text{C}$ . Como resultado de estas condiciones se observa un lento crecimiento en el cultivo principal de la región que es la caña de azúcar.

La temperatura máxima media mensual en el distrito de riego, se presenta durante la primavera que comprende los meses de marzo a junio. en los que se observa un aumento de temperatura de noroeste a sureste de  $42^{\circ}\text{C}$  a  $45^{\circ}\text{C}$ .

Cuando se presentan estas condiciones el desarrollo de la caña de azúcar adquiere su mayor nivel.

#### PRECIPITACIÓN.

En la subcuenca del río Salado es de gran importancia la cuantificación y distribución de la precipi-

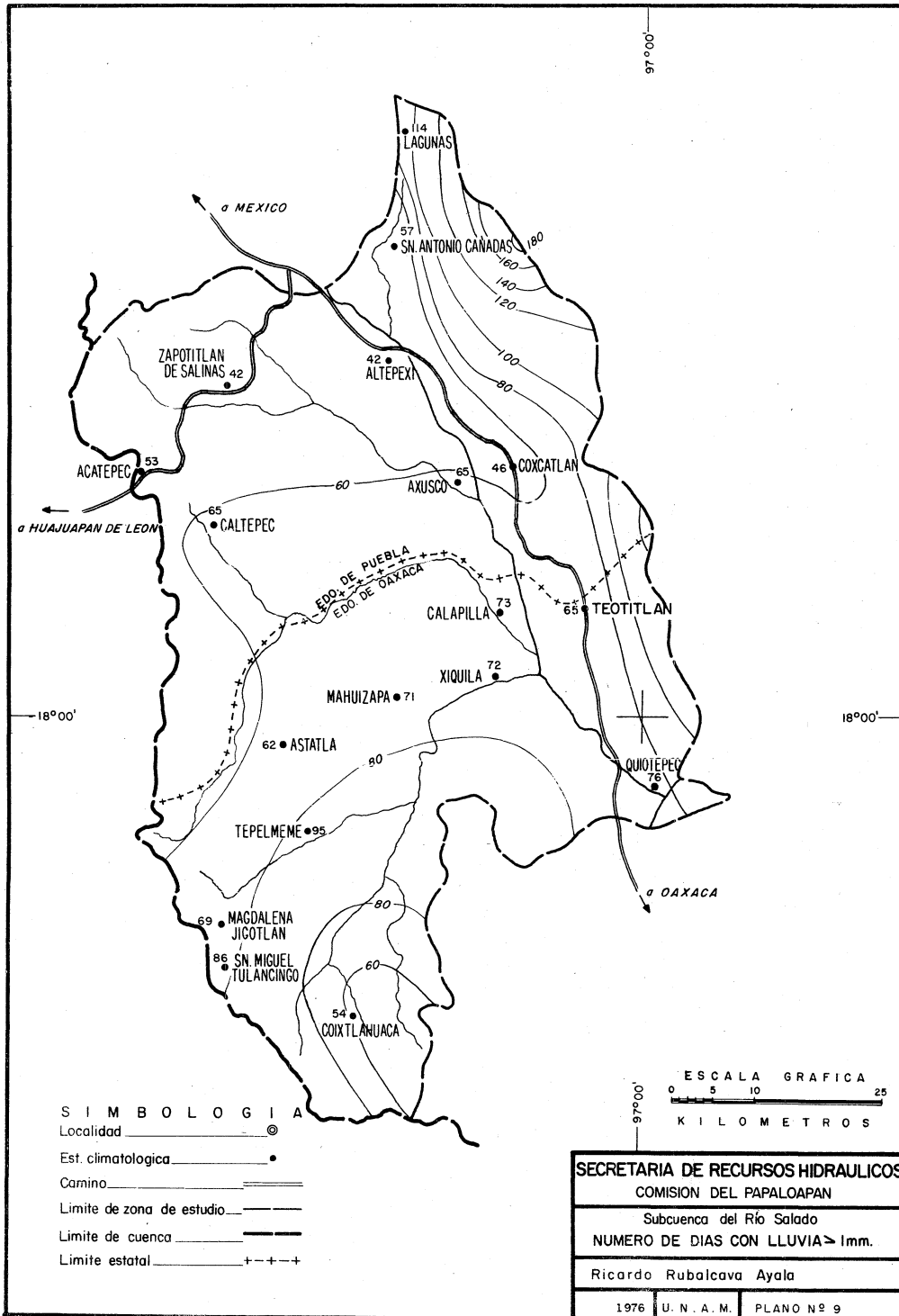
pitación, para el mejor aprovechamiento del recurso, pues de ésta depende el desenvolvimiento de la agricultura tanto de temporal como de riego.

La precipitación en la región esta influenciada por la Sierra Madre Oriental, ya que impide el paso de los vientos húmedos procedentes del Golfo de México, que al chocar con la ladera oriental sufren un enfriamiento adiabático, se forman nubes y hay precipitación, mientras que en la parte occidental que da forma a la de presión, los vientos que logran introducirse son calenta dos adiabáticamente lo cual provoca un descenso en la precipitación.

Las estaciones climatológicas registran una precipitación inferior a los 600 mm. anuales en toda la subcuenca; encontrándose distribuida de la siguiente manera:

La isoyeta media anual de 400 mm. se extiende por la parte baja del valle y limitando al distrito de riego, y en la parte montañosa de la depresión aparecen las isoyetas de 500 y 600 mm.

Al analizar los datos de las estaciones localizadas dentro del distrito, se aprecia que la distribución anual de la precipitación es irregular.



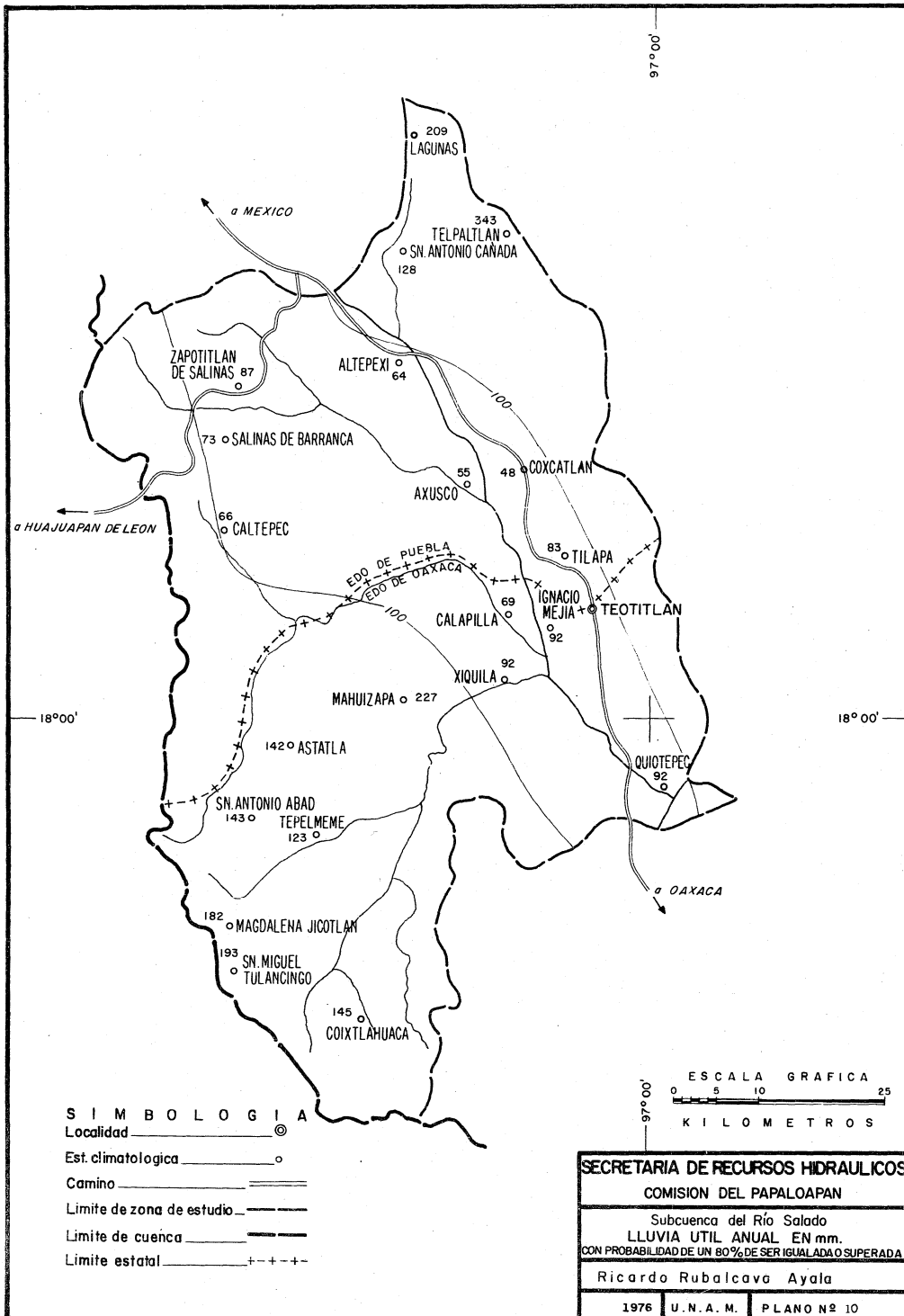
**SIMBOLOGIA**

- Localidad \_\_\_\_\_ ●
- Est. climatologica \_\_\_\_\_ ●
- Camino \_\_\_\_\_
- Limite de zona de estudio \_\_\_\_\_
- Limite de cuenca \_\_\_\_\_
- Limite estatal \_\_\_\_\_ + + + +

Sin embargo, la estación más lluviosa es verano, lo que hace que esta estación sea la más húmeda; - - mientras que en el resto del año las precipitaciones son escasas; dando como resultado que al otoño se le clasifique como semiseco y al invierno y primavera como estaciones secas.

Respectoa al número de días en los cuales se - registra una lluvia mayor de >1 mm., se tiene que en la parte noroeste son menos de 60 días anuales: en la porción central y en el distrito predomina una variación de 60 a 80 días; en el sur el período abarca 80 días y en la zona montañosa oriental se observa que el número de - días es superior a los 80.

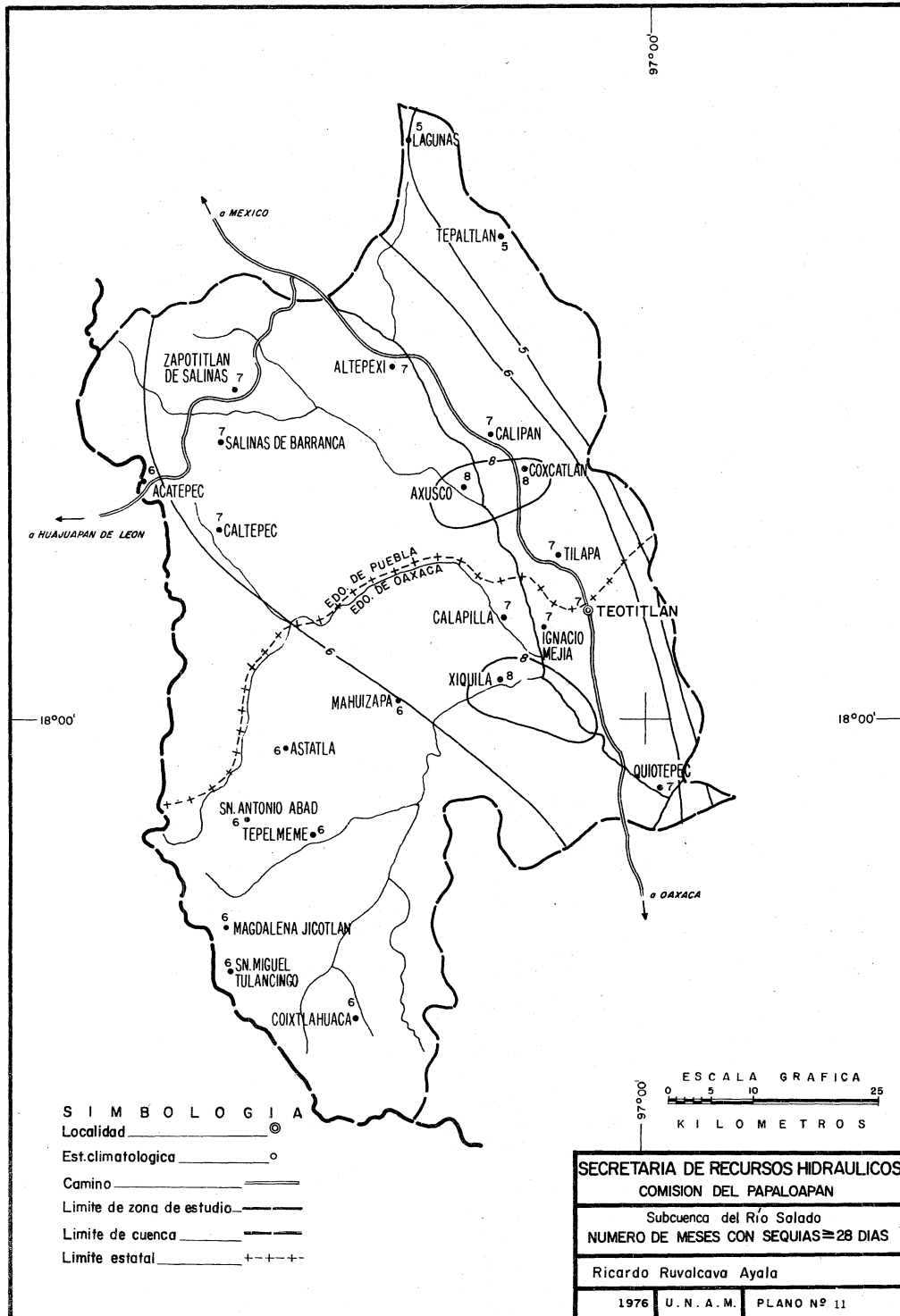
Al analizar la distribución de la probabilidad de lluvias anual se encontró que en la zona de estudio - fue de un 90%, de probabilidad de ocurrencia que es igual o mayor a 24 mm., apareciendo una línea del 100% que corre de noroeste a sureste que comprende la parte baja -- del valle y del distrito de riego. También se encontró que existe un incremento de probabilidad de ocurrencia - de lluvia útil anual en cada estación, y que las mejores condiciones de probabilidad de lluvia útil se den en la parte montañosa de la depresión.



- S I M B O L O G I A**
- Localidad
  - Est. climatologica
  - Camino
  - Limite de zona de estudio
  - Limite de cuenca
  - Limite estatal

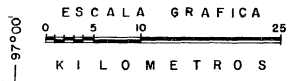
ESCALA GRAFICA  
0 5 10 25  
KILOMETROS

<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
<b>COMISION DEL PAPALOAPAN</b>		
Subcuenca del Río Salado		
LLUVIA UTIL ANUAL EN mm.		
CON PROBABILIDAD DE UN 80% DE SER IGUALADA O SUPERADA		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N° 10



**SIMBOLOGIA**

- Localidad  ●
- Est. climatologica  ○
- Camino  ———
- Limite de zona de estudio  - - - - -
- Limite de cuenca  ———
- Limite estatal  + + + + +



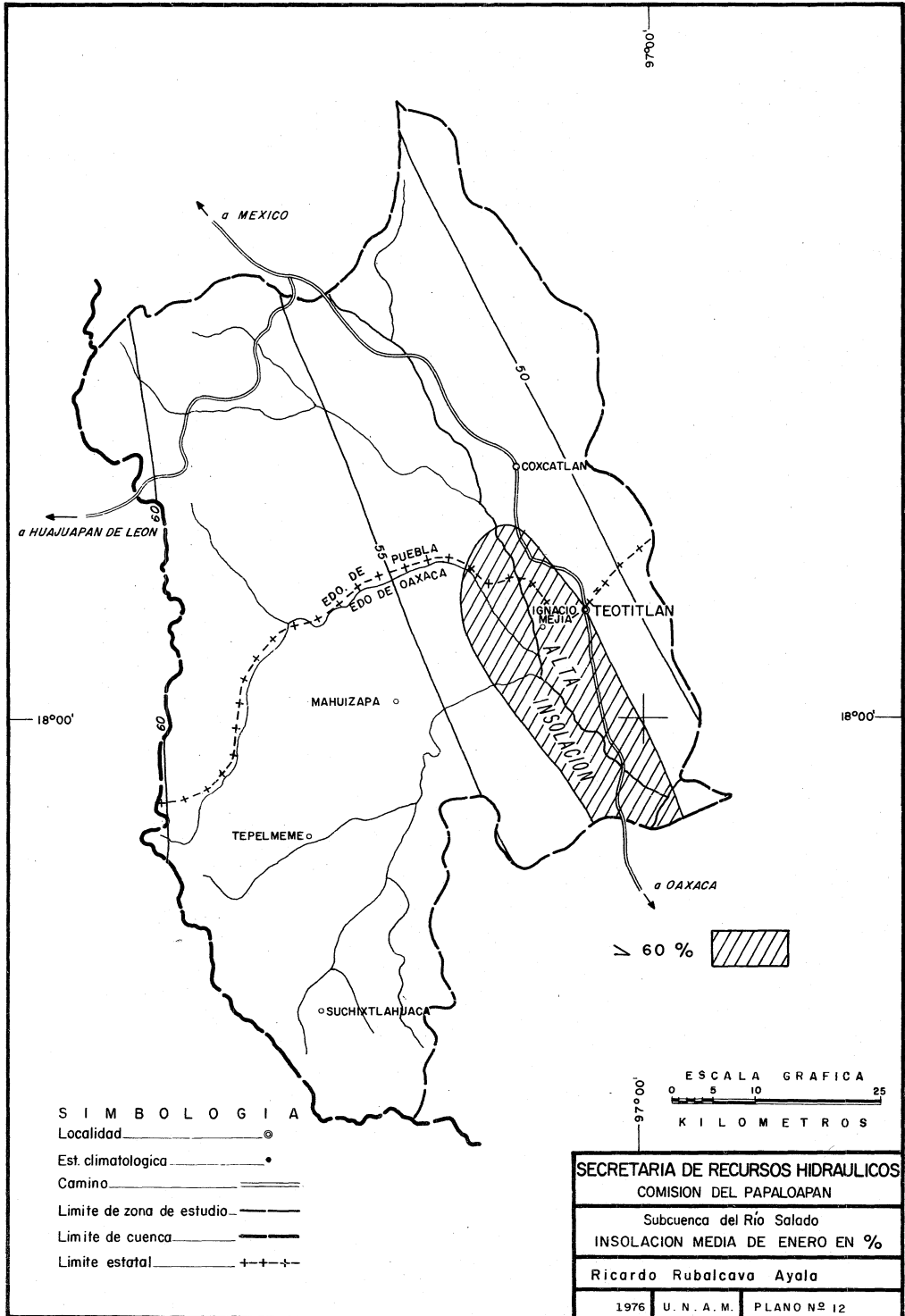
La parte central de la depresión y de noroeste a sureste se encuentra limitada por la línea de 6 meses de sequía que alcanza aproximadamente 28 días; que corresponde a las estaciones de invierno y primavera sin embargo en algunos lugares de la parte baja de la zona y en el distrito de riego se registra una variación de 6 a 8 meses. Por esta razón se requiere de riego en el cultivo de la caña de azúcar.

