

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA



Estudio del Problema de Drenaje de la Zona de Tlahuelilpan Hgo.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A :

GUILLELMO MERCADO MUÑOZ

GUADALAJARA, JAL., 1978

A MIS PADRES Y HERMANOS

A MI ESCUELA Y MAESTROS

A MIS AMIGOS

I N D I C E

	PAG.
I.- INTRODUCCION	1
II.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	3
III.- REVISION DE LITERATURA	6
IV.- METODOLOGIA	13
V.- RESULTADOS	19
VI.- CONCLUSIONES	58
VII.- RECOMENDACIONES	59
VIII.- BIBLIOGRAFIA	60

INDICE DE ANEXOS, GRAFICAS Y PLANOS

NUMERO	CONTENIDO	PAG.
PLANO 1	PLANO DE LOCALIZACION	5
ANEXO 1	DESCRIPCION DEL PERFIL REPRESENTATIVO.....	20
PLANO 2	PLANO DE SALINIDAD DEL SUELO.....	22
ANEXO 2	ANALISIS FISICO QUIMICO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE LOS 32 POZOS	23
PLANO 3	ISOBATAS DEL MES DE NOVIEMBRE DE 1976.....	29
PLANO 4	ISOBATAS DEL MES DE DICIEMBRE DE 1976.....	30
PLANO 5	ISOBATAS DEL MES DE ENERO DE 1977.....	31
PLANO 6	ISOBATAS DEL MES DE FEBRERO DE 1977.....	32
PLANO 7	ISOBATAS DEL MES DE MARZO DE 1977.....	33
PLANO 8	ISOBATAS DEL MES DE ABRIL DE 1977.....	34
PLANO 9	ISOBATAS DEL MES DE MAYO DE 1977.....	35
PLANO 10	ISOBATAS DEL MES DE JUNIO DE 1977.....	36
PLANO 11	ISOBATAS DEL MES DE JULIO DE 1977.....	37
PLANO 12	ISOBATAS DEL MES DE AGOSTO DE 1977.....	38
PLANO 13	ISOBATAS DEL MES DE SEPTIEMBRE DE 1977.....	39
PLANO 14	ISOBATAS DEL MES DE OCTUBRE DE 1977.....	40
GRAFICA 1	GRAFICA DE AREAS TIEMPO, VOLUMENES APORTADOS Y PRECIPITACION.....	41
PLANO 15	ISOHYPASAS DEL MES DE NOVIEMBRE DE 1976.....	44
PLANO 16	ISOHYPASAS DEL MES DE DICIEMBRE DE 1976.....	45
PLANO 17	ISOHYPASAS DEL MES DE ENERO DE 1977.....	46
PLANO 18	ISOHYPASAS DEL MES DE FEBRERO DE 1977.....	47
PLANO 19	ISOHYPASAS DEL MES DE MARZO DE 1977.....	48
PLANO 20	ISOHYPASAS DEL MES DE ABRIL DE 1977.....	49

NUMERO	CONTENIDO	PAG.
PLANO 21	ISOHYPAS DEL MES DE MAYO DE 1977.....	50
PLANO 22	ISOHYPAS DEL MES DE JUNIO DE 1977.....	51
PLANO 23	ISOHYPAS DEL MES DE JULIO DE 1977.....	52
PLANO 24	ISOHYPAS DEL MES DE AGOSTO DE 1977.....	53
PLANO 25	ISOHYPAS DEL MES DE SEPTIEMBRE DE 1977.....	54
PLANO 26	ISOHYPAS DEL MES DE OCTUBRE DE 1977.....	55
PLANO 27	PLANO DE INCREMENTOS MINIMOS.....	56
PLANO 28	PLANO DE TRAZO DE LINEAS DE CORRIENTE.....	57

I.- INTRODUCCION.