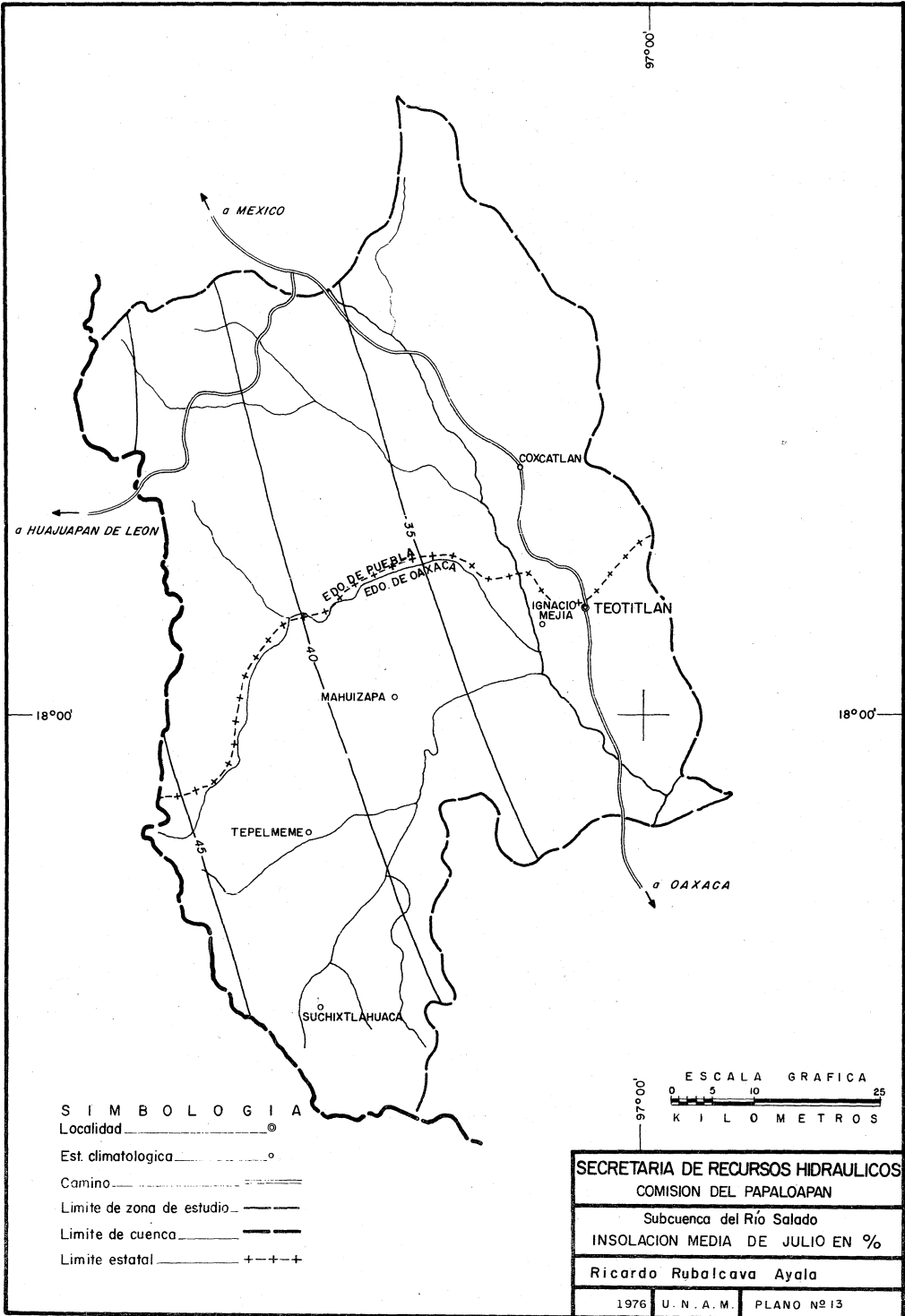
#### INSOLACION.

El registro medio de insolación en enero dentro de la subcuenca esta representada en su totalidad por más del 50%, "los valores de la insolación anual y mensual están dados en porcentajes con respecto a la duración media posible;" de insolación durante el mes. Pero se encuentra una área con un promedio mayor del 60% que corresponde a una zona de alta insolación, localizada en la parte centro-sureste del distrito de riego, siendo este el mes de máxima insolación.

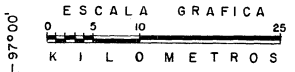
En el mes de julio la subcuenca sufre una disminución en su insolación media de este a oeste, presentando una variación del 35% al 45%, ocasionada por la nubosidad provocada por los residuos de los vientos húmedos del Golfo en el verano. Representando el mes de mĩ-



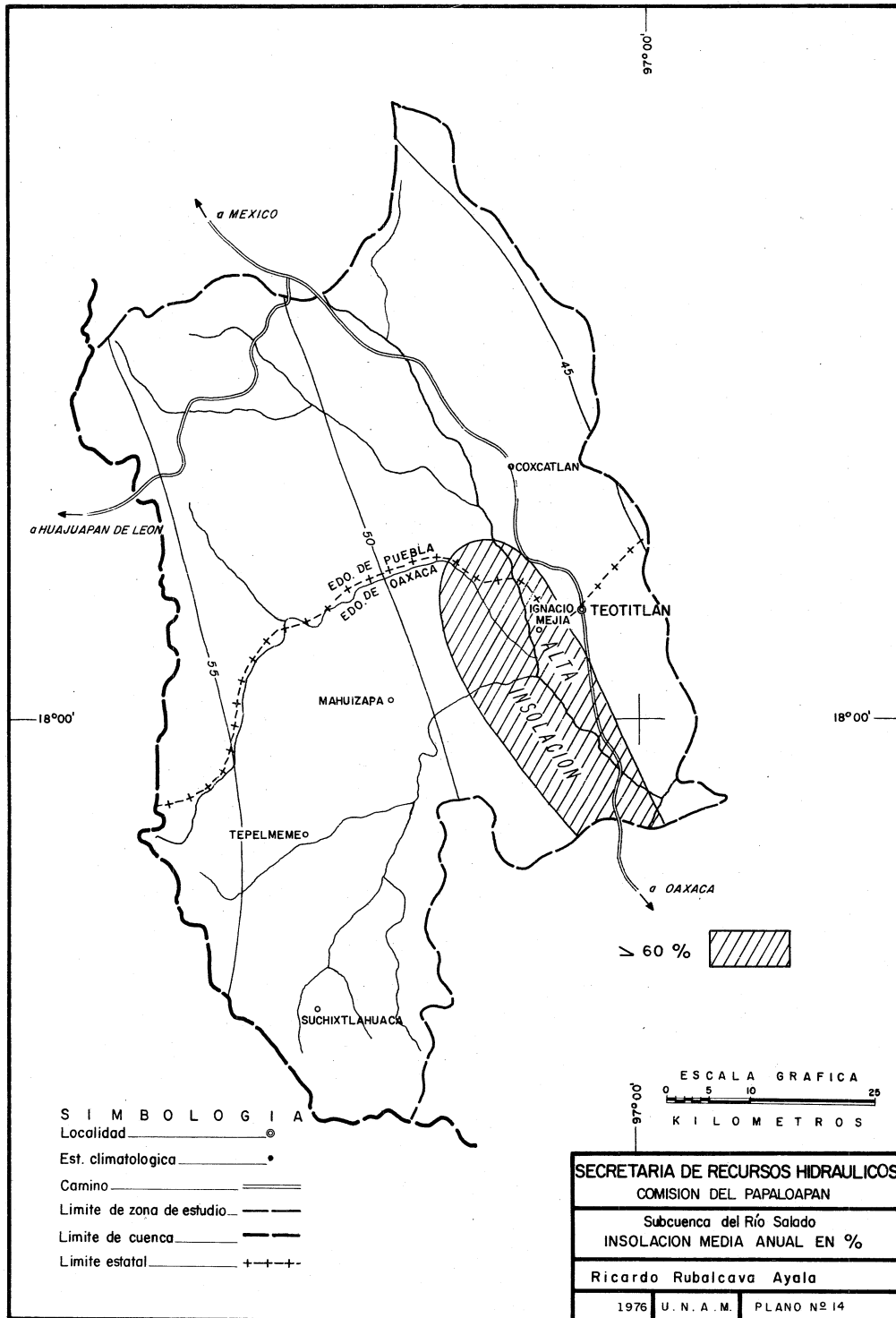




- SIMBOLOGIA**
- Localidad  ○
  - Est. climatologica  °
  - Camino
  - Limite de zona de estudio
  - Limite de cuenca
  - Limite estatal  + + + +

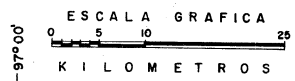


<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
INSOLACION MEDIA DE JULIO EN %		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO Nº 13



- S I M B O L O G I A**
- Localidad  ○
  - Est. climatologica  •
  - Camino
  - Limite de zona de estudio
  - Limite de cuenca
  - Limite estatal  + + + +

≥ 60 %



<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
INSOLACION MEDIA ANUAL EN %		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N° 14

nima insolación.

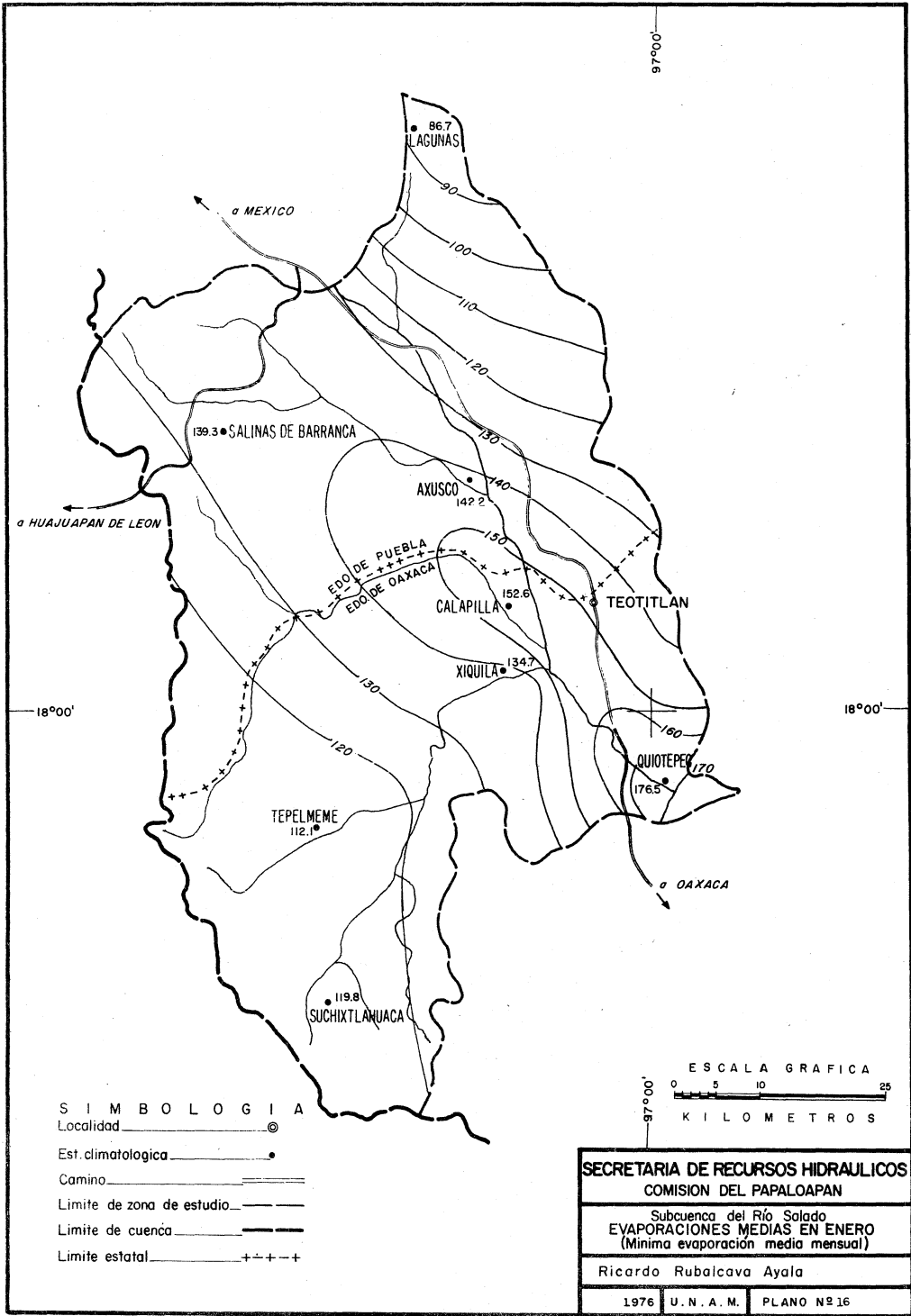
En lo concerniente a la insolación media anual en la subcuenca, se registra un incremento del 45% (este) al 55% (oeste), encontrándose dividida por el 50%. Una vez más se localiza la zona de alta insolación mayor de 60% en la parte centro-sureste del distrito. La razón principal que se observa en esta zona son las condiciones meteorológicas imperantes durante todo el año.

Como en el caso de los factores anteriores, la insolación tiene una gran importancia en el crecimiento de la caña de azúcar, y en esta ocasión se presenta favorable para su desarrollo.

#### EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION.

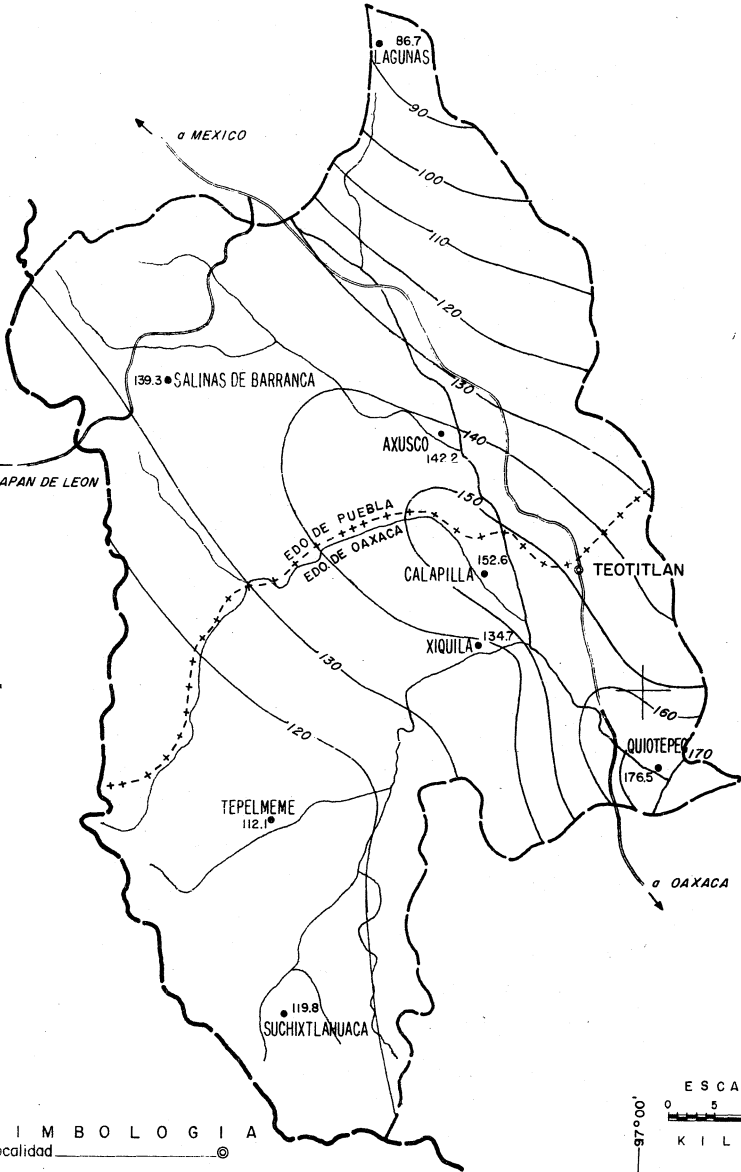
En la subcuenca del río Salado la evaporación media de enero está determinada por la influencia de las temperaturas que se registran durante este mes: observándose que en la parte baja del valle y en el distrito de riego se presenta una evaporación superior incrementándose de noroeste a sureste de 130 mm. a 180 mm. respectivamente, disminuyéndose con la altitud, tanto en el norte como en el sur de la subcuenca.

En el mes de mayo la evaporación media aumenta



**S I M B O L O G I A**

- Localidad \_\_\_\_\_ ⊙
- Est. climatologica \_\_\_\_\_ ●
- Camino \_\_\_\_\_
- Limite de zona de estudio \_\_\_\_\_
- Limite de cuenca \_\_\_\_\_
- Limite estatal \_\_\_\_\_ + + + +



→ a MEXICO

→ a HUAJUAPAN DE LEON

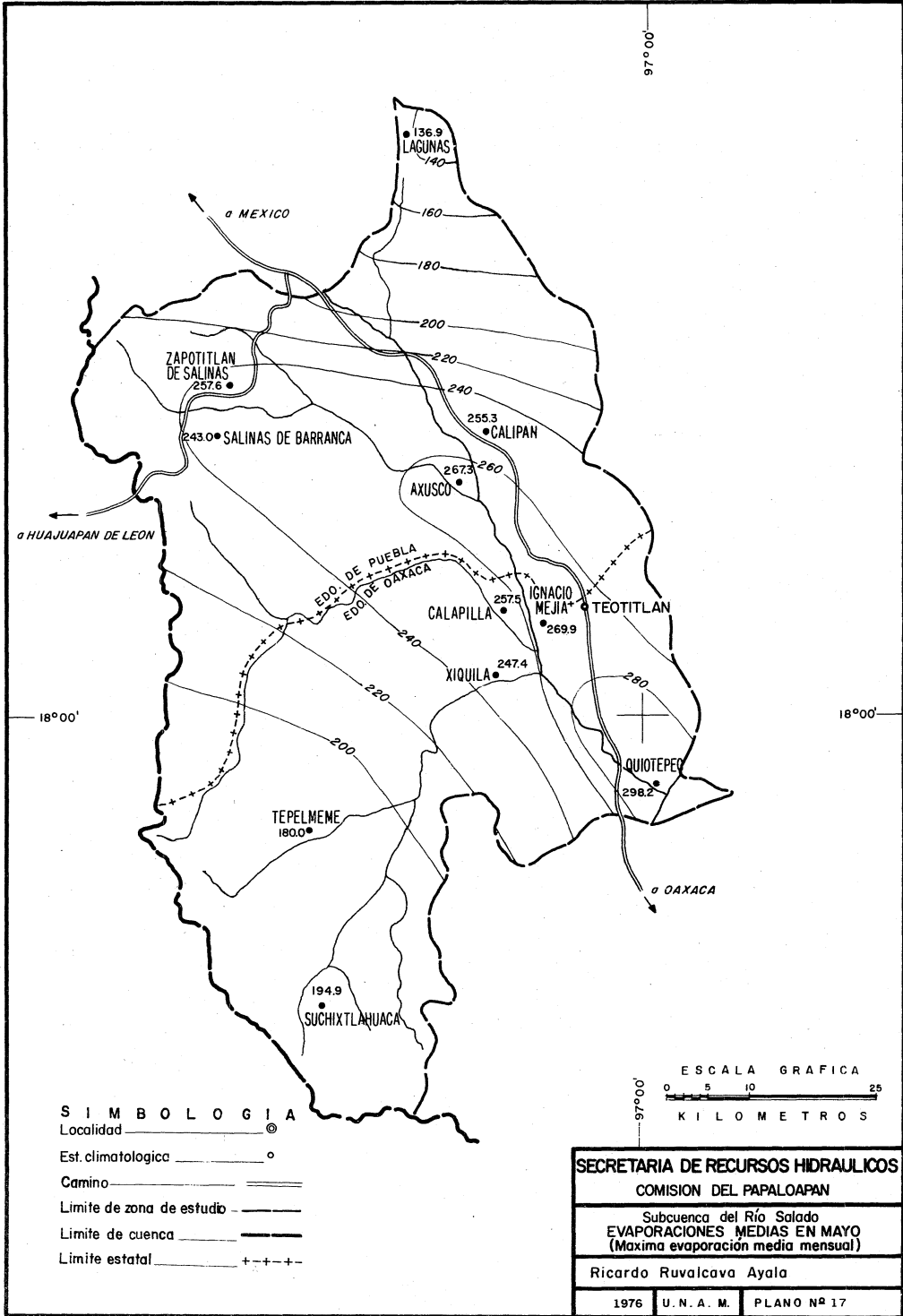
97°00'

18°00'

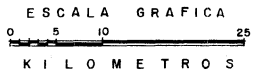
18°00'

97°00'

→ a OAXACA



- SIMBOLOGIA**
- Localidad
  - Est. climatologica
  - Camino
  - Limite de zona de estudio
  - Limite de cuenca
  - Limite estatal

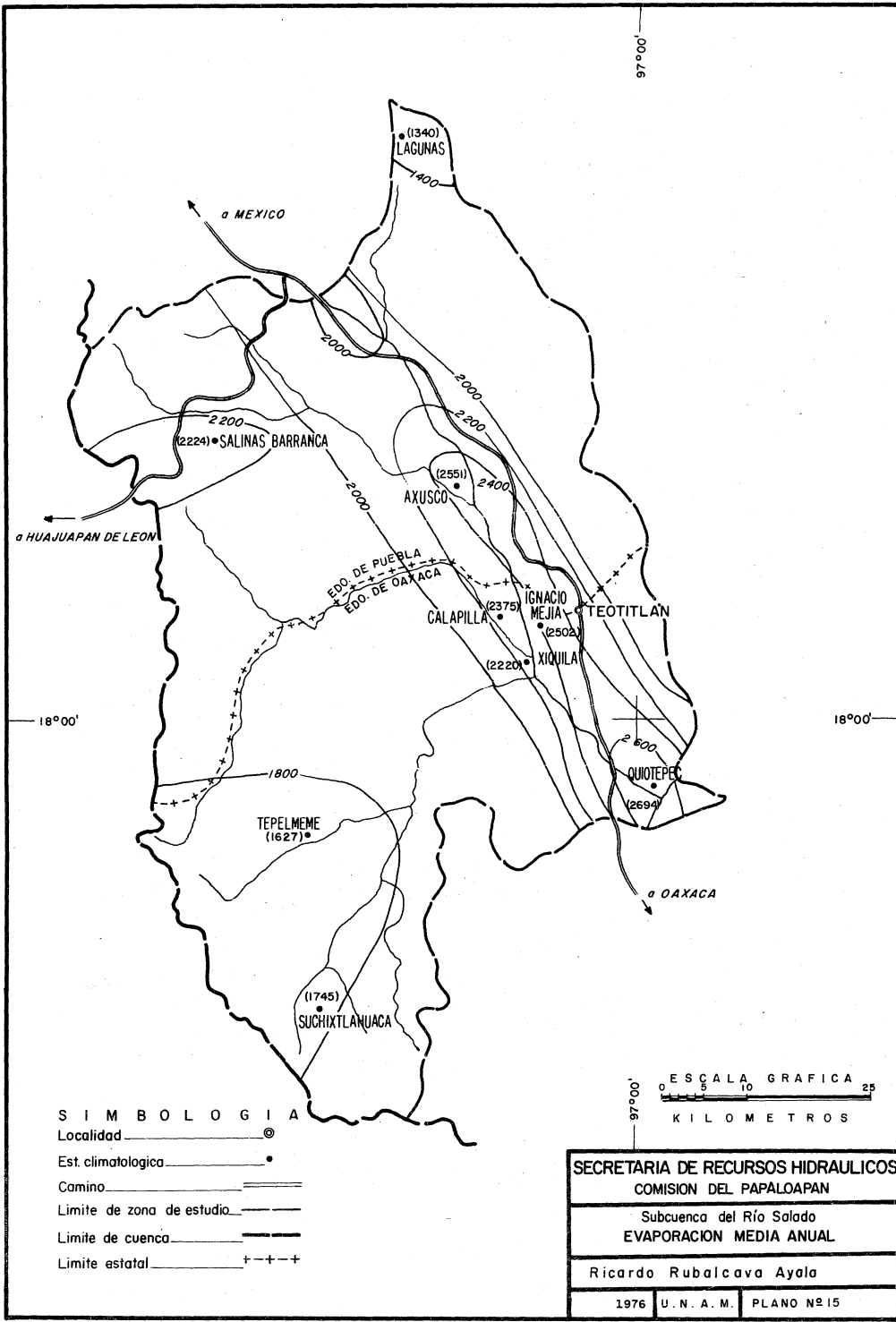


<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado EVAPORACIONES MEDIAS EN MAYO (Maxima evaporación media mensual)		
Ricardo Ruvalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO Nº 17

ya que corresponde al mes más cálido y seco, en el se alcanzan las máximas evaporaciones. Encontrándose que la parte baja del valle y el distrito de riego están limitados por la isombra de 240 mm. aún cuando dentro de este límite se registran aumentos de 240 mm. a 300 mm.; mientras que en la parte montañosa se presenta una disminución.

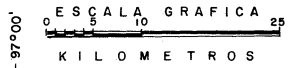
La evaporación media anual en la subcuenca está formada por una faja a ambos lados del río Salado, con una dirección de noroeste a sureste que está limitada por la isombra de 2000 mm. También se presenta un incremento a partir de la isombra anterior en su porción noroeste y conforme disminuye su altitud en la parte sureste aumenta la isombra a los 2 700 mm. Por su parte el resto de la subcuenca se localiza por abajo de los 2 000 mm.

En lo referente a la evapotranspiración anual en la zona de estudio, se observa que es superior a la precipitación, provocando un déficit de lluvia que ha determinado una zona limitada por la línea de 1 350 mm. Localizada en la parte baja del valle. Por su parte el noroeste se encuentra la línea de 1 350 mm. que se va incrementando hasta alcanzar su valor máximo en el sureste de 1 500 mm. En las partes altas se observa que los valores tienden a disminuir.



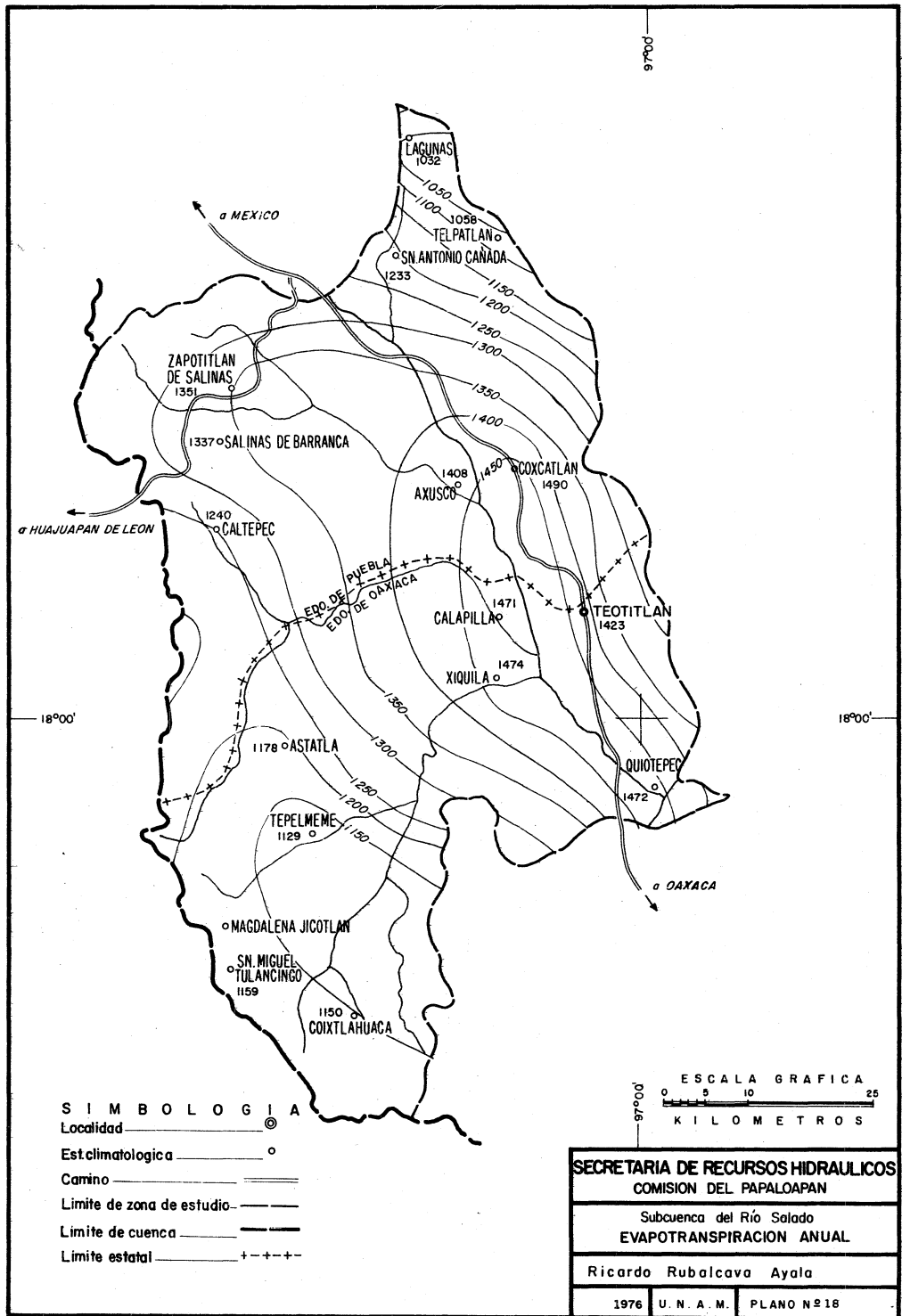
**S I M B O L O G I A**

- Localidad ⊙
- Est. climatologica •
- Camino ———
- Limite de zona de estudio - - - - -
- Limite de cuenca = = = = =
- Limite estatal + - + - +



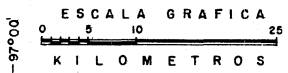
<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
<b>COMISION DEL PAPALOAPAN</b>		
Subcuenca del Río Salado		
<b>EVAPORACION MEDIA ANUAL</b>		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N° 15





**S I M B O L O G I A**

- Localidad
- Est. climatologica
- Camino
- Limite de zona de estudio
- Limite de cuenca
- Limite estatal



<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
<b>EVAPOTRANSPIRACION ANUAL</b>		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N°18

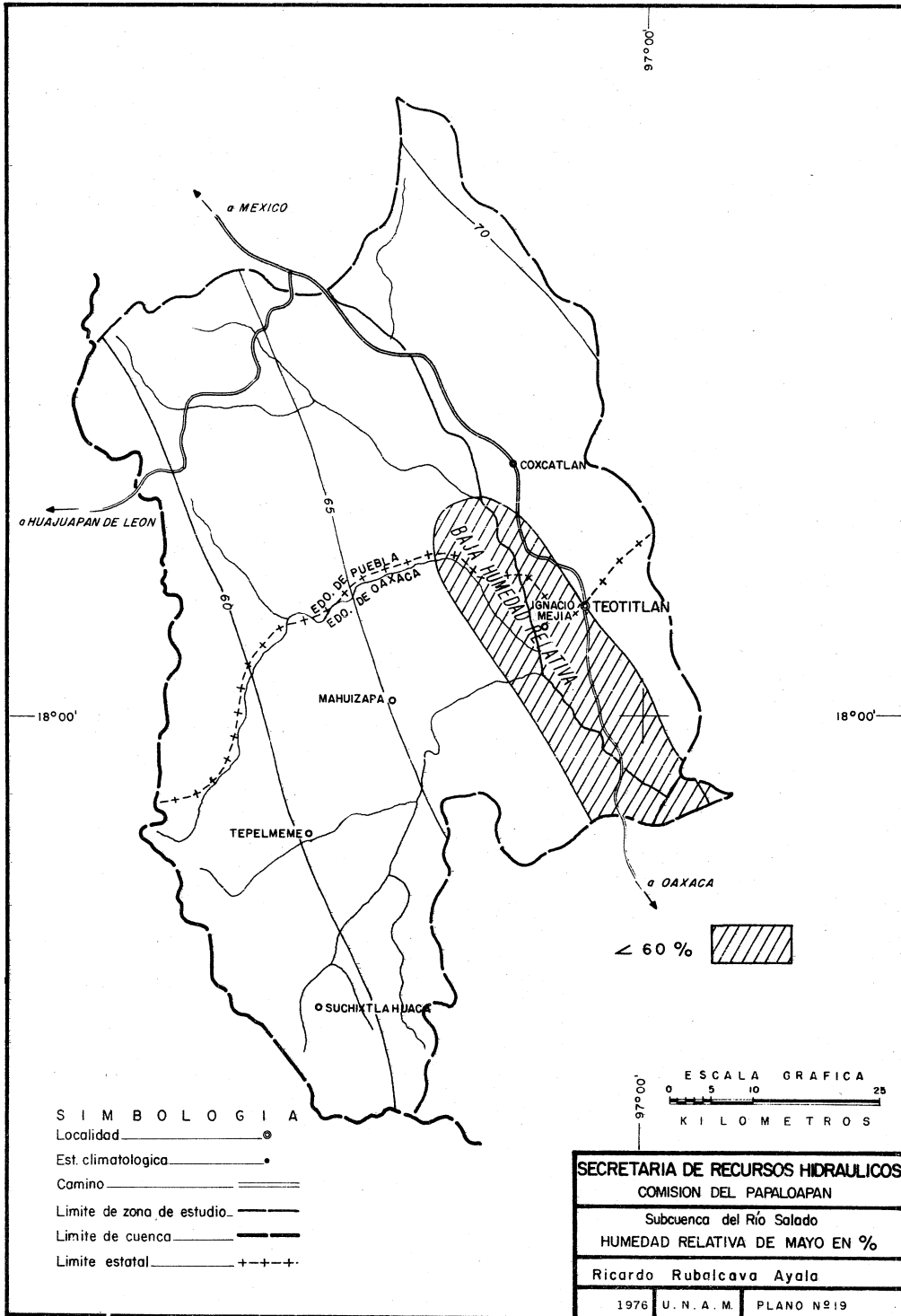
## HUMEDAD.

Otro fenómeno meteorológico que influye en el desarrollo fisiológico de los cultivos y que se encuentra en estrecha relación con la temperatura, evaporación y precipitación es la humedad, que está condicionada a los incrementos y decrementos que sufren estos elementos.

La humedad relativa registrada en el mes de mayo, corresponde al ciclo de primavera, y presenta un incremento de oeste a este que va del 60% al 70%. Pero tanbién se tiene en la parte centro-sureste del distrito de riego una zona de baja humedad relativa menor de 60%, -- originada por las altas temperaturas y la baja precipitación que se registran en el mes. Correspondiéndole la -- mínima humedad relativa.

En toda la subcuenca durante el mes de septiembre la humedad relativa alcanza su máximo valor 75%, debido al paso de la estación lluviosa (verano) y por el -- descenso de temperatura, aunque se observa dentro del -- distrito una zona de baja relativa menor de 60%, ocasionada por las fluctuaciones meteorológicas. Registrando -- se la máxima humedad relativa.

En la subcuenca del río Salado la humedad rela



**SIMBOLOGIA**

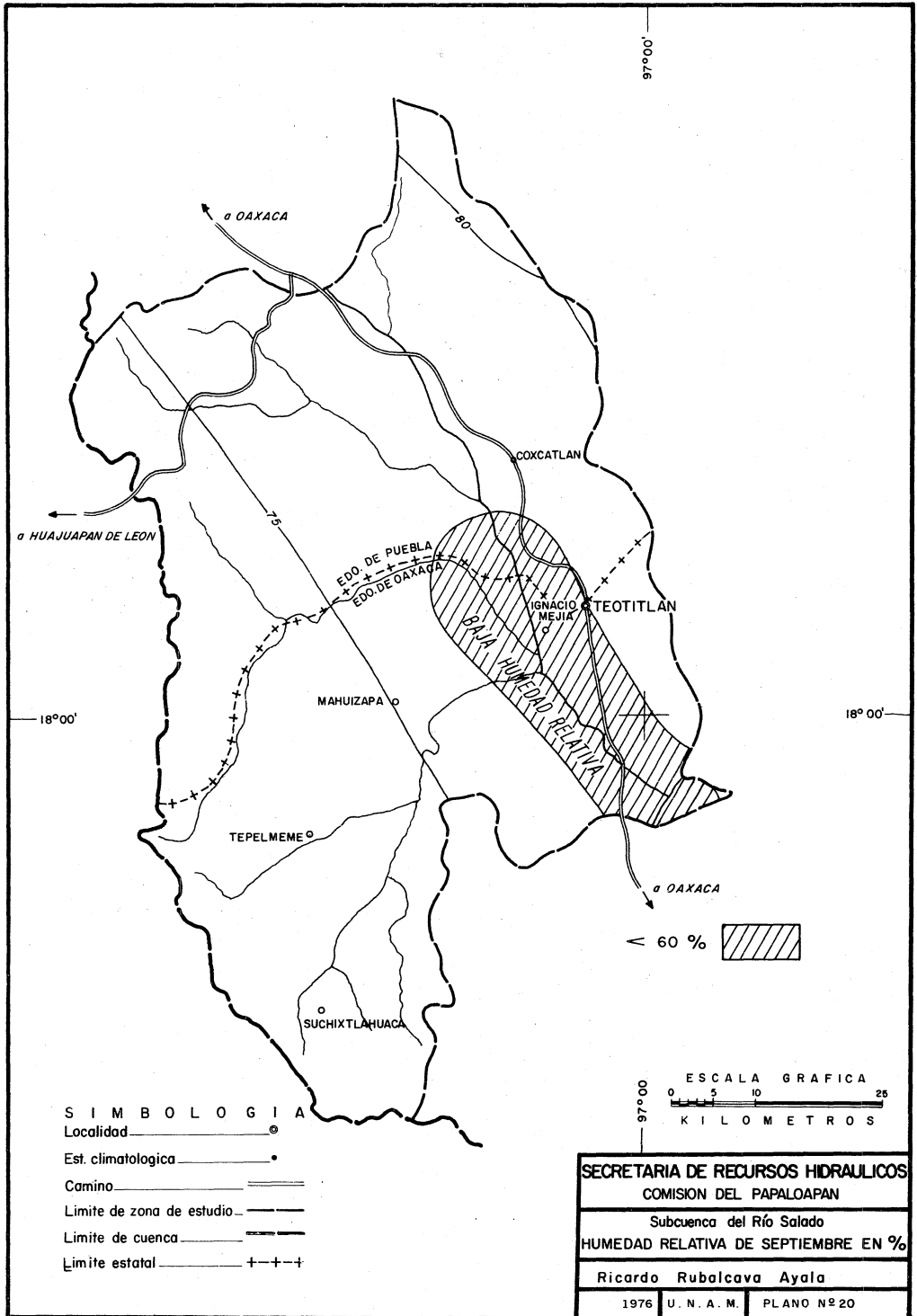
- Localidad
- Est. climatologica
- Camino
- Limite de zona de estudio
- Limite de cuenca
- Limite estatal

**SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS**  
COMISION DEL PAPALOAPAN

Subcuenca del Río Salado  
**HUMEDAD RELATIVA DE MAYO EN %**

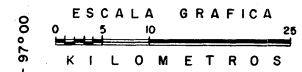
Ricardo Rubalcava Ayala

1976 U. N. A. M. PLANO N° 19

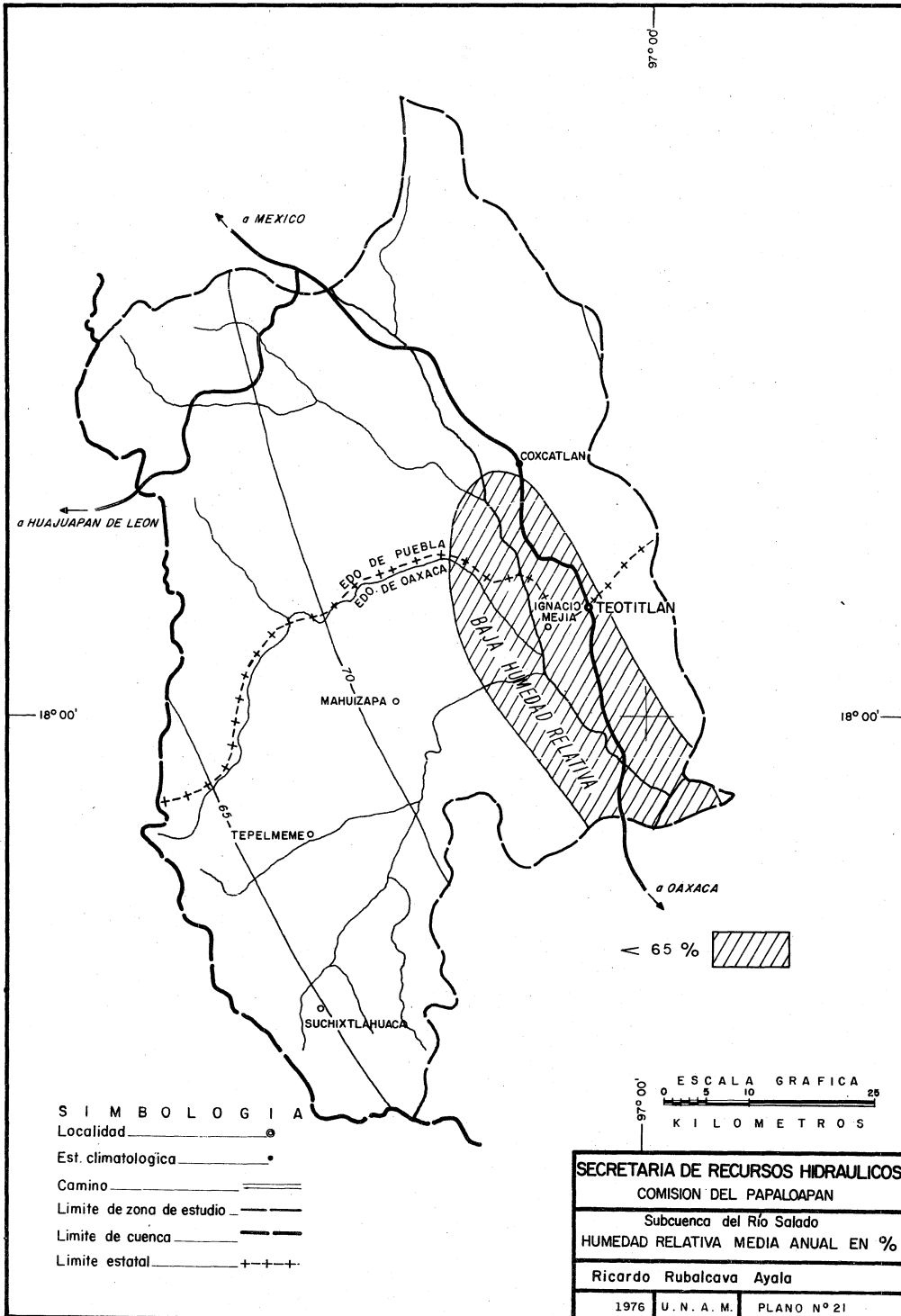


**SIMBOLOGIA**

- Localidad  ●
- Est. climatologica  •
- Camino  =
- Limite de zona de estudio  - - - -
- Limite de cuenca  - - - -
- Limite estatal  + + + +