El Distrito de Riego 03-Tula, Hgo., está constituido por 41,549.28 hectáreas que forman una franja alargada con orientación aproximada Norte Sur, siendo la Ciudad de Actopan el límite Norte y la Ciudad de Tula el límite Sur. A 12 Kms. al N-E de Tula, se encuentra el Municipio de Tlahuelilpan, en cuya Cabecera, Poblado del mismo nombre, surgió en 1963 el problema del Manto Freático Somero, que dió origen a lo que ahora es el problema de drenaje de Tlahuelilpan y que a la fecha se ha extendido al grado de que aproximadamente -- 225-00 Has., reflejan bajas considerables en el rendimiento de los cultivos y de las cuales 64-00 Has., se han dejado de sembrar porque muestran empantanamiento permanente y que si no se combate el problema, posiblemente en un futuro próximo tengan que ser abandonadas, ya que el nivel freático habrá -- ascendido hasta la superficie del suelo.

El crecimiento demográfico y la imperiosa necesidad de mejorar el nivel de vida del pueblo mexicano, exigen entre otras cosas de un aumento substancial del consumo y de la producción agrícola, por otro lado, como lo muestran los estudios realizados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), tanto las áreas de terrenos laborables como los volúmenes de -- agua disponible para su riego son muy limitados. Así que el aumento de la -- producción agrícola deberá ser logrado preferentemente por el camino de elevar los rendimientos por unidad de superficie. Al respecto, es bien sabido -- que los efectos de la aplicación de una técnica agrícola avanzada (empleo de fertilizantes, mejoradores, utilización de variedades mejoradas, etc.) resultan más notorios, cuando se tiene un régimen de humedad asegurado. Es por -- esto que la importancia de la irrigación en la agricultura y en general en -- la vida económica del país, va siendo cada día mayor.

Esta creciente importancia de la irrigación en la economía del país y el mercado aumento de las áreas empantanadas de los Distritos de Riego (consecuencia de las deficiencias en la construcción y operación de los mismos, que --

por otro lado resultan explicables por las condiciones económico-político-
sociales imperantes durante el desarrollo de la irrigación en el país) exigen
y justifican la realización de estudios sobre la naturaleza de los fenómenos
y sobre los medios de prevención y combate de los mismos.

II-1.- ANTECEDENTES:

El Municipio de Tlahuelilpan, tiene una superficie de 14 Km². de los cuales 568-00 Has., son ejidales y el resto de pequeña propiedad y zona urbana, siendo 2,220.00 Has., beneficiadas con el riego de aguas negras, con una población de 11,200 habitantes los cuales se dedican a la agricultura, pequeño comercio, ganadería y avicultura incipiente. Se cuentan con tres Deshidratadoras, dos de capital privado y una ejidal, con vías de comunicación México-Zumpango, Apasco-Tlahuelilpan, México-Huehuetoca-Atitalaquia, Tula-Actopan, encontrándose enclavadas las colonias de Chuahtémoc, San Primitivo y Mira Valle con una delimitación política al Norte: Tezontepec y Mixquiahuala, al S-W: -- Tlaxcoapan, y al Este Tetepango.

El área a la que se refiere el presente trabajo, está en una hondonada limitada hacia el oriente por la población de Tlahuelilpan y el Dren Tlahuelilpan-Tlaxcoapan, hacia el poniente por el bordo de la margen derecha del Río Salado y queda comprendida entre las cotas 2046 hacia el Sur y 2039 hacia el Norte.

Observando la topografía general de la zona circundante, se aprecia que el ejido de Tlahuelilpan se encuentra en la descarga natural hacia el Río Salado de una antigua corriente cuya cuenca de captación es de 10,160 Has. El parteaguas se localiza aproximadamente entre los siguientes puntos: Colonia Cuauhtémoc, Cerro de la Cruz, Cerro de Tetepango, Tlalminulpa (véase plano No. 1).

Al ser nivelados los terrenos que actualmente están bajo riego, se obstruyó el cauce natural de la descarga.