<b>SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS</b>		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
HUMEDAD RELATIVA DE SEPTIEMBRE EN %		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N° 20



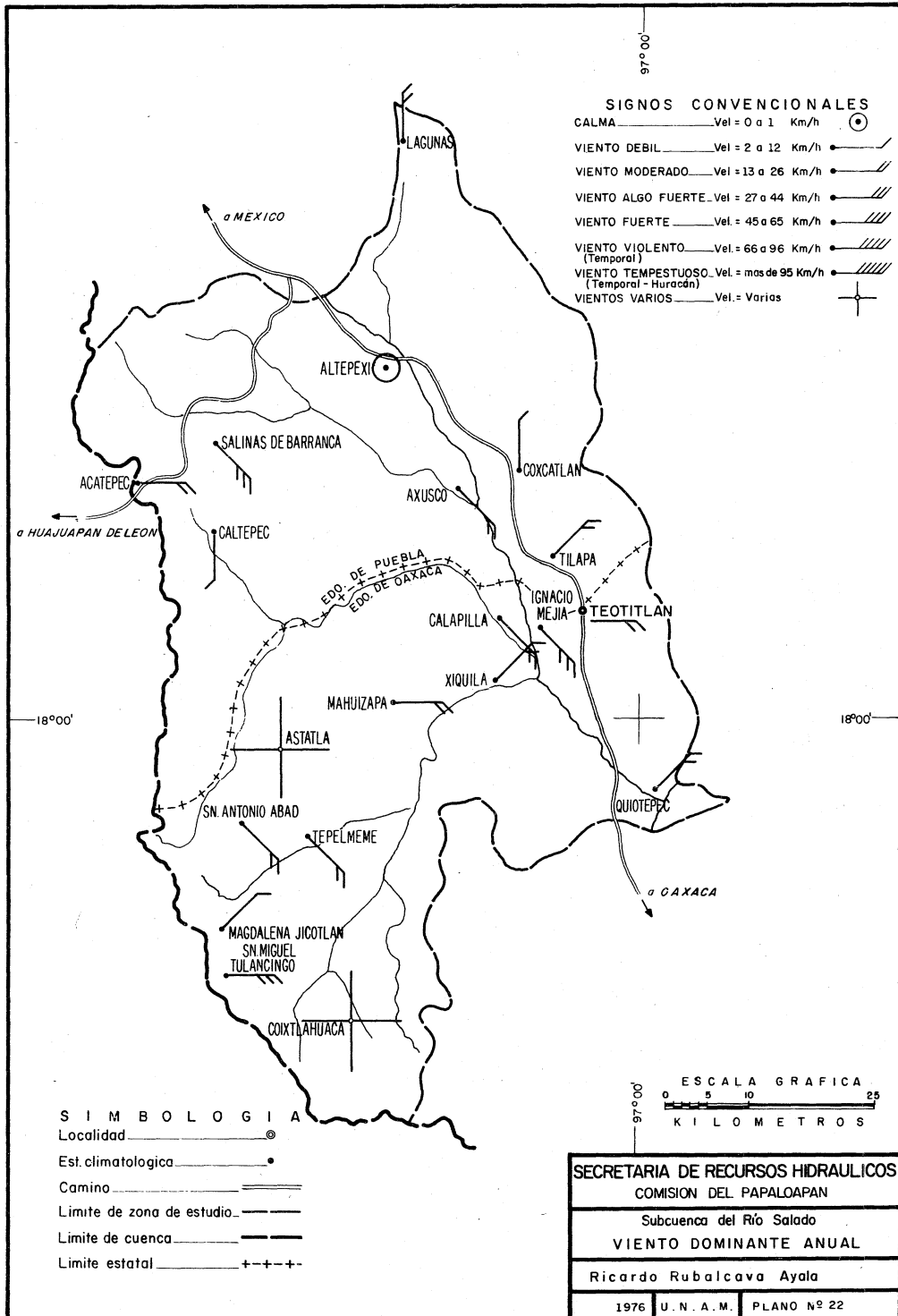
tiva media anual registra un incremento de este a oeste que varía del 65% al 75%, debido como se dijo anteriormente a las condiciones meteorológicas que se observan a lo largo de todo el año. Presentándose también una zona de baja humedad (menos de 65%) que abarca parte del distrito de riego.

#### VIENTO.

De gran importancia por su influencia sobre los demás elementos es el viento, que a su vez influye en el desarrollo de los cultivos, por lo que a continuación se hace un análisis de ellos cuando se presenta en los meses de enero y mayo, y su comportamiento durante el año.

Durante el mes de enero la depresión se ve afectada principalmente por vientos que corresponden al primero y segundo cuadrantes, con una velocidad moderada, que alcanza de 13 a 26 Km/h. Los vientos dominantes de mayo, están representados en los cuadrantes primero y segundo, con una velocidad moderada que va de los 13 a 26 Km/h. - en la mayor parte de la subcuenca, aunque se observa una faja en el sureste donde aparecen vientos con diferentes direcciones y velocidades.

De acuerdo a las características anteriores, - se puede decir, que los vientos dominantes anuales están



influenciados por la presencia de los vientos alisios; - los cuales provocan en los primeros que su dirección se presente en los cuadrantes primero y segundo, registrando una velocidad moderada que varía de 13 a 26 Km/h.

### SISTEMA DE CLASIFICACION CLIMATICA

La influencia que el relieve ejerce en la temperatura y precipitación es muy importante, pues ello determina las condiciones climatológicas que predominan en la subcuenca.

Para definir los climas, se empleo información de 14 estaciones climatológicas localizadas (28) dentro de la zona de estudio y al mismo tiempo se siguió el sistema de Clasificación Climática de Koeppen. (29) Observándose dos grupos de climas, el seco B que predominan en la subcuenca y el templado C que ocupa una pequeña área.

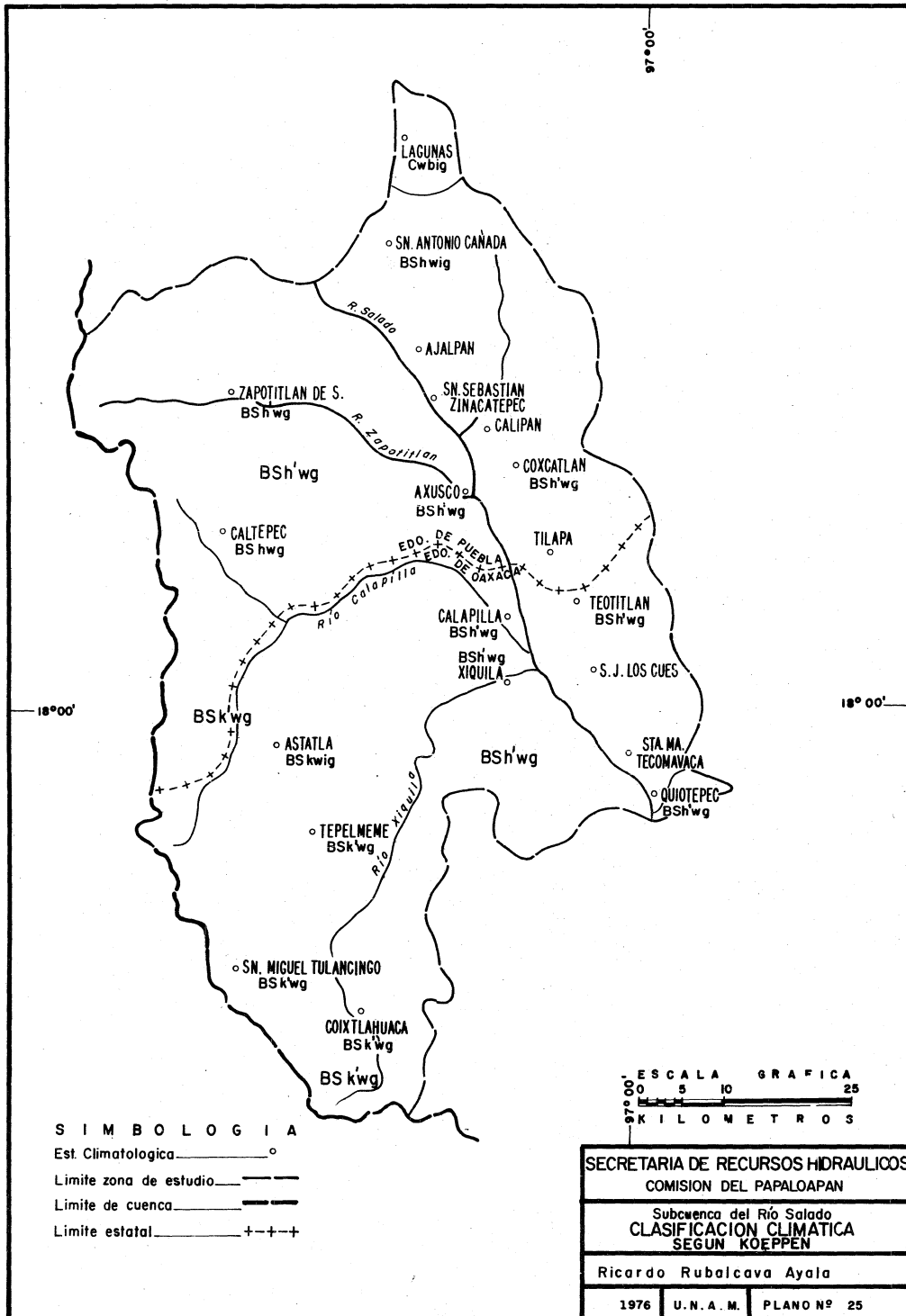
El clima B corresponde al tipo BS (Seco Estepario) y el clima C al templado húmedo.

Clima BS h'wg. Seco estepario muy caliente, -

28/ S.R.H. Comisión del Papaloapan. Obs. Cits. 1961 -- 1970.

29/ Jorge A. vivo. Climatología de México. Instituto panamericano de Geografía e Historia y Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología. Publicación - No. 19, México, 1946.

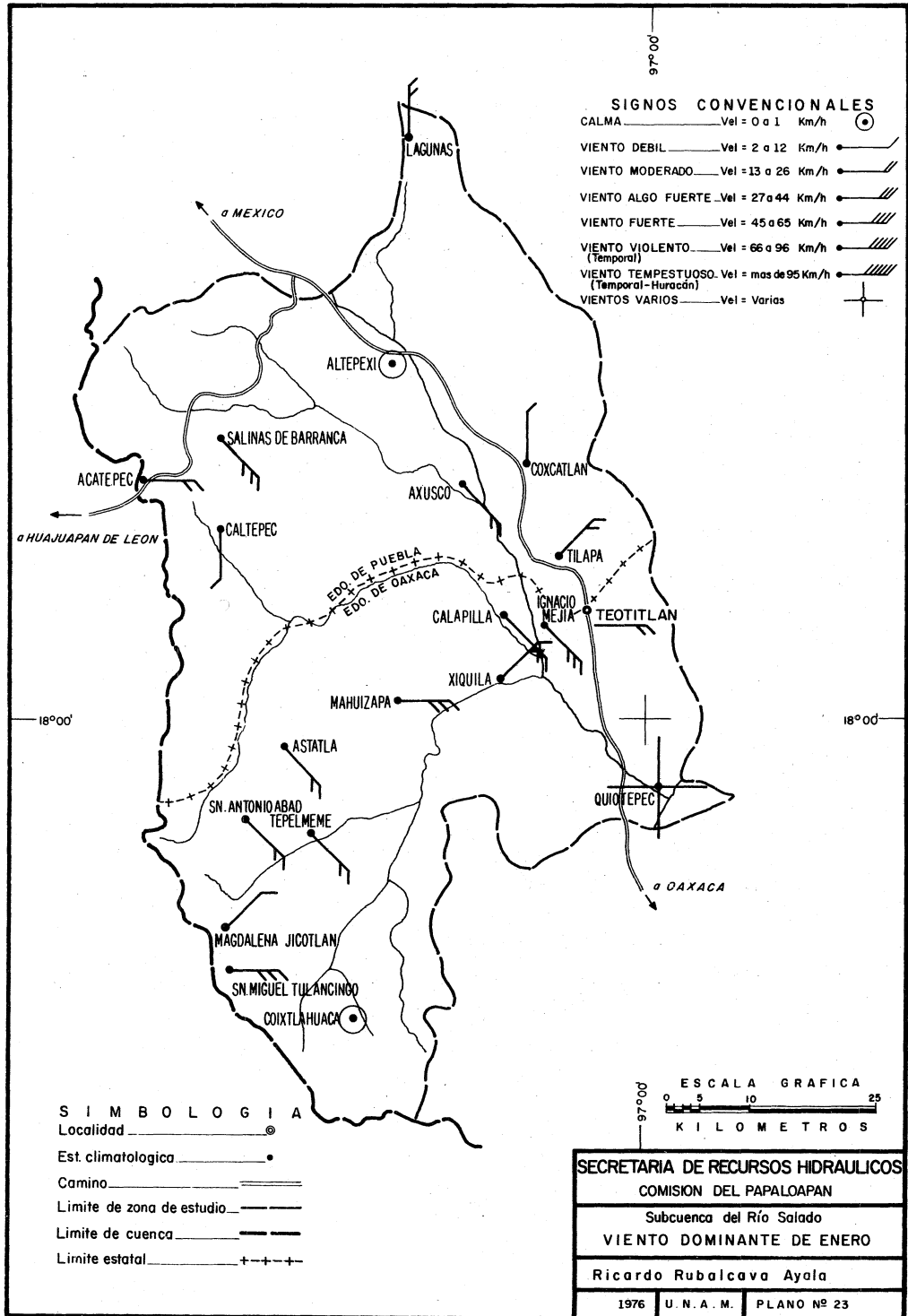




con una media anual superior a  $18^{\circ}\text{C}$ ., con régimen de - - lluvia de verano, la temperatura máxima es anterior al - solsticio de verano, se encuentra cubriendo una foja que se inicia en la parte montañosa del noroeste y la que va descendiendo hasta la parte baja de la subcuenca y del - distrito de riego en su porción sureste la que ocupa la - mayor superficie de la zona de estudio.

Clima BS k'wg. Seco estepario muy frío, con - una media anual inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ . y la media del mes más caluroso inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ ., régimen de lluvia en verano - la temperatura máxima es anterior al solsticio de verano. Cubre la porción montañosa del suroeste de la subcuenca - (sierra de Tamazulapan).

Clima Cwbing. Templado húmedo con lluvias en - verano; la temperatura del mes más cálida es inferior a -  $22^{\circ}\text{C}$ ., con una diferencia entre las temperaturas medias - mensuales extremas inferior a  $5^{\circ}$  (lsotermal) y la tempe- - ratura máxima es anterior al solsticio de verano. Loca- - lizandose en una pequeña área de la zona de nacimiento - del río Salado (La Laguna).



ESTACIONES CLIMATOLOGICAS Y DATOS PARA DETERMINAR LOS TIPOS DE CLIMAS SEGUN  
LA CLASIFICACION DE KOEPPEN EN LA SUBCUENCA DEL RIO SALADO, PUE.- OAX

( PERIODO OBSERVADO 1961-1970 )

ESTACION	COORDENADAS			TEMPERATURA M E D I A ANUAL	TEMPERATURA DEL MES MAS CALIENTE	TEMPERATURA DEL MES MAS FRIO	OSCILACION	MARCHA DE LA TEMPERATURA	LLUVIA MEDIA ANUAL	MES MAS HUMEDO	MES MAS SECO	CLIMA
	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD M.S.N.M.									
LAGUNAS, PUE.	18° 36'	97° 16'	2500	12.3	14.2 MAYO	9.7 ENERO	4.5	I	602.3	136.6 JUNIO	9.7 FEBRERO	Cw b i g
SAN ANTONIO CAÑADA, PUE.	18° 30'	97° 17'	1600	18.2	20.3 MAYO	15.5 ENERO	4.8	I	526.0	120.1 JUNIO	2.5 DICIEMBRE	BS h w g
ZAPOTITLAN DE SALINAS, PUE	18° 20'	97° 28'	1407	21.6	24.5 MAYO	17.4 DICIEMBRE	7.1	-	423.6	102.6 AGOSTO	0.6 DICIEMBRE	BS h w g
COXCATLAN, PUE.	18° 16'	97° 09'	1000	24.2	27.5 ABRIL	20.4 ENERO	7.1	-	342.7	71.3 JULIO	1.4 FEBRERO	BS h w g
AXUSCO, PUE.	18° 14'	97° 12'	955	23.5	26.4 MAYO	19.3 ENERO	7.1	-	349.7	71.0 AGOSTO	2.5 FEBRERO	BS h w g
CALTEPEC, PUE.	18° 11'	97° 28'	1800	18.3	21.2 MAYO	14.7 DICIEMBRE	6.5	-	361.8	86.3 JUNIO	3.9 FEBRERO	BS h w g
TEOTITLAN, OAX.	18° 07'	97° 04'	1050	23.7	27.0 ABRIL	20.8 ENERO	6.2	-	489.9	108.6 JUNIO	3.0 FEBRERO	BS h w g
CALAPILLA, OAX.	18° 06'	97° 09'	751	25.2	28.8 MAYO	20.8 ENERO	8.0	-	363.9	84.8 JUNIO	1.9 FEBRERO	BS h w g
XIQUILA, OAX.	18° 02'	97° 09'	730	25.2	28.9 MAYO	20.9 ENERO	8.0	-	349.6	84.6 JUNIO	1.7 FEBRERO	BS h w g
ASTATLA, OAX.	17° 58'	97° 24'	2200	16.6	18.8 MAYO	14.4 ENERO	4.4	I	553.0	117.2 JUNIO	2.8 FEBRERO	BS k w g
QUIOTEPEC, OAX.	17° 54'	96° 59'	545	25.1	28.3 ABRIL	20.9 ENERO	7.4	-	498.6	110.5 JULIO	2.0 FEBRERO	BS h w g
TEPELMEME, OAX.	17° 53'	97° 22'	2060	15.3	16.3 MAYO	10.6 ENERO	5.7	-	570.3	97.2 JUNIO	2.0 FEBRERO	BS k w g
SAN MIGUEL TULANCINGO, OAX.	17° 44'	97° 27'	2180	16.0	18.1 MAYO	13.4 FEBRERO	4.7	I	578.2	120.8 JUNIO	2.1 FEBRERO	BS k w g
COIXTLAHUACA, OAX.	17° 42'	97° 09'	2080	15.8	17.9 ABRIL	13.7 ENERO	4.2	I	508.8	110.5 JUNIO	3.6 ENERO	BS k w g
BS - CLIMA SECO ESTEPARIO Cw - CLIMA TEMPLADO LLUVIOSO h - MUY CALIENTE h - CALIENTE	k - FRIO k - MUY FRIO b - LA TEMPERATURA DEL MES MAS CALIDO ES INFERIOR A 22° C. I - ISOTERMAL					g - LA TEMPERATURA MAXIMA ES ANTERIOR AL SOLSTICIO DE VERANO						

## AGUA

De acuerdo con los estudios hidrográficos se ha determinado que en la subcuenca del río Salado se cuenta con escurrimientos superficiales y subterráneos que mucho determinan el desarrollo económico de la región.

Las condiciones del drenaje superficial y subterráneo depende directamente de las características topográficas y de las condiciones meteorológicas, como la subcuenca corresponde a una región semiárida y desforestada, se presentan los efectos de la erosión en las corrientes superficiales al transportar una gran cantidad de azolves, que originan graves problemas.

La principal de estas corrientes es el río Salado que nace en la línea divisoria de las aguas de la Sierra Madre Oriental a una altitud superior a los 2500 m.s.n.m., en la zona denominada La Laguna. La corriente que forma su cabecera lo constituye el río San Antonio Cañadas el que desciende con una dirección norte-sur, posteriormente recibe el nombre de río Salado al noroeste de la población de Jalpan.

Al sureste de Tehuacán el río Salado tiene una dirección general que se desarrolla de noroeste a sureste hasta su confluencia con el río Grande en la población de Quirotepec, a una altitud de 500 m.s.n.m. con una pendiente media del 1.3% y una longitud de aproximadamente 115 Km. drenando la depresión Poblano-Oaxaqueña; a partir de la confluencia antes mencionada se origina el río Santo Domingo, que más abajo se convierte en el río Papaloapan.

En su recorrido el río Salado atraviesa valles y terrenos ondulados que presentan un declive suave, dando lugar a la formación de los cañones de Los Cues y Tecomavaca. En ambos declives de la depresión intermontana de la Sierra Madre Oriental se forman numerosos afluentes, contando en su vertiente derecha con los ríos Zapotitlán, Calapilla, y Xiquila que se originan a su vez en el declive oriental de las sierras de Tentzo y Tamazulapan; por su parte en el declive oriental de la depresión constituida por la sierra de Huautla, se localizan los ríos Comulco, Coxcatlán, Tilapan, San Martín y Los Cues. A continuación se hace una descripción de cada una de estas corrientes: 30/

El río Zapotitlán nace en las faldas del cerro Coatepetl a 2732 m.s.n.m., con una dirección de oeste a este, cambiando en su parte media de noroeste a sureste hasta su desembocadura con el río Salado, aguas abajo de la estación hidrométrica de Axusco; su cuenca cubre una superficie de 830 Km<sup>2</sup>. y su escurrimiento superficial se ve favorecido por la existencia de galerías filtrantes en su parte baja.

30/ S.R.H. Comisión del Papaloapan. Reconocimiento del Alto Papaloapan. Primera parte. Subcuenca del río Salado México, 1954.

En la sierra de Tamazulapan (San Antonio Abad) tiene su origen el río Calapilla, cuyo cauce presenta -- una dirección sureste-noroeste y en su parte media cam-- bía de noroeste a sureste desaguando en el Salado a la -- altura de la estación hidrométrica de Mejía Viejo; su -- cuenca se extiende en una superficie de 1180 Km<sup>2</sup>.

También en la sierra de Tamazulapa, se localiza el río Xiquila, formado con el aporte de las corrientes Tepelmeme y Tequililla con una orientación suroeste a noreste descargando sus aguas en el río Salado, aguas-abajo de esta unión se localiza la estación hidrométrica de La Angostura, cubriendo hasta aquí una área de 1200-- Km<sup>2</sup>.

Los afluentes que se presentan en la margen izquierda del río Salado son los siguientes:

El río Comulco nace en la sierra de Huautla con una dirección norte-sur, cubre su cuenca una superficie de 215Km<sup>2</sup>. y en su recorrido por lo desforestado y erosionado del suelo se presentan grandes avenidas que afectan la zona de Calipan, por lo que ha sido necesario encausar sus aguas antes de que desemboquen en el río Salado con el fin de ser utilizadas para riego en el ingenio Calipan.

Por su parte el río Coaxcaltán tiene su nacimiento en unos manantiales que se localizan a una altura de 2690 m.s.n.m. en la barranca de Coxcatlán o Soyalapa, su cuenca cubre una superficie de 20 Km<sup>2</sup>.

En la línea divisoria de las aguas de la sierra de Huautla se origina el río Tilapa que corre con un rumbo noreste-suroeste, desaguando en el río Salado - - aguas arriba de San Antonio Nanahuatipan. Su cuenca - - abarca 110 Km<sup>2</sup>. de superficie.

Los ríos antes mencionados aportan al río Salado una gran cantidad de azolves como consecuencia de la fuerte erosión y el tipo de vegetación natural que aparece de manera general en la subcuenca.

Los ríos que se describen en seguida presentan en sus cuencas una vegetación del tipo de bosque mixto, - la cual permite un recorrido lento de sus aguas de acuerdo con sus declives y sin formaciones de azolves.

El río Teotitlán nace en la sierra de Huautla - y presenta un curso noreste a sureste hasta desembocar - en el río Salado cerca de la población de Ignacio Mejía. Su cuenca cubre una área de 60 Km<sup>2</sup>.

El mismo origen tiene el río San Martín que corre de noreste a suroeste, descargando en el río Salado -



aguas abajo de la población Ignacio Mejía. La superficie de su cuenca alcanza 50 Km<sup>2</sup>.

Por su parte el río Los Cues tiene su nacimiento en la línea divisoria de las aguas de la sierra de -- Huautla, su recorrido es de noreste a suroeste y desemboca en el río Salado 6 Km. aguas arriba de la población de Tecomavaca. Su cuenca cubre 75 Km<sup>2</sup>. de superficie.

Estos ríos afluentes del Salado presentan un drenaje paralelo y dentrítico, a través del cual se lleva a cabo el escurrimiento durante la estación lluviosa y junto con el aporte de los manantiales que se localizan en las partes altas de la zona, es posible aprovechar -- sus aguas para riego y abastecimiento de agua potable.

La Comisión del Papaloapan tiene establecidas en la subcuenca del río Salado 13 estaciones hidrométricas, se tomo información de tres de ellas durante el periodo de observación 1961-1970, (31) con la que se hizo el análisis del gasto, escurrimiento, y azolve. Estas -- estaciones se eligieron debido a que representan las características reales de la subcuenca, dichas estaciones son La Angostura en la subcuenca del río Salado; La Gran

31/ S.R.H. Comisión Papaloapan. Boletines Hidrométricos. Ob. cit.



de-Quitopec correspondiente a la subcuenca del río Gran de y la de La Junta donde entroncan estos dos ríos, esta ción que registra los datos del Papaloapan Superior.

El área de la subcuenca en estudio tiene una superficie de 4960 Km<sup>2</sup>., la cual contribuye para el período antes mencionado; con un escurrimiento medio anual de 3009 816 de miles de m<sup>3</sup>., con un gasto medio anual observado de 95.4 m<sup>3</sup>/seg.. Por lo que se refiere al volumen de azolves el medio anual registrado es de - - - - - 15 448 343 en miles de m<sup>3</sup>.. Dichos materiales de aca-rreo son producto del alto grado de erosión en que se encuentra la subcuenca; lo que ha ocasionado en la parte baja de la Cuenca del Papaloapan la acumulación de sedimentos que ha provocado graves inundaciones en perjuicio tanto de la población como de la agricultura. Se preten de dar solución a estos problemas con la realización de los proyectos Presa Cerro de Oro y Presa Quiotepec, con el fin de tener un control adecuado de avenidas y un mejor aprovechamiento del agua.

Para complementar la información, se proporcionan los datos registrados en la estación de La Angostura localizada aguas arriba de la confluencia de los ríos Sallado y Grande para el período 1961-1970. Registrando un volumen líquido medio anual de 1 675 168 en miles de m<sup>3</sup>.,

con un mínimo de 60 560 en miles de m<sup>3</sup>., en 1965, y un máximo de 412 802 en miles de m<sup>3</sup>., en 1969 (ver cuadro).

La cifra registrada de gasto medio anual en la década fue de 5.31 m<sup>3</sup>/seg.; el gasto máximo-maximorum de 0.80 m<sup>3</sup>/seg..

Por lo que respecta al acarreo de azolves medidos en la misma estación e igual período, se alcanza una cifra de 15 285 602 en miles de m<sup>3</sup>., como gasto sólido anual que transporta el río Salado hacia la parte inferior de la Cuenca del Papaloapan.

Estos datos nos indican el alto grado de desforrestación que existe en la subcuenca y el peligro que -- presenta la fuerte erosión, por lo cual es urgente un -- programa que reduzca los efectos destructivos en los suelos de la subcuenca alta y los problemas que provoca en la parte baja de la Cuenca.

DATOS HIDROMETRICOS DE LA ESTACION LA ANGOSTURA, OAX.  
PERIODO OBSERVADO 1961-1970

ANOS	G A S T O			ESCURRIMIENTO A Z O L V E	
	MAXIMO	MINIMO	MEDIO	M I L E S D E	M <sup>3</sup>
1961	175	1.7	5.2	163,242	574,914
62	409	1.2	3.4	107,435	789,599
63	220	1.0	6.8	213,804	1920,155
64	212	1.2	2.9	90,365	780,753
65	103	0.8	1.9	60,560	941,545
66	269	0.8	4.1	129,773	2044,945
67	197	1.0	4.5	142,460	2002,995
68	132	1.1	5.0	159,379	1492,977
69	431	1.1	13.1	412,802	3860,994
70	253	1.8	6.2	195,348	876,725
TOTAL			53.1	1675,168	15285,602

Gasto máximo-maximorum (M <sup>3</sup> /S)	431
Gasto mínimo-minimorum (M <sup>3</sup> /S)	0.80
Gasto medio anual (M <sup>3</sup> /S)	5.31
Volumen medio anual (M <sup>3</sup> /S)	167,516.80
Azolve medio anual (Miles de M <sup>3</sup> )	1,528.56
Area cuenca (Km <sup>2</sup> )	6,574.00

DATOS HIDROMETRICOS DE LA ESTACION QUIOTEPEC. OAX.  
PERIODO OBSERVADO 1961-1970.

AÑOS	G A S T O S (M <sup>3</sup> /S)			ESCURRIMIENTO A Z O L V E	
	MAXIMO	MINIMO	MEDIO	M I L E S	D E M <sup>3</sup>
1961	491	4.30	50.8	1600.611	2015.482
62	221	4.20	19.7	619.917	409.719
63	410	2.55	34.4	1085.868	2792.217
64	152	2.54	22.7	719.198	378.273
65	338	3.20	24.6	776.273	980.687
66	357	2.45	25.9	815.592	1467.748
67	320	3.50	24.7	779.640	1287.578
68	305	3.10	33.0	1043.093	1125.892
69	815	2.10	76.0	2398.001	14048.629
70	457	2.80	36.8	1161.721	1904.647
TOTAL			348.6	10999.914	26410.872

Gasto máximo-maximorum (M <sup>3</sup> /S)	815
Gasto mínimo-mínimorum (M <sup>3</sup> /S)	2.10
Gasto medio anual (M <sup>3</sup> /S)	34.86
Volumen medio anual (Miles de M <sup>3</sup> )	1099991.40
Azolve medio anual (Miles de M <sup>3</sup> )	2641087.20
Area cuenca (Km <sup>2</sup> ).	4831.80

DATOS HIDROMETRICOS DE LA ESTACION LA JUNTA, OAX.  
PERIODO OBSERVADO 1961-1970

AÑOS	G A S T O		(M <sup>3</sup> /S)	ESCURRIMIENTO	A Z O L V E
	MAXIMO	MINIMO	MEDIO	M I L E S D E M <sup>3</sup>	
1961	582	7.20	56.8	1790.043	2153.844
62	295	5.51	25.5	804.062	1330.936
63	338	3.05	40.5	1277.715	4578.099
64	189	2.90	25.7	814.023	1266.841
65	269	3.30	28.3	891.650	2295.719
66	272	2.20	30.0	947.476	3421.873
67	380	3.95	28.9	921.282	3274.067
68	269	5.00	37.6	1189.989	3633.672
69	1052	3.06	84.9	2677.322	18181.965
70	508	5.50	32.7	1030.000	1722.199
TOTAL			390.9	12334.562	41859.215

Gasto máximo-maximorum (M <sup>3</sup> /S)	1052
Gasto mínimo-minimorum (M <sup>3</sup> /S)	2.20
Gasto medio anual (M <sup>3</sup> /S)	39.09
Volumen medio anual (Miles de M <sup>3</sup> )	1233456.20
Azolve medio anual (Miles de M <sup>3</sup> )	4185.92
Area cuenca (Km <sup>2</sup> )	11877.90

## CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA SUBCUENCA DEL RIO SALADO

Al determinar la calidad del agua esta nos indica la conveniencia o limitación de su uso para riego. Tanto en el suelo, como, en el desarrollo de los cultivos agrícolas. Por lo que la finalidad del análisis de esta, es el de detectar y cuantificar los procesos de salinidad y sodicidad.

Por lo tanto a continuación se hace un análisis (32) de seis muestras. Especificando su calidad, -- con respecto a los efectos nocivos de las sales solubles.

Resultados obtenidos de la análisis químicos.

32/ Oscar Palacio: V y Everardo Aceves N. Instructivo para el muestreo registro de datos e interpretaciones de la calidad de agua para riego agrícola. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, -- 1969.



## MUESTRA I PRESA DERIVADORA CHICHICAXTLA

IONES EXPRESADOS EN me/l

Cationes	Aniones
Ca 6.83	CO <sub>3</sub> 0.75
Mg 9.77	HCO <sub>3</sub> 8.00
Na 23.00	Cl 21.75
K 0.70	SO <sub>4</sub> 10.15
Σ 40.30	Σ 40.65
CE x 10 <sup>6</sup> = 3900	pH 8.00

1) Determinación del porcentaje de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> - con relación a la suma de aniones.

$$\frac{CO_3 + HCO_3}{\Sigma \text{ aniones}} = 100 = \%$$

$$\frac{0.75 + 8.00}{40.65} = 100 = 21.52\%$$

Por lo que se usara el índice correspondiente a aguas con más de 20% de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>.

2) Como el agua tiene una conductividad eléctrica de 3900, mayor de 250, para estimar el efecto de las sales solubles se utilizan los índices de salinidad efectiva (SE) y potencial (SP).

Como  $Ca < Co_3 + HCO_3$  ( $6.83 < 0.75 + 8.00$ )

Pero  $Ca + Mg > Co_3 + HCO_3$  ( $6.83 + 9.77 > 0.75 + 8.00$ )

$$SE = \Sigma \text{ ANIONES} * - (CO_3 + HCO_3)$$

$$Se = 40.65 - (0.75 + 8.00) = 31.90 \text{ me/l no recomendable.}$$

$$3) SP = CL + \frac{1}{2} SO_4$$

$$SP = 21.75 + \frac{10.15}{2} = 26.83 \text{ me/l no recomendable.}$$

4 Relación de absorción de sodio (RAS).

$$Ras = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Na}{2}}}$$

$$Ras = \frac{23.00}{\sqrt{\frac{6.83 + 9.77}{2}}} = 7.99 \text{ me/l Baja}$$

5 Carbonato de sodio residual (CSR)

$$CSR = (Co_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

---

\* Si la suma de cationes es menor que la de aniones, debiera emplearse la suma de aniones en lugar de la de cationes.

$$CSR = (0.75 + 8.00) - (6.83 + 9.77) = - 7.85 \text{ me/l} **$$

$$CSR = 0.00 \text{ buena}$$

6 Por ciento de sodio posible (PSP)

$$PSP = \frac{Na}{Se} \times 100$$

$$PSP = \frac{23.00}{31.90} \times 100 = 72.1 \text{ Peligro de sodificación.}$$

7 El efecto del elemento tóxico se estima a --  
traves de la concentración de cloruros 21.75 me/l, no re  
comendable.

8 Clasificación de las aguas de riego por su -  
Ce x 10<sup>6</sup> y por su ras.

$$C_4 - S_3$$

Agua muy altamente salina - agua alta en sodio

---

\*\* Cuando la diferencia es negativa y el valor del CSR -  
puede suponerse igual a cero.

## MUESTRA II ESTACION HIDROMETRICA XIQUILA

## IONES EXPRESADOS EN NC/1.

CATIONES		ANIONES	
Ca	7.40	CO <sub>3</sub>	0.00
Mg	7.97	HCO <sub>3</sub>	8.50
Na	18.90	Cl	14.13
K	<u>0.67</u>	SO <sub>4</sub>	<u>10.71</u>
Σ	34.94	Σ	<u>33.34</u>
CE x 10 <sup>6</sup> = 300		pH = 7.70	

1) Determinación del porcentaje de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> con relación a la suma de aniones.

$$\frac{CO_3 + HCO_3}{\Sigma \text{ aniones}} \times 100 = \%$$

$$\frac{0.00 + 8.50}{34.94} \times 100 = 24.33 \%$$

Por lo que se usara el indice correspondiente a aguas con más de 20% de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>.

2) Como el agua contiene una conductividad electrica de 3000, mayor de 250, para estimar el efecto de las sales solubles. Se utilizan los indices de solinidad efectiva (SE) y potencial (SP).

$$\text{Como } Ca < CO_3 + HCO_3 + SO_4 \quad (7.40 < 0.00 + 8.5 + 10.71)$$

Pero  $Ca < CO_3 + HCO_3$  ( $7.40 < 0.00 + 8.50$ ).

SE =  $\Sigma$  de cationes - Ca

SE =  $34.94 - 7.40 = 27.54$  me/l No recomendable.

3)  $SP = Cl + 1/2 SO_4$

$$SP = 14.13 + \frac{10.71}{2} = 19.49 \text{ me/l No recomendable}$$

4) Relación de absorción de sodio (RAS).

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + N}{2}}}$$

$$RAS = \frac{18.90}{\sqrt{\frac{7.40 + 7.97}{2}}} = 6.82 \text{ me/l Baja}$$

5) Carbonato de sodio residual (CSR)

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

$$CSR = (0.00 + 8.50) - (7.40 + 7.97) = -6.87 \text{ me/l.}$$

CSR = 0.00 me/l Buena

6) Porcentaje de sodio posible (PSP)

$$PSP = \frac{Na}{SE} \times 100$$

$$PSP = \frac{18.90}{27.54} \times 100 = 68.63 \% \quad \text{Peligro de sodificación.}$$

7) El efecto del elemento tóxico se estima a través de la concentración de cloruros 14.13 me/l, no recomendable.

8) Clasificación de las aguas de riego por su  $CE \times 10^6$  y por su ras.

$$C_4 - S_2$$

Aguas altamente salina - aguas media en sodio.

## MUESTRA III RIO SALADO, PRESA DERIBADORA FLORES

## IONES EXPRESADOS EN me/l

CATIONES	ANIONES
Ca 4.83	Co <sub>3</sub> 0.75
Mg 6.87	HCO <sub>3</sub> 9.75
Na 15.70	Cl 12.38
K <u>0.63</u>	SO <sub>4</sub> <u>4.34</u>
Σ 28.03	Σ 27.22

$$CE \times 10^6 = 2500$$

$$pH = 7.95$$

1) Determinación del porcentaje de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> con relación a la suma de cationes.

$$\frac{CO_3 + HCO_3}{\Sigma \text{ Cationes}} \times 100 = \%$$

$$\frac{0.75 + 9.75}{28.03} \times 100 = 37.46 \%$$

Por lo que se usara el indice correspondiente a aguas con más de 20% de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>.

2) Como el agua tiene una conductividad electrica de 2500 mayor de 250, para estimar el efecto de las sales salubres se utilizan los indices de solinida efectiva (SE) y potencial (SP).

$$\text{Como } Ca < Co_3 + HCO_3 \quad (4.83 < 0.75 + 9.75)$$

Pero  $Ca + Mg > CO_3 + HCO_3$  ( $4.83 + 6.87 > 0.75 + 9.75$ )

$$SE = \Sigma \text{ cationes} - (CO_3 + HCO_3)$$

$$SE = 28.03 - (0.75 + 9.75) = 17.53 \text{ me/l No recomendable}$$

$$3) SP = Cl + 1/2 SO_4$$

$$SP = 12.84 + \frac{4.34}{2} = 14.55 \text{ me/l Condicionada.}$$

4) Relación de absorción de sodio (RAS)

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

$$RAS = \frac{15.70}{\sqrt{\frac{4.83+6.87}{2}}} = 6.49 \text{ me/l Baja}$$

5) Carbonato de sodio residual (C.SR.)

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

$$CSR = (0.75 + 9.75) - (4.83 + 6.87) = -1.20. \text{ me/l}$$

$$CSR = 0.00 \text{ Buena.}$$

6) Porcentaje de sodio posible (PSP)

$$PSP = \frac{Na}{SE} \times 100$$

$$PSP = \frac{15.70}{17.53} \times 100 = 89.56 \% \text{ Peligro de sodificación.}$$

7) El efecto del elemento tóxico se estima a través de la concentración de cloruros 12.38 me/l no recomendable.

8) Clasificación de las aguas de riego por su  $CE \times 10^6$  y por su RAS  $C_4 - S_2$ .

Aguas muy altamente salina - aguas media en sodio

## MUESTRA IV PRESA DERIVADORA TILAPA

## IONES EXPRESADOS EN me/l

Cationes		Aniones	
Ca	5.05	CO <sub>3</sub>	0.00
Mg	1.40	HCO <sub>3</sub>	4.38
Na	0.83	Cl	0.25
K	<u>0.14</u>	SO <sub>4</sub>	<u>2.52</u>
Σ	7.42	Σ	7.15

$$CE \times 10^6 = 6.70$$

$$pH = 7.80$$

1) Determinación del porcentaje de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> - con relación a la suma de cationes.

$$\frac{CO_3 + HCO_3}{\Sigma \text{ cationes}} = 100 = \%$$

$$\frac{0.00 + 4.38}{7.42} \times 100 = 59.03 \%$$

Por lo que se usara el índice correspondiente a aguas con más de 20% de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>.