En el extremo Sur-Oeste del ejido de Tlahuelilpan y sobre el Río Salado, se encuentra la Presa Derivadora "Las Cadenas" que alimenta por la margen izquierda del Río Salado al Canal de "Las Cadenas" y por la margen derecha al

canal de la Concesión de Tlahuelilpan. En forma permanente el agua está represada en dicha derivadora y circula también en forma permanente por el canal de la Concesión, cuando no hay superficie por regar, esta agua se desfoega hacia el dren existente Tlahuelilpan-Tlaxcoapan.

II-2.- OBJETIVOS:

El objetivo de este estudio, es conocer las causas que están originando el empantanamiento de esta área, lo que trae como consecuencia que en los suelos con características agrícolas deseables, se esten obteniendo bajos rendimientos y en algunos casos el abandono de estos, además que se nota una clara tendencia a seguir incrementandose la superficie con este problema.

Motivo por el cual en base a este estudio se puedan obtener resultados satisfactorios para indicar el procedimiento o los procedimientos para su mejor solución.

III.- REVISION DE LITERATURA.

DEFINICION DE DRENAJE AGRICOLA:

Se entiende por drenaje agrícola, el conjunto de acciones realizadas por el hombre, con el fin de eliminar los excedentes de humedad del suelo donde se verifica el desarrollo radicular de las plantas.

Su objetivo es retirar el exceso de agua a fin de mantener la aereación y actividad biológica, que son indispensables en los procesos fisiológicos de los cultivos, así como también la remoción y lixiviación de altos contenidos de sales.

Se distinguen dos tipos de drenaje: Superficial e Interno.

El primero drena los escurrimientos superficiales y el segundo todos los excesos de humedad subsuperficial.

DRENAJE DE ZONAS ARIDAS:

En condiciones naturales, excepcionalmente se presentan problemas de drenaje por tener una precipitación menor que la evapotranspiración. Al convertirse en zona de riego, la frecuencia e intensidad de las aplicaciones del agua, cambian el régimen de humedad a causa de que la magnitud de los volúmenes aportados es mayor que la de los consumidos por los cultivos establecidos. Por otra parte, aún en proyectos que han sido diseñados, construidos y operados cuidadosamente, es difícil lograr eficiencias mayores del 60%, lo que significa que casi la mitad del agua de riego no sea utilizada por las plantas, se infiltre y ocasione que en los estratos transmisores que no sean lo suficientemente capaces para desalojarla con la rapidez necesaria, se provoque un aumento de carga y en consecuencia, una elevación del manto freático, y si el agua presenta fuertes contenidos de sales, también se elevan y causan problemas salinos.

En este caso, el drenaje tiene como objetivo principal abatir los niveles freáticos y eliminar la salinidad del perfil donde se desarrolló el sistema radicular.

EL PROBLEMA DE DRENAJE CUANDO HAY SUBALIMENTACION:

El drenaje tiene como finalidad asegurar un régimen de humedad y aereación adecuado y evitar que se acumulen las sales en el perfil del suelo donde se desarrolla el sistema radicular de los cultivos, lo que se logra evacuando el agua en un tiempo menor que el que soporta el cultivo al exceso de humedad, abatiendo los mantos freáticos hasta ciertas profundidades mínimas permisibles y favoreciendo la salida del agua y sales en lavados de suelos y sobri-riegos de cultivos.

El drenaje horizontal es el tipo más ampliamente utilizado para impedir las sobre-elevaciones del manto freático a elevaciones menores que aquellos que la práctica recomienda, según sea el tipo de explotación agrícola pero en aquellos casos en que el agua que ocasiona el problema proviene de infiltraciones superficiales (lluvia y sobre-riego) y de los acuíferos que están a cierta profundidad y con carga hidráulica alta (mayor que la altura del nivel freático), los drenes horizontales resultan antieconómicos por requerirse de espaciamientos muy pequeños. Esto sucede debido a que la subalimentación por un lado alimenta al nivel freático y por otro lado, constituye un obstáculo hidrodinámico que evita que el nivel freático descienda.