2) Como el agua tiene una conductividad eléctrica de 670, mayor de 250, para estimar el efecto de las sales solubles se utilizan los índices de salinidad efec



tiva (SE) y potencial (SP).

$$\text{Como } Ca < Co_3 + HCO_3 + So_4 \quad (5.05 < 0.00 + 4.38 + 2.52)$$

$$\text{Pero } Ca < Co_3 + HCO_3 \quad (5.05 < 0.00 + 4.38)$$

$$SE = \Sigma \text{ cationes} - Ca.$$

$$SE = 7.42 - 5.05 = 2.37 \text{ me/l} \quad \text{buena}$$

$$3) SP = Cl + 1/2 SO_4$$

$$SP = 0.25 + \frac{2.52}{2} = 1.51 \text{ me/l} \quad \text{buena}$$

4) Relación de absorción de sodio (RAS).

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

$$RAS = \frac{0.83}{\sqrt{\frac{5.05 + 1.40}{2}}} = 0.46 \text{ me/l} \quad \text{baja}$$

5) Carbonato de sodio residual (CSR).

$$CSR = (Co_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

$$CSR = (0.00 + 4.38) - (5.05 + 1.40) = 2.07 \text{ meli}$$

$$CSR = 0.00 \text{ me/l} \quad \text{buena}$$

6) Porcentaje de sodio posible (PSP).

$$PSP = \frac{Na}{SE} \times 100$$

$$PAP = \frac{0.83}{2.37} \times 100 = 35.02\% \quad \text{Buena para riego}$$

(debido que la cantidad de sodio es de menos de 10 me/l)

7) El efecto del elemento tóxico se estima a través de la concentración de cloruro 0.25 me/l, es buena.

8) Clasificación de las aguas de riego por  $CE \times 10^6$  y por ras.

$$C_2 - 5_1$$

Agua de salinidad media - agua baja en sodio.

MUESTRA V CANAL "EL DOCTOR" MCPIO SAN JUAN LOS CUES  
OAX.

IONES EXPRESADOS EN me/l

CATIONES		ANIONES.	
Ca	2.40	CO <sub>3</sub>	0.32
Mg	7.47	HCO <sub>3</sub>	4.25
Na.	7.30	Cl	7.20
K	<u>0.29</u>	SO <sub>4</sub>	<u>5.00</u>
Σ	17.46	Σ	16.77
CEX10 <sup>6</sup> = 1800		PH = 8.00	

1) Determinación del porcentaje de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> -  
con relación a la suma de cationes.

$$\frac{CO_3 + HCO_3}{\Sigma \text{cationes.}} \times 100 = \%$$

$$\frac{0.32 + 4.25}{17.46} \times 100 = 26.17\%$$

Por lo que usara el índice correspondiente a -  
aguas con más de 20% de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>.

2) Como el agua tiene una conductividad eléctrica  
ca de 1800, mayor de 250, para estimar el efecto de las-

sales solubles se utilizan los índices de salinidad efectiva (SE) y potencial (SP).

$$\text{Como } Ca > CO_3 + HCO_3 \quad (2.40 > 0.32 + 4.25)$$

$$\text{Pero } Ca + Mg > CO_3 + HCO_3 \quad (2.40 + 7.47 > 0.32 + 4.25)$$

$$SE = \Sigma \text{ de cationes} - (CO_3 + HCO_3)$$

$$SE = 17.46 - (0.32 + 4.25) = 12.98 \text{ me/l} \quad \text{Condicionada}$$

$$3) \quad SP = Cl + 1/2 SO_4$$

$$SP = 7.20 + \frac{5.00}{2} = 9.70 \text{ me/l} \quad \text{Condicionada}$$

4) Relación de absorción de sodio (RAS)

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

$$RAS = \frac{7.30}{\sqrt{\frac{2.40+7.47}{2}}} = 3.24 \text{ me/l} \quad \text{Baja}$$

5) Carbonato de Sodio Residual (CSR).

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

$$CSR = (0.32 + 4.25) - (2.40 + 7.47) = -5.30 \text{ me/l}$$

$$CSR = 6.00 \text{ me/l} \quad \text{Buena}$$

6) Porcentaje de Sodio Posible (PSP)

$$PSP = \frac{Na}{SE} \times 100$$

$$PSP = \frac{7.30}{9.70} \times 100 = 75.26\% \quad \text{Buena para Riego}$$

(Debido que la cantidad de sodio es de menos de 10 me/l

7) El efecto del elemento tóxico se estima a través de la concentración de cloruro 7.20 me/l, no reco mendable.

8) Clasificación de las aguas de riego por su CEX10<sup>6</sup> y por RAS.

C<sub>3</sub> - S<sub>1</sub>

Agua altamente salina - agua baja en sodio.

## MUESTRA VI "PROYECTO LOS CUES" EDO. DE OAXACA.

## IONES EXPRESADOS EN me/l

Cationes	Aniones
Ca 1.00	Co <sub>3</sub> 0.17
Mg 0.33	HCO <sub>3</sub> 1.58
Na 0.67	Cl 0.30
K <u>0.02</u>	So <sub>4</sub> <u>0.20</u>
Σ 2.02	Σ 2.25
CE x 10 <sup>6</sup> = 220	pH = 2.25

1) Determinación del porcentaje de Co<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> - con relación a la suma de aniones.

$$\frac{\text{Co}_3 + \text{HCO}_3}{\Sigma \text{ aniones}} \times 100 = \%$$

$$\frac{0.17 + 1.58}{2.25} \times 100 = 77.78\%$$

Por lo que se usara el índice correspondiente a aguas con más de 20% de Co<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>.

2) Como el agua tiene una conductividad eléctrica de 220, menor de 250, para estimar el efecto de las sales solubles se utilizan los índices de salinidad efectiva (SE) y potencial (SP).

Como  $Ca + Mg < Co_3 + HCO_3$  ( $1.00 + 0.33 < 0.17 + 1.58$ )

$$SE = \Sigma \text{ aniones} - (Ca + Mg)$$

$$SE = 2.25 - (1.00 + 0.33) = 0.92 \text{ me/l condicionada}$$

$$3) SP = CI + 1/2 So_4$$

$$SP = 0.30 + \frac{0.20}{2} = 0.40 \text{ me/l Buena}$$

4) Relación de absorción de sodio (RAS).

$$RAS = \frac{Na}{\frac{Ca + Mg}{2}}$$

$$RAS = \frac{0.67}{\frac{1.00 + 0.33}{2}} = 0.82 \text{ me/l Baja}$$

5) Carbonato de sodio residual (CSR).

$$CSR = (Co_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

$$CSR = (0.17 + 1.58) - (1.00 + 0.33) = 0.42 \text{ me/l Buena}$$

6) Porcentaje de sodio posible (PSP)

$$PSP = \frac{Na}{Se} \times 100$$

$$PSP = \frac{0.67}{0.92} \times 100 = 72.83\% \quad \text{Buena para riego}$$

7) El efecto del elemento tóxico se estima a través de la concentración de cloruro 0.30 me/l, Buena.

8) Clasificación de las aguas de riego por su-

CE x 10<sup>6</sup> y por RAS.

C<sub>1</sub> - S<sub>1</sub>

Agua de bola salinidad - son baja en sodio.



De acuerdo a esta clasificación de la calidad de las aguas de riego, 33/ se determino que existe peligro contaminación por salinidad, sodicidad en los suelos y toxicidad en los cultivos. Por lo tanto a continuación se describen algunas conveniencias o limitaciones de estas aguas.

C1. Se usa en todos los suelos sin probabilidad del desarrollo de salinidad, sirven para riego en la mayor parte de los cultivos.

C2. Su uso esta condicionado a un grado moderado de lavado, sin llevarse acabo prácticas especiales de control de la salinidad, adaptables a plantas sin exceso de sales.

C3. Requieren de suelos con drenaje eficiente, se necesitan prácticas especiales de control de salinidad, selección de cultivos adaptables a sales.

C4. No es apropiada para riego, ya que se requieren de circunstancias especiales; como son, suelos permeables, drenaje eficiente y cultivos altamente tolerantes a sales.

---

33/ Oscar Palacios V y Everardo Aceves N. Ob. Cit. 1969.

S1. Uso de riego en la mayoría de los suelos y sin posibilidades de presentar niveles peligrosos de sodio intercambiables.

S2. Aguas que deben aplicarse a suelos de textura gruesa, a excepción de que presenten un contenido de yeso en suelos de textura fina.

S3. Producen niveles tóxicos de sodio en todos los suelos, requiriendo prácticas especiales de manejo; como, drenaje eficiente y agregados de materia orgánica y mejoradores químicos. En suelos yesíferos que no presentan desarrollo de niveles sodicos pueden ser exceptuados.

#### AGUAS SUBTERRANEAS

Respecto a los recursos subterráneos de la subcuenca, se requiere una idea más adecuada de su curso, - por lo cual es necesario estudiar; ante todo las estructuras que determinaron la Sierra Madre Oriental, sus condiciones estratigráficas, petrográficas, tectónicas y su profundidad, para así poder cuantificar la extensión y - distribución de las aguas.

Este recurso depende en su formación de la precipitación que se registre en la subcuenca; pues como es

sabido el volúmen de las lluvias depende la abundancia o escases de las aguas freáticas, además se debe tomar en cuenta las diferentes profundidades en que se encuentran.

Así mismo se requiere de una información respecto al volumen que se puede aprovechar y explotar para fines agrícolas, para uso de agua potable, y para uso industrial; aun cuando en algunos casos estas aguas registran un alto índice de salinidad y sodicidad, por lo que hace difícil su uso para los fines antes mencionados.

Se tiene dentro de la subcuenca y sobre todo en una parte del distrito de riego, un sistema para el aprovechamiento de las aguas freáticas y manantiles, cuya captación se realiza por medio de galería filtrantes (so cavones), que llegan alcanzar varios kilómetros de longitud y que requieren de conservación especial para su uso racional.

El sistema esta representado por 68 galerías filtrantes 34/ que dan salida al exceso de agua de los estratos acuíferos y que sirven a su vez de drenaje oca-

34/ S.R.H. Comisión del Papaloapan. Zona de veda del Valle de Tehuacán. México, 1969.

sionando la reducción de la humedad del suelo, y como anteriormente se menciona depende en su formación del grado de precipitación que se presenta y de la cantidad absorbida por las capas superiores del terreno. Estas galerías representan un gasto total de 2444.0 metros cúbicos/seg..

De acuerdo a las condiciones hidrográficas anteriormente descritas el río Salado funciona como un gran colector del drenaje natural de la Depresión y en sus márgenes se localiza el distrito de riego; en donde se han establecido obras de captación de sus aguas, consiguiendo un conjunto de pequeños sistemas de riego independientes entre sí; contando cada uno con su presa derivadora y su red de canales de distribución.

Las áreas de riego de la subcuenca del río Salado tiene antiguos antecedentes como tierras de irrigación, por lo que los actuales usuarios de las aguas poseen viejas normas y costumbres que dan lugar a una distribución rústica e inadecuada del agua. Por lo tanto se han construido sobre este río y afluentes, 16 derivadoras con efecto de sustituir los barrajes de piedras y ramas utilizadas por los agricultores para derivar las aguas, provocando un mayor aprovechamiento de los caudales y aumentando la superficie bajo riego en cada sistema, finalidad que no ha sido lograda por la falta de una

distribución y control del agua de riego y del revestimiento de la red de canales. 35/

Fisiográficamente el Distrito de Riego del río Salado, se ha dividido en dos zonas; La primera, la más plana, abarca 4000 Ha bajo riego que corresponde a las galerías filtrantes; comprendiendo la parte baja del valle de Tehuacán y sus cultivos principales son el maíz, alfalfa, chile, y ajo y cebolla. La segunda zona pertenece propiamente la depresión Poblano-Oaxaqueña en donde se riega una superficie de 3600 Ha, a base de presas-derivadoras, de las cuales 1870 Ha se destinan a la caña de azúcar, 300 Ha a frutales, además de otros cultivos - varios que absorben 1430 Ha. 36/

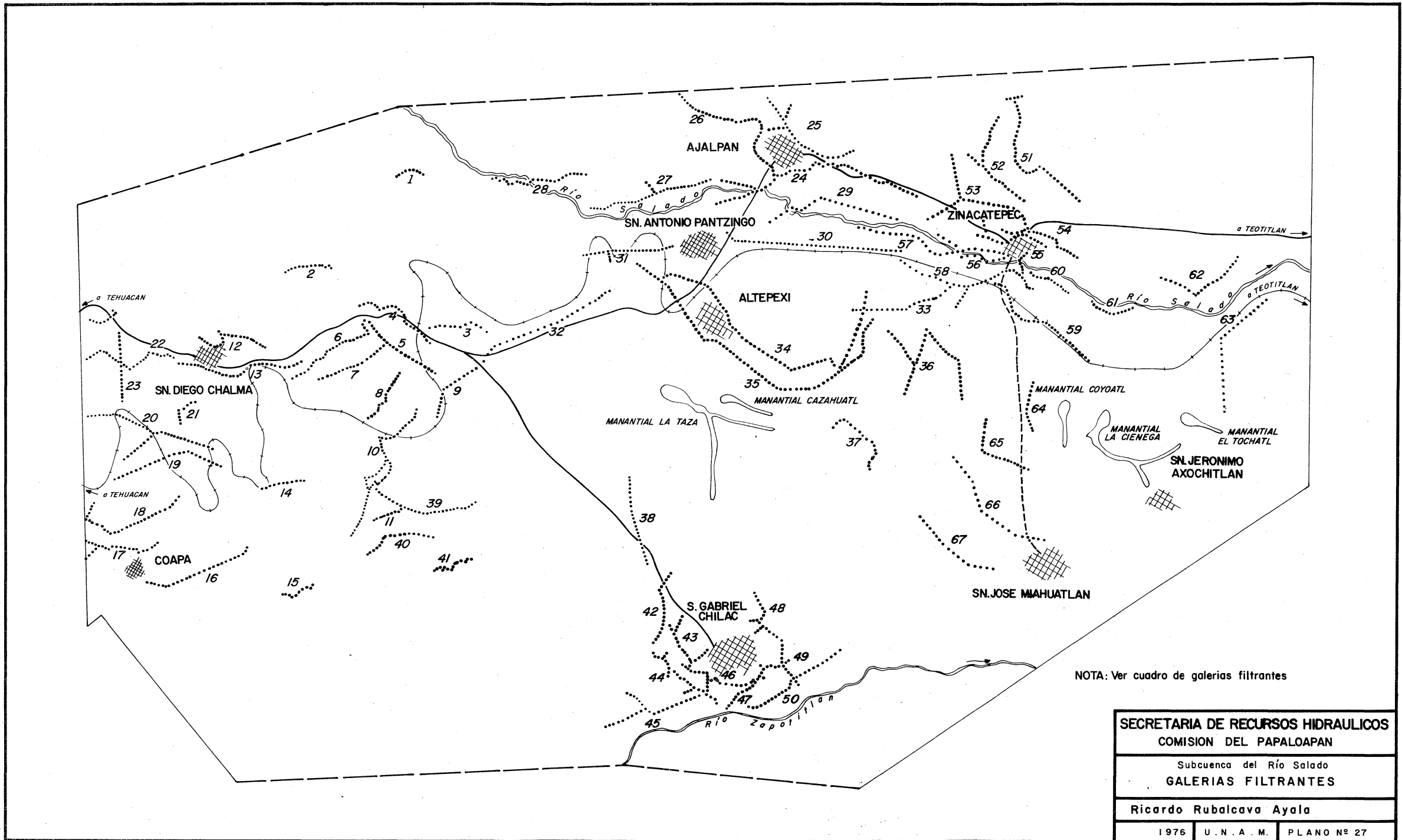
De acuerdo a las condiciones topográficas de las zonas se emplean los siguientes métodos de riego: Melgas rectas; melgas de contorno; surcos rectos; surcos de contorno y de aspersión.

También se presenta otro problema que consiste en la escasez de agua en la parte alta del distrito, por lo que se han establecido en forma experimental pequeñas

35/ S.R.H. Comisión del Papaloapan. Programa integral de desarrollo rural de la cuenca del Papaloapan. Tomo-IV, México, 1974

36/ S.R.H. Comisión de la Papaloapan. Ob. cit. 1974

unidades de riego por goteo. Las experiencias de estos trabajos en Teotitlán del Camino, Oax., son alentadores y por tal motivo se programa el establecimiento de unidades piloto (290 Ha) en las poblaciones de Tecomavaca, -- Los Cues, y Toxpalan del estado de Oaxaca y Coxcatlán, - San José Miahuatlán y San Marcos Necoxtla, del de Puebla. En estas pequeñas unidades se lleva acabo el cultivo de frutales como son: El limón, aguacate, y mango.



NOTA: Ver cuadro de galerias filtrantes

67-68

Mepios	G A L E R I A	GASTO	SUBTOTAL	TOTAL
San Juan	San Juan			
Ajalpan	Calixto Barbosa.	5.0		
	San Rafael Teopuxco.	2.0		
	San Miguel	31.0		
	San José de los Arcos	5.0		
	El Nilo	21.0	64.0	
	Guadalupana			
San Francis	San Antonio Pantzingo	29.0		
co Altepexi	San Pedro Altepexi.	34.0		
	Fatima	20.0		
	San Miguel.	16.0		
	San Rafael	65.0		
	Perpetuo Socorro	2.0		
	La Milagrosa.	3.0		
	La Aurora	56.0	225.0	
San Gabriel				
Chilac.	Chilac-Tlaxcocalco-Teotitlán	93.0		
	Agua escondida	92.0		
	Santa Ameretana			
	Santa Cruz Titla			
	San Gabriel	23.0		
	San Isidro.	7.0		
	La Guadalupana 1.	2.0		
	La Purísima	5.0		
	La Ascensión	10.0		
	Agricola Chilac	9.0		
	Guadalupana 2	4.0		
	Mercedes de Maria.	40.0	285.0	



## GALERIAS FILTRANTES EN LA SUBCUENCA

DEL RIO SALADO PUE.-OAX.

Gasto en LT/Sg.

1968

Mcpios.	G A L E R I A	GASTO	SUBTOTAL	TOTAL
Tehuacán	Xochitlalpa.			
	La Natividad			
	Santa Cruz Acapa	68.0		
	La Magdalena de Altepexi	19.0		
	San Pablo Tepetzingo			
	El Carmen	7.0		
	San Isidro.	138.0		
	San Marcos.			
	Miravalles.	152.0		
	Lazaro Cardenas.	153.0		
	Guadalupe.	30.0		
	El progreso.	39.0		
	Hacienda la Huerta (Alamos)			
	Humillero 1 y 2	270.0		
	Escalerita			
	San Ignacio	39.0		
	Hidalgo	114.0		
	Martinez			
	Urutia y Ezcurrea	202.0		
	Esperanza	21.0		
	Puulissima 1	89.0		
	Obras 2	66.00	1407.0	

Mcpios.	G A L E R I A S	GASTO	SUBTOTAL	TOTAL
<i>San Sebastian</i>				
<i>de Zinacatepec</i>	<i>El Calvario</i>			
	<i>Santa Teresa</i>	19.0		
	<i>El Obispo</i>	31.0		
	<i>Corazón de Jesús</i>	26.0		
	<i>La Soledad</i>	26.0		
	<i>San Pablo Antonio</i>	29.0		
	<i>San Miguel</i>	60.0		
	<i>San Sebastian</i>	7.0		
	<i>San Pedro.</i>	18.0		
	<i>La Veronica.</i>	26.0		
	<i>San Miguel Coyoaba</i>	85.0		
	<i>Puentecillo o San Miguel</i>	61.0		
	<i>San Joaquín.</i>	8.0	396.0	
<i>San José</i>				
<i>Miahuatlán</i>	<i>El Carmen</i>	63.0		
	<i>San Miguel</i>			
	<i>El Danubio</i>			
	<i>San José (Antes la Joserina)</i>	4.0	67.0	2444.0

*Nota: Las que no presentan gasto están fuera de uso o se conservan como reservas.*

PRINCIPALES MANANTIALES DE LA SUCUENCA  
 DEL RIO SALADO, PUE.-OAX.  
 GASTO EN LT/SEG.  
 1968

MCPIOS.	M A N A N T I A L	
San Sebastian Zinacatepec	El Tochatl.	34.0
San José Miahuatlán.	La Cienega	368.0
	Coyoatl	52.0
San Francisco Altepexi.	La Taza	400.0
	Cozahuatl	25.0

## SUELOS

En la subcuenca del río Salado se han desarrollado diferentes suelos de acuerdo a la clasificación -- del Dr. Glinka la descripción siguiente:

Presentan las características de la roca madre, considerandose como ectodinamórficos. Por su situación en la superficie de la subcuenca, corresponden a suelos transportados del grupo de los aluviales. Sus componentes principales los agrupan en los orgánicos minerales. -- Además de esto interviene otros factores como son: El -- Clima: el grado de humedad; la topografía y la vegetación los que han determinado que pertenezcan al grupo de los zonales. 37/

También debe tomarse en cuenta la clasificación establecida por el Dr. Marbut en relación de estos suelos. En la que se considera la acumulación de bases -- principalmente de carbonato de calcio en los suelos, conociéndose este proceso como Pedocals. Presentándose en climas semiáridos, templados y subtropicales.

Por lo que dichos suelos quedan comprendidos -- en la Clasificación General de Suelos, dentro de dos grupos. 38/

1) Grupo de suelos de eluviación formado por -- suelos zonales en condiciones de buen drenaje.

37/ J.A. Vivó Geografía Física. Editorial Herrero, México. 1975.

38/ Mario Macías Villada. La Edafología o ciencia del -- suelo. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía -- e Historia. Tomo LXXI. Nums. 1-3 Enero-Junio. México, 1951.

II) Grupo de suelos de acumulación geológica - formada por suelos desérticos de clima seco.

Dentro del grupo I se encuentran los siguientes.

El proceso de Podzolización comprende dos tipos: El primero consiste en la acumulación de materia orgánica sobre la superficie del suelo.

El segundo se refiere a la acción del agua de infiltración, la que conduce el ácido carbónico y otros ácidos de las capas orgánicas a los horizontes inferiores.

Dentro de estos suelos se observan los siguientes horizontes que son descritos por el Ing. Mario Macías Villada. \* 39/

Suelo podzólico café de bosque

Horizontes A1. La materia orgánica es media o ligera. Subhorizonte al. Es delgado, de color café, -- con mineral orgánico con suficiente cantidad de bases de calcio asimilable. Presenta la lixiviación de la arcilla fina y la materia coloidal, con un pH de 6.1. Subhorizonte A2. De color gris por la infiltración de arriba. No se encuentra desarrollado homogéneamente, su pH-

\* Se refiere a la descripción de los horizontes de los cuatro tipos de suelos.

39/ Mario Macías Villada. Suelos de la República Mexicana. Ingeniería Hidráulica en México, México, 1960.

## 6.1.

Horizonte B. Color café amarillento o grisáceo. Si es arenoso no esta cementado en terrones con materia-lixiviado de arriba, ni presenta orstein, como el Podzol. Si es arcilloso, no se presenta su masa dura ni tiene arcilla compacta. Son porosos y presentan buen drenaje. - Suelo mineral y orgánico, acidez aproximada con un pH de 4 a 5.

Suelo que presenta un color café oscuro; ligeramente ácido; con una fertilidad que varia de 1.5 al 3%.

## Suelo Podzol.

Suelo que presenta un proceso de eluviación o sea un depósito de productos originados por la lixiviación de los horizontes superficiales sobre el B. Su nombre proviene del ruso que significa ceniza que adquirio del subhorizonte A2 que es ligeramente blanquizco o gris ceniza.

Horizonte A. Constituido por materia orgánica en descomposición.

Subhorizonte A1. De espesor de 5 cm., color café grisáceo oscuro. Suelo mineral orgánico. Acido debido a la alta cantidad de cal y lixiviación mediana.

Subhorizonte A2. Color gris claro blanquizco, materia orgánica mezclada con suelo mineral. Acido. La arcilla fina y los coloides se saturan con hidrógeno y se lixivian. Su espesor varía de 2 a 8 cm. en suelos jóvenes.

Horizonte B. color café. Espesor de 45 a 75 cm., los depósitos de arcilla fina y de los otros materiales lixiviados de arriba, orgánicos y minerales. Si el material de este horizonte es arcilloso, no se presenta cementado, en una masa de orstein, pero sí terrones firmes o duros del tamaño entre la avellana y la nuez.

Horizonte C. Está formado por material arenoso o arcilloso de la roca madre de origen.

Este suelo cuenta con una fertilidad de 1.7% para los húmiferos y 2.8% para los ricos en oxido de fierro; presentando un drenaje bueno y su pH es de 6 a 7.

Otro suelo del Grupo I es el siguiente.

Chernozem o negro

Suelo que corresponde al proceso de calcificación. Presentando en su perfil un contenido significativo de acumulación de sales de calcio. El carbonato de calcio puede existir desde la roca madre, esto se comprue

ba con las reacciones que se producen con el ácido clorhídrico.

Horizonte A. Formado por materia orgánica. La oxidación, la hidratación, y la solución son la causa de los cambios que tienen lugar en este horizontes.

Subhorizonte A1. De color negro o gris, que cambia en su profundidad a color más claro, rico en materia orgánica, de 5 a 10%, con acumulación de sales. Su pH es alto. Algo compacto. Estructura granular con pequeños terrones en su parte inferior. Rico en nutrientes. El A1 es de eluviación con sus elementos constituyentes removibles. Cuyo espesor es de 50 a 60 cm..

Subhorizonte A2. De color más claro que el A1 o con tintes gris blanquizo o amarillento. La materia orgánica se distribuye a profundida. La transición de este A2 al B, no es uniforme, si no con lenguetas.

La estructura es más gruesas, terrenosa, prismática o columnar.

Horizonte B. De color más claro. Textura de arcilla a franco. Estructura granular bien drenado, con la profundidad incrementa la acumulación de cal en forma



de concreciones o depósitos suaves.

Horizonte C. Puede haber acumulación de materia orgánica. Roca caliza subyacente.

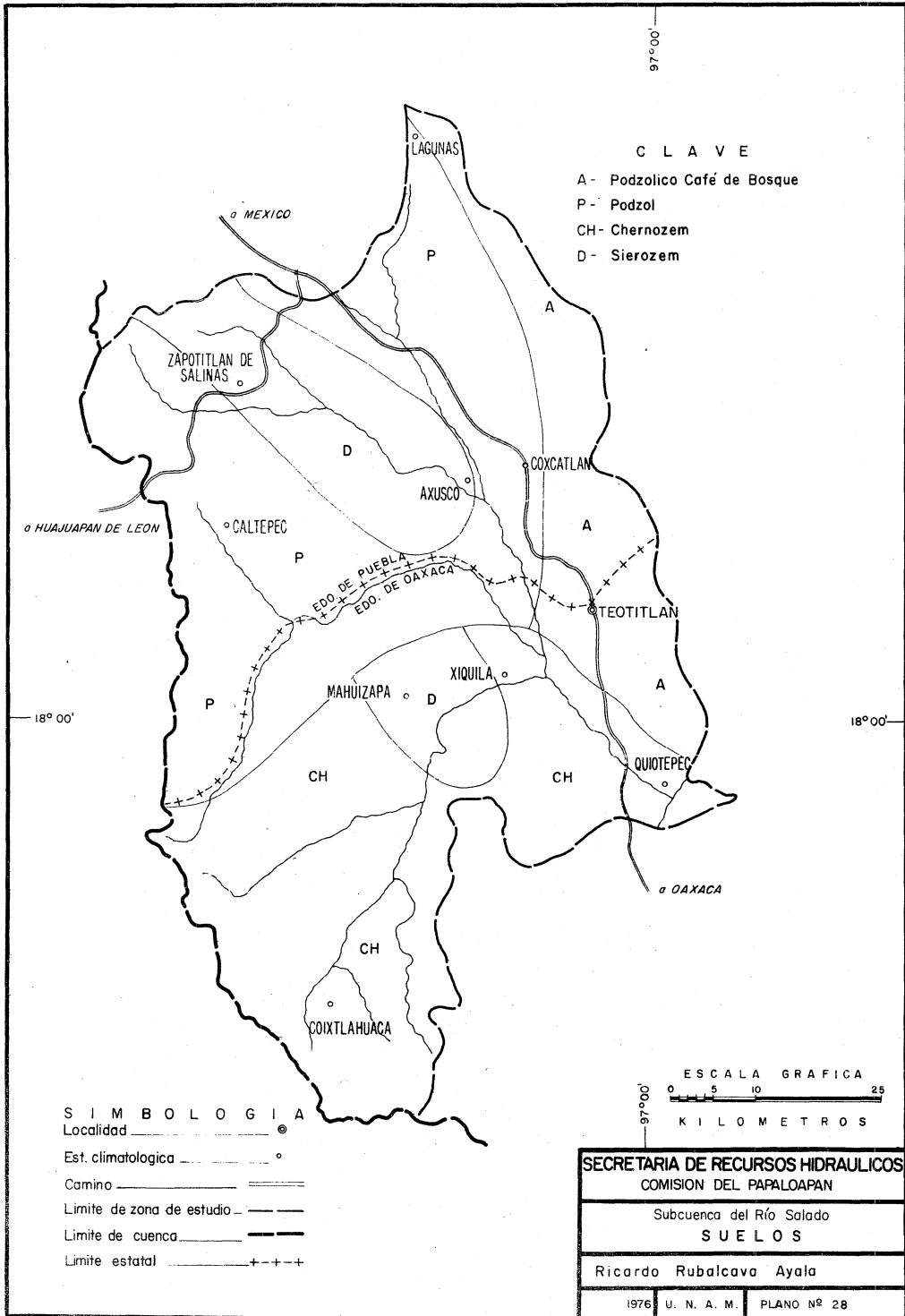
Suelo que presenta un nivel adecuado de nutrientes minerales y nitrógeno y son altamente productivos cuando disponen de humedad. Su pH es de 7.

Dentro del Grupo II, se tiene el siguiente suelo.

Suelos rojos de desierto y semidesierto (sierosem)

Suelo que debe su formación principalmente al grado de humedad y precipitación, factores limitantes en el desarrollo de su perfil. Por lo que corresponde al proceso de intemperización es poco intenso. También se debe tomar en cuenta el tipo de vegetación y la roca madre.

Horizonte A. La costra o pavimento del desierto desaparece en los lugares semidesérticos. El color rojo de estos suelos puede deberse por una parte al material de origen o bien a la cristalización en las grietas pequeñas de los minerales solubles y a la oxidación del hierro y otros minerales, en relación a las pequeñas cantidades de humedad. Los fósiles animales y vegetales con la transformación de los fosfatos, también pueden in



**C L A V E**  
 A- Podzólico Café de Bosque  
 P- Podzol  
 CH- Chernozem  
 D- Sierozem

**S I M B O L O G I A**  
 Localidad \_\_\_\_\_ ●  
 Est. climatológica \_\_\_\_\_ °  
 Camino \_\_\_\_\_  
 Limite de zona de estudio \_\_\_\_\_  
 Limite de cuenca \_\_\_\_\_  
 Limite estatal \_\_\_\_\_ + + + +

ESCALA GRAFICA  
 0 5 10 25  
 KILOMETROS

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS		
COMISION DEL PAPALOAPAN		
Subcuenca del Río Salado		
S U E L O S		
Ricardo Rubalcava Ayala		
1976	U. N. A. M.	PLANO N° 28

tervenir en los distintos tonos de coloración.

Horizonte B. Pueden presentar acumulación de yeso, carbonato de calcio y magnesio y sales solubles. - Su roca de origen puede ser de formación local o bien de pósitos de loess o acumulación de arena.

#### ESTUDIO AGROLOGICO SEMIDETALLADO

Dentro del Distrito de Riego del Río Salado se realizó un estudio agrológico semidetallado<sup>40/</sup>. Cuya zona se localiza entre los paralelos de  $18^{\circ}04'$  y  $18^{\circ}19'$  de latitud norte y los meridianos de  $97^{\circ}03'$  y  $97^{\circ}15'$  longitud oeste de Greenwich, presentando un altitud que va -- desde 800 a 1125m. sobre el nivel del mar.

Por las condiciones físicas que se presentaron en los capitulos anteriores. Se ve que éstas han influido en la naturaleza física y química de los suelos, determinandose por esto dos unidades.

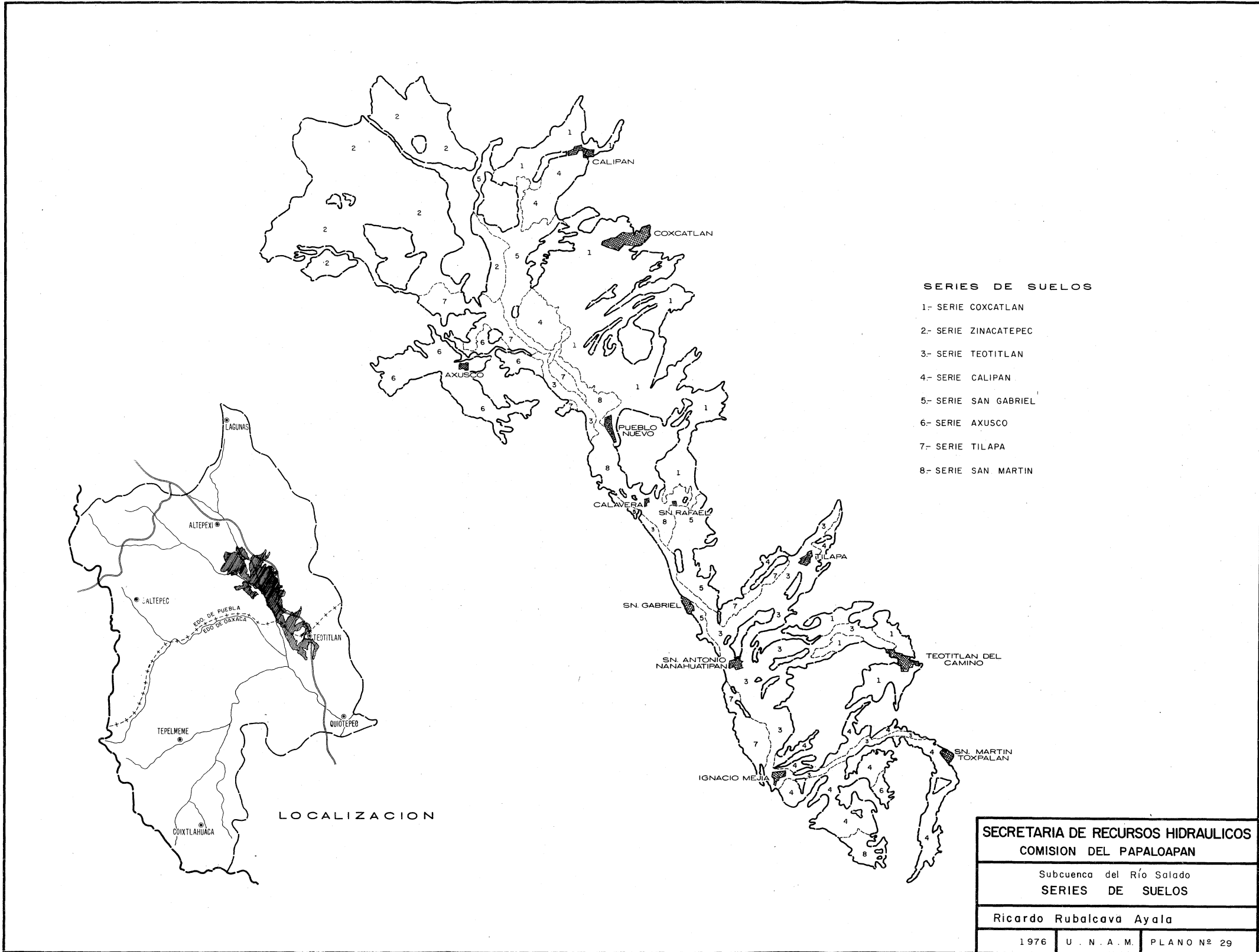
La unidad de mayor superficie está representada por lomerios y mesetas adyacentes al valle, con un relieve ondulado. La segunda unidad se ubica en la parte-

<sup>40/</sup> S.R.H. Comisión del Papaloapan. Estudio agrológico-semidetallado del proyecto de riego del río Salado-Puebla - Oaxaca, México, 1974.

ANALISIS DE LA SERIE DE SUELOS DEL DISTRITO DE RIEGO DEL RIO SALADO, PUE.- OAX.

SERIES	SUPERFICIE		PROFUNDIDAD EN CM.	ORIGEN	FORMACION	EDAD	ROCA MADRE	GEO FORMA	PENDIENTE %	DRENAJE		COLOR		ARCILLA %	LIMO %	ARENA %	TEXTURA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	REACCION AL HCL	PH	C.E. (M.M.HOS/CM)	SALINIDAD	SODICIDAD	MATERIA ORGANICA %	RAICES	NITROGENO TOTAL %	A PROVECHABLES				EROSION	VEGETACION NATURAL	CLASES POR CAPACIDAD	CULTIVOS
	HA.	%								SUPERFICIAL	INTERNO	SECO	NUMERO															FOSFORO	POTASIO	CALCIO	AGUA %				
COXCATLAN	3256.4	26.0	0-35	COLUVIAL	ALUVIAL	JOVEN	(1)	LOMERIO SUAVE	306	RAPIDO	RAPIDO	ROJO AMARILLENTO	ROJO OSCURO	16	24	60	FRANCO ARENOSO	GRANULAR	(3)	DE NULA A MUY FUERTE	8.00	0.72	(14)	(17)	0.84	MUY NUMEROSAS	0.042	1	0	+2246	5.48	MODERADA	XEROFITA	III Y IV	CAÑA DE AZUCAR
ZINANCANTEPEC	3069.6	24.4	0-45	IN-SITU	ALUVIAL	JOVEN	(1)	PLANICIE	106	MEDIO	MEDIO	GRIS CLARO	CAFE GRISACEO	4	40	56	FRANCO ARENOSO	GRANULAR	(3)	MUY FUERTE	8.70	4.10	(15)	(18)	1.22	MUY NUMEROSAS	0.061	34	+400	+2246	3.65	"	XEROFITA	III Y IV	MAIZ
TEOTITLAN	1517.8	12.1	0-25 65-100	ALUVIAL	ALUVIAL	JOVEN	(1)	LLANURA DE INUNDACION	2	MEDIO	RAPIDO	CAFE AMARILLENTO	CAFE GRISACEO OSCURO	16	36	48	FRANCO ARENOSO	SIN ESTRUCTURA	(4)	FUERTE	8.20	6.50	(15)	(17)	1.29	MUY NUMEROSAS	0.064	12	+400	+2246	6.39	"	XEROFITA	II Y III	CAÑA DE AZUCAR
CALIPAN	1507.8	12.0	0-45 175-200	COLUVIAL	ALUVIAL	JOVEN	(1)	LOMERIO SUAVE	106	LENTO A MEDIO	LENTO	CAFE AMARILLENTO CLARO	CAFE GRISACEO OSCURO	46	32	22	ARCILLA	GRANULAR Y BLOQUES	(5)	MUY FUERTE	8.35	1.70	(14)	(17)	0.90	MUY NUMEROSAS	0.045	18	+400	+2246	13.24	"	XEROFITA	I, II Y III	CAÑA DE AZUCAR
SAN GABRIEL	881.2	7.0	0-35 160-200	ALUVIAL	ALUVIAL	JOVEN	(1)	VALLE	102	LENTO	MEDIO	CAFE AMARILLENTO CLARO	CAFE OSCURO	30	32	38	FRANCO ARCILLOSO	GRANULAR	(6)	MUY FUERTE	8.60	2.00	(14)	(17)	1.87	MUY NUMEROSAS	0.093	38	+400	+2246	9.59	"	XEROFITICA	I Y II	CAÑA DE AZUCAR
AXUSCO	818.4	6.5	0-40 110-200	COLUVIAL	ALUVIAL	JOVEN	(1)	PEDIMENTO	306	RAPIDO	LENTO	CAFE AMARILLENTO CLARO	CAFE GRISACEO	36	36	28	FRANCO ARCILLOSO	BLOQUES	(8)	FUERTE	8.75	4.30	(16)	(19)	1.87	MUY NUMEROSAS	0.093	37	+400	+2246	11.41	"	XEROFITA	I, II Y III	CAÑA DE AZUCAR
TILAPA	676.6	5.4	0-45 140-200	ALUVIO-COLUVIAL	ALUVIAL	JOVEN	(1)	LLANURA DE INUNDACION	106	DE MEDIO A RAPIDO	DE LENTO A MEDIO	GRIS CLARO	CAFE OSCURO	46	30	24	ARCILLA	SIN ESTRUCTURA	(10)	DE LIGERA A FUERTE	8.55	1.70	(14)	(17)	2.38	MUY NUMEROSAS	0.019	80	+400	+2246	13.24	"	XEROFITA	I Y II	CAÑA DE AZUCAR
SAN MARTIN	619.6	4.9	0-35 100-150	COLUVIAL	ALUVIAL	JOVEN	(1)	LOMERIO SUAVE	2	MODERADAMENTE RAPIDO	LENTO	CAFE AMARILLENTO CLARO	CAFE GRISACEO OSCURO	48	38	14	ARCILLA	GRANULAR Y BLOQUES	(12)	DE NULA A MUY FUERTE	8.70	2.00	(14)	(17)	2.51	MUY NUMEROSAS	0.125	19	+400	+2246	14.61	"	XEROFITICA	II	CAÑA DE AZUCAR

- |  |   |
|--|---|
| (1) ROCAS METAMORFICAS, SEDIMENTARIAS Y CONGLOMERADOS                        | (11) EN SECO VARIA DE SUAVE A MUY DURA Y EN HUMEDO VARIA DE MUY FIRME A MUY FRIABLE |
| (3) EN SECO DE FIRME A SUELTA Y EN HUMEDO ES MUY FRIABLE                     | (12) EN SECO DURA Y EN HUMEDO MUY FIRME   |
| (4) EN SECO Y EN HUMEDO SUELTA   | (13) EN SECO MUY DURA Y EN HUMEDO MUY FIRME   |
| (5) EN SECO ES MUY DURA A EXTREMADAMENTE DURA Y EN HUMEDO DE FRIABLE A FIRME | (14) SIN AFECTACION POR SALES   |
| (6) EN SECO ES DURA Y EN HUMEDA ES FRIABLE                                   | (15) LIGERAMENTE AFECTADA POR SALES   |
| (7) EN SECO SUELTA Y EN HUMEDO MUY FRIABLE                                   | (16) SIN AFECTACION A LIGERAMENTE AFECTADA POR SALES                                |
| (8) EN SECO MUY DURA Y EN HUMEDO VARIA DE FRIABLE A FIRME                    | (17) SIN AFECTACION POR SODIO   |
| (9) EN SECO ES SUAVE Y EN HUMEDO MUY FRIABLE                                 | (18) LIGERAMENTE AFECTADA POR SODIO   |
| (10) EN SECO ES LIGERAMENTE FIRME Y EN HUMEDO ES MUY FRIABLE                 | (19) SIN AFECTACION A LIGERAMENTE AFECTADA POR SODIO                                |



78-79 3

baja del valle, con una topografía sensiblemente plana.-  
Identificandose en estas unidades ocho series que se describen a continuación.