Grassi (1969) menciona que cuando el problema de drenaje se debe a la existencia de presión arteciana, el drenaje por medio de los procedimientos convencionales es generalmente antieconómico por el reducido espaciamiento que resulta entre los drenes. En tal caso la única forma de abatir los niveles consiste en la instalación de "pozos de alivio" cuando existe suficiente presión para ello o mediante la instalación de equipos de bombeo para alcanzar dicho fin.

Kessler (1971) indica que los campos experimentales de drenaje pueden utilizarse en algunos de los siguientes objetivos:

- 1.- Estudiar las características hidrológicas del suelo, utilizando los datos obtenidos durante un experimento de drenaje
- 2.- Estudiar el efecto de diferentes prácticas de manejo del agua en el balance de sales y respuesta de los cultivos.
- 3.- Probar el funcionamiento de diferentes materiales de drenaje y diferentes prácticas de instalación.

La información básica que debe tomarse en cualquier experimento de drenaje es concerniente a la descarga de los drenes y las elevaciones del nivel freático dependiendo de los propósitos del experimento, otros aspectos pueden considerarse como son contenido de humedad en el suelo, salinidad, desarrollo radicular, etc.

El principio para evaluar la información obtenida del experimento sobre elevaciones del nivel freático y descarga de los drenes, se basa en la aplicación de las fórmulas que describen el flujo del agua subterránea hacia los drenes. En lugar de introducir en la fórmula los valores de conductividad hidráulica y el criterio de drenaje para calcular el espaciamiento entre drenes, el espaciamiento que se tiene entre los drenes del experimento es considerado para investigar las propiedades hidrológicas en base a la información obtenida de descarga de los drenes y elevación del nivel freático.

Luthin (1966) propone una fórmula para calcular el espaciamiento entre drenes cuando existe sub-alimentación. Aclara que cuando la carga hidráulica es alta el espaciamiento es muy pequeño.

RED DE COLECTORES DE DRENAJE:

De la red de colectores de drenaje, dos aspectos esenciales deben ser cuidadosamente tomados en cuenta en el diseño para asegurar el trabajo eficiente de la misma:

El primero es la localización y el segundo la capacidad mínima de conducción.

Localización.- Al parecer deben considerarse dos criterios para localizar los drenes colectores. En primer lugar los colectores deben reconocer los bajos topográficos naturales existentes. Este criterio tiene la finalidad de acelerar o favorecer la salida de escurrimientos superficiales, principalmente debido a las lluvias torrenciales que en forma natural han ido formando los bajos topográficos.

Por otro lado, de acuerdo con Castilla (memorándum técnico 240) en los Distritos de riego en Operación, donde se cuenta con mapas de niveles freáticos, deben construirse drenes en las zonas de recarga del manto freático y de más -- baja permeabilidad donde frecuentemente se observan altos niveles freáticos. Asimismo, debe estudiarse la construcción de los drenes en las zonas con niveles freáticos someros y bajos gradientes, con la finalidad de acelerar la salida de las aguas subterráneas.

Algunos autores (Schwab y otros 1966) consideran que la red de desagües destinada a evacuar las aguas de lluvia, deben ser lo posible independiente de la red de colectores de aguas subterráneas, debido a los diferentes requerimientos que se exigen de cada una de ellas. En efecto mientras que la segunda generalmente debe ser profunda (para desfogar eficientemente las aguas freáticas de los drenes parcelarios y mantener a suficiente profundidad los mantos freáticos) y también por regla general siempre lleva agua conservando humedad la razante de los drenes que por tal motivo están menos protegidas de la erosión, la red de desagües de agua de lluvia puede ser menos profunda y trabaja solamente durante la temporada de lluvias, permaneciendo seca el resto del -- año, presentando