La zona comprende una área de 12 346.8 Ha que representa el 11.2% de la superficie del distrito de riego.

La profundidad del horizonte superficial de las series no es constante, variando entre 25 y 45 cm.. En el inferior va de 100 a 200 cm..

Estas series deben su origen a tres procesos diferentes que en orden de importancia son: Coluvial, -- aluvial e in-situ. El coluvial corresponde a la acumulación del material madre por gravedad. El aluvial es debido a la sedimentación de los materiales y ambos procesos son determinados por el efecto del agua (Transportados). El in-situ es el que se ha desarrollado y ha permanecido en el lugar de origen.

Su formación en general corresponde al proceso aluvial, determinado por el elemento agua que ha de transporte y de sedimentación a los materiales provocando el desarrollo de los diferentes perfiles de los suelos.

La edad de las series se ha determinado por el desarrollo de su perfil, correspondiendo a un suelo joven, cuyas características son: un solum delgado, su materia orgánica se acumula en el horizonte A y presenta los procesos de intemperización y lixiviación en un estado completamente ligero.

De acuerdo a las formaciones geológicas de la región en la zona de estudio las series presentan una gran similitud genética, constituida por rocas sedimentarias y metamórficas de las eras mesozoica y cenozoica (cuarcita, gneiss, caliza, arenisca y esquistos).

En la superficie donde se encuentra estas series se presentan diferentes tipos de geoformas. Que determinan el aprovechamiento de los suelos, incluyendo su pendiente y drenaje, se pueden observar por las formas siguientes:

Valles sin accidentes topográficos que modifiquen la superficie, con una pendiente menor al 3%, y su drenaje superficial va de lento a medio y en el interno varia de lento a rápido.

Terrenos ondulados constituidos por los declives de las sierras, cerros y lomas, con una pendiente entre el 3 y el 7% y con un desagüe superficial que varía-

de medio a rápido y en el interno de lento a rápido.

El color de los suelos se ha determinado por los minerales que los forman; observándose que en horizonte superficial los colores en estado seco van desde el rojo pasando por el café hasta el gris claro y algunos están mezclados con amarillo. En estado húmedo el color predominante es el café con diferentes tonalidades oscuras y claras.

En los horizontes profundos se observan los colores café, amarillo y gris con tonalidades claras en estado seco; y en húmedo, predomina el café con matices que van desde el oscuro hasta el gris oliva.

La característica más importante de estas series de suelos es su textura, destacando aquellos donde prevalece la arena, pasando por el franco hasta llegar a la arcilla, determinándose como suelos de textura pesada, media y fina.

La estructura de los suelos tiene una gran importancia en su desarrollo y productividad, pues de ella depende el grado de explotación que se puede llevar a cabo. En la zona de estudio se registran tres tipos que son: Sin estructura, granular y en bloque; los dos primeros se localizan en el horizonte superficial y el últi



mo en el horizonte inferior.

Las series presentan diferentes consistencia - en sus perfiles, siendo de mayor importancia la descripción del suelo cuando se encuentra en estado húmedo, don de se presenta una coherencia que va desde suelta a muy firme, pasando por muy friable, friable y firme.

Cuando se analiza la consistencia de los sue-- los en seco, aparecen los siguientes estados: De suelta a muy dura, con intermedios como son blanda, ligeramente dura y dura.

Dentro de los perfiles de las series de suelos, cuando se practican sus reacciones al ácido clorhídrico; se presenta una gama que varía desde nula hasta muy fuerte, con lo que se demuestra que estas series se localizan en una región de calizas.

Una de las características del suelo que más - comunmente se mide es la intensidad de la acidez o alcalinidad expresada por su pH; la reacción de los suelos - en estas series corresponden al grupo de los alcalinos - y del grado moderado (8-9), que es frecuente en los suelos minerales de regiones semiáridas y áridas.

Estos suelos se encuentran dentro del límite - superior de alcalinidad (6-8) requerido para el cultivo-

de al caña de azúcar, de ahí el porque se encuentran - - grandes superficies con esta gramínea.

Así mismo esta propiedad permite un grado de - conductividad eléctrica menor de los 4 mmhos/cm. con un contenido de más del 15% de salinidad, lo cual permíte - que las series presenten condiciones que van desde sin - afectación a ligeramente afectadas por sales. En las -- mismas condiciones de afectación se encuentra el proceso de sodicidad.

Por lo que respecta a la participación de ma--teria orgánica en estas series de suelos minerales se observa que es inferior al 3.0%, presentando una variación en su grado de contenido entre muy pobre y medio.

Analizando los perfiles de las series, se en--contro que en el horizonte superficial es donde se desa--rolla la mayor cantidad de raíces, en una proporción muy numerosa, y en el horizonte inferior son muy pocas o nu--las. Es necesario señalar que la proliferación de rai--ces esta determinado por el tipo de cultivo y humedad -- del suelo.

En cuenta al contenido de nitrogeno que presen--tan los perfiles de las series, se registran valores que van de 0.019 a 0.125% en su horizonte superficial; mien-

ras que en el inferior disminuyen de 0.061 a 0.003%; con siderándose por ello pobres e nitrogeno.

Respecto a la cantidad de fósforo que contie-- nen las series, se observan niveles de muy bajo a muy al to, encontrándose grados intermedios en la mayoría de -- ellas, por lo tanto se consideran aptas para la agricul- tura.

Los nutrientes como el potasio y calcio repre-  
sentan un contenido muy alto en sus perfiles, permitien-  
do por ello considerarlos como muy fértiles; con excep-  
ción de la serie de Coaxcatlán en la que no encuentran -  
contenidos de potasio.

Como es natural la cantidad de agua aprovecha-  
ble requerida por el suelo esta determinada por la textu- ra del mismo, y se expresa en en cifras relativas. Cuan- do los suelos presentan texturas como; areno, franco y - franco arenoso, demandan bajos porcentajes de agua para- poder incrementar su capacidad de retención de gua. Por su parte las series de suelos con textura franco arcillo- so, franco arcilloso arenoso y arcilla presentan altos - porcentajes de aprovechamiento de agua, por lo que su ca- pacidad de retención decrece.

Por lo que corresponde a la erosión en estas se

ries de suelos, ésta se considera como moderada. Aunque se presentan indicios de lixiviación y en algunas zonas se ven afectadas por el viento.

El agrupamiento de los suelos en clases, se debe hacer en base a su capacidad para producir cultivos.- Por lo que se requiere del conocimiento de los efectos climáticos y de sus características taxonómicas.

Este agrupamiento por clases de capacidad de los suelos (41) es de acuerdo al uso más provechoso que se puede hacer del terreno. Por lo que a continuación se hace una descripción de éstas en el área de estudio.

Clase I. Los suelos son llenos con escasa pendiente, profundos, generalmente bien drenados y fáciles de trabajar, buena capacidad de retención de agua, sin problemas de erosión, fértiles, sin peligro de inundarse. Aunque por las condiciones climáticas predominantes esta zona se requiere de riego.

Localizándose en la porción baja del valle, -- abarcando porciones de las series Calipan, Tilapa y San-Gabriel.

Clase II. Suelos que presentan Algunas limitaciones por lo que se requiere de practicas moderadas de

---

41/ Bonifacio Villanueva. Edafología. Patronato de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México - 1975.

conservación, su profundidad es menor, regular retención de agua, susceptibles a la erosión, inundaciones ocasionales, un contenido moderado de salinidad y sodicidad, limitaciones ligeras ocasionadas por el clima en su uso y manejo del suelo, mejorandolos por medio de riego.

Distribuidos en el área de estudio, cubriendo porciones de las series Teotitlán, Calipan, Axusco, Tilapa, San Gabriel y San Martín.

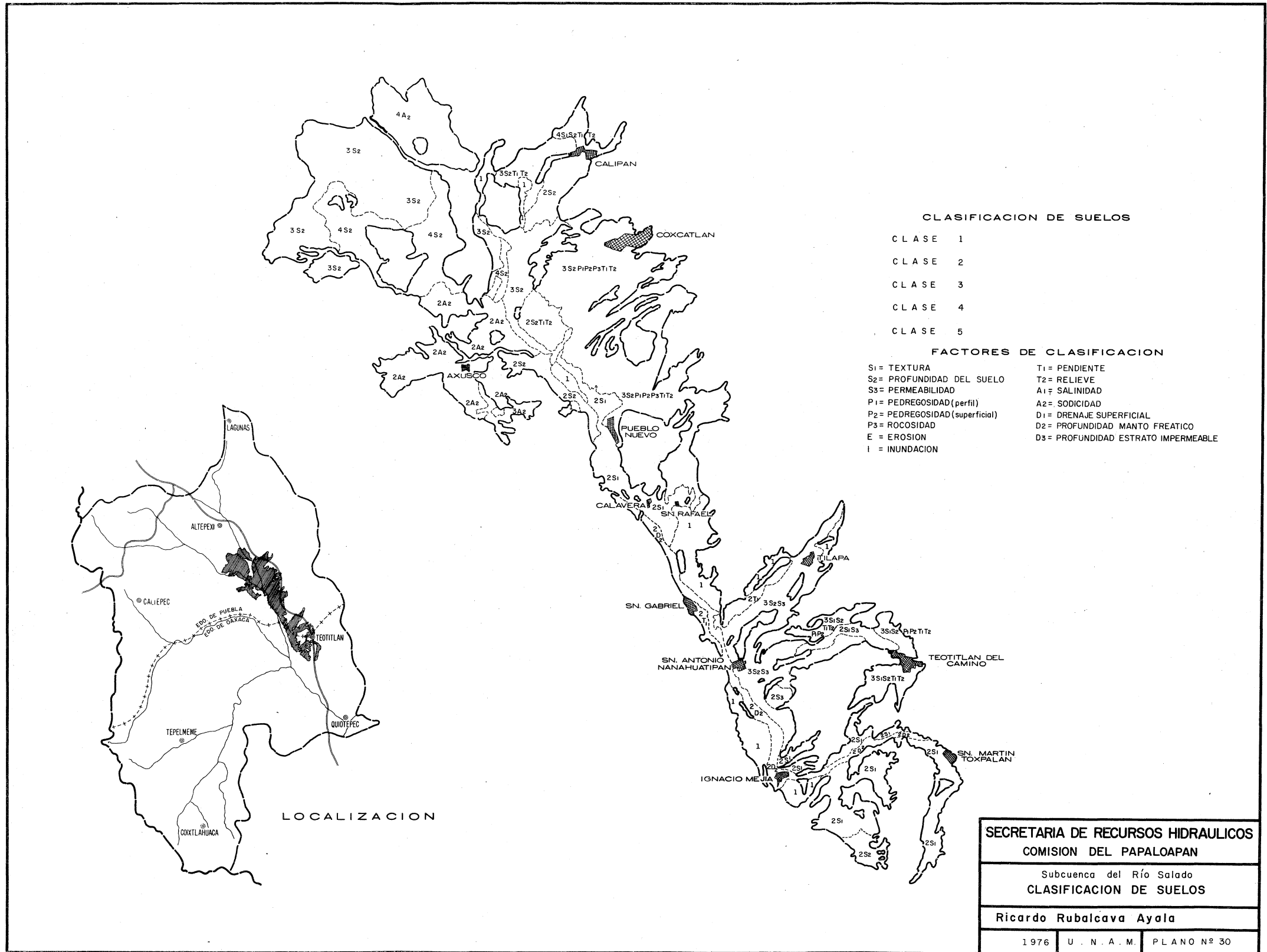
Clase III. Los suelos tienen severas limitaciones y requieren de prácticas especiales de conservación, poco profundos, baja capacidad de retención de agua, alta susceptibilidad a erosionarse por agua o vientos, inundaciones frecuentes, baja fertilidad, presentan salinidad y sodicidad, las condiciones climáticas limitantes hacen que se requiera de riego controlado.

Ocupan porciones de las series Coxcatlán, Zincatepec, Teotitlan, Axusco y Calipan.

Clase IV. Suelos que presentan limitaciones severas y requieren de prácticas de manejo y conservación cuidadosas, suelo superficial, susceptibilidad severa a la erosión, alta salinidad y sodicidad y efectos adversos del clima. Adaptandose medidas de riego de acuerdo a sus limitaciones.

Se localiza en la porción noroeste de las series Coxcatlán y Zinacatepec.

La vegetación natural de la zona es de xerófitas características de las regiones semiáridas y árida; no obstante, el cultivo principal es el de caña de azúcar que es propicio de regiones tropicales, practicándose con buenos rendimientos desde la colonia, con excepción de la serie de Zinacatepec en donde se siembra - - maíz.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La subcuenca del río Salado forma parte de la depresión del Valle de Tehuacán y de la Cañada Daxaqueña, geológicamente se integra con rocas ígneas graníticas y sedimentarias del tipo calizo de las eras azoica, mesozoica y cenozoica; generalmente se encuentran en ellas efectos de diastrofismo, ocasionando que su fisiografía presente tres subunidades geomorfológicas.

Los fenómenos meteorológicos que determinan el clima registran grandes variaciones; las diversas temperaturas son provocadas por los desniveles en la zona; la precipitación heterogéna es causada en gran parte por la influencia de la Sierra Madre Oriental; y las diferentes direcciones y velocidades de los vientos están determinados por la circulación general de la atmósfera.

El recurso agua está delimitado por la influencia de la precipitación, encontrándose corrientes superficiales que generalmente están contaminadas por una alta salinidad y una baja o mediana sodicidad. Por lo que respecta a las aguas subterráneas, se requiere de estudios específicos que determinen su abundancia o escasez.



Los suelos están comprendidos en la Clasificación General de Suelos, en los de eluviación y acumulación geológica; los primeros en condiciones de buen drenaje y los segundos son desérticos de clima seco.

El problema fundamental que afronta la región en materia de recursos naturales es lo limitado de sus aguas y la baja calidad de sus aguas y la baja calidad de las mismas; aún cuando su localización fue y es determinante en la distribución de la población y en sus actividades económicas.

Como la subcuenca corresponde a una región semiárida y desforestada, se presentan efectos de la erosión en las corrientes al transportar grandes cantidades de azolves que originan inundaciones en el Papaloapan Inferior.

Para el aprovechamiento integral de los recursos naturales de la subcuenca del río Salado, se requiere la construcción de obras de control de avenidas para utilizar al máximo las aguas y ampliar el uso de técnicas modernas en la agricultura, tomando en cuenta las condiciones físicas de la zona, con el propósito de incrementar los rendimientos y la productividad en los cultivos.

Es importante limitar el alto grado de desfo--  
restación que se presenta en la región meridional de la  
Sierra Madre Oriental donde se ha perdido la cubierta ve  
getal, originando que los suelos queden desprotegidos, -  
por lo que se observa una fuerte erosión que a la postre  
provocará cambios en las condiciones ecológicas que afec  
tarán la subcuenca y en especial el desenvolvimiento de-  
la agricultura, sobre todo la que se práctica en el dis-  
trito de riego.

## B I B L I O G R A F I A

Tomas Barrera. *Guía Geológica de Oaxaca*. UNAM. Instituto de Geología. México, 1946. Mapa de la Región -- Tehuacán-Oaxaca.

Emilio Bose. *Las aguas subterráneas de la región de Tehuacán, Puebla*. Boletín Minero. México, 1916.

A. Calderón García. *Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla*. Congreso Geológico Internacional. Excursión A-11. Vigésima sesión. México, 1956.

Comisión del Papaloapan. *Secretaría de Recursos Hidráulicos. Planificación Integral de la Cuenca del Papaloapan*. México, 1971.

Comisión del Papaloapan. *Secretaría de Recursos Hidráulicos. La Erosión en el Alto Papaloapan*. México - 1965.

Comisión del Papaloapan. *Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrométrico No. 14. 1961-1962*. México, 1963.

Comisión del Papaloapan. *Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrométrico No. 15 1963-1964*. México, 1965.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrométrico No. 16 1965-1966. México, 1967.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrométrico No. 17 1967-1968. México, 1969.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrométrico No. 18 1969-1970. México, 1971.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Atlas Climatológico e Hidrológico de la Cuenca de Papaloapan. México, 1975.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Reconocimiento del Alto Papaloapan, Subcuenca del Río Salado, Primera Parte. México, 1954.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Zona de Veda del Valle de Tehuacán. México, - 1969.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Programa Integral de Desarrollo Rural de la - Cuenca del Papaloapan. Tomo IV. México, 1974.

Comisión del Papaloapan. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Estudio Agrológico Semidetallado del Proyecto de Riego del Río Salado, Puebla-Oaxaca. México, -- 1974.

José V. Flores R. Estudio Estratigráfico del Jurásico Superior en la Sierra Madre Oriental entre Teotitlán Oaxaca y Zongolica, Veracruz. PEMEX, 1970.

José Manuel López Rubio. Informe geológico superficial - del area Calipan-Tehuacán-Tlacotepec, Puebla. PEMEX 1954. Inedito.

Mario Macías Villada. La Edafología o Ciencia del Suelo. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía e Historia. Tomo LXXI. Nums. 1-3, Enero-Junio. México, 1951.

Mario Macías Villada. Suelos de la República Mexicana. - Ingeniería Hidráulica en México. México, 1960.

Oscar Palacios V y Everardo Aceves N. Instructivo para - el muestreo registro de datos e interpretación de - la calidad del agua para riego agrícola. Patronato de la Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México, 1969.

María Eugenia Villágoz Hernández. Las depresiones del sureste de Puebla: La Depresión Tecamachalco-Tehuacán, la Depresión Chalchicomula-El Chapulco. Anuario de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. - Universidad Nacional Autónoma de México. Año XIII. - México, 1973.

Bonifacio Villanueva. Edafología. Patronato de la Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México, 1975

Francisco Voniegra. Paleogeografía y tectónica del mesozoico en la provincia de la Sierra Madre y macizo de Teziutlán. boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. XVIII. Num. 7-8. México-1966.

Francisco Viniegra. Geología del macizo de Teziutlán y - de la cuenca cenozoico de Veracruz. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. México-1965.

Jorge A. Vivó. *Geografía de México*. Fondo de Cultura Económica. México, 1958.

Jorge A. Vivó. *Su Relación con el Terremoto del 28 de -- Agosto de 1973*. Anuario de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. Año XIII. México, 1973.

Jorge A. Vivó. *Climatología de México*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia y Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología. Publicación No. 19. México, 1946.

Jorge A. Vivó *Geografía Física*. Editorial Herrero. México, 1975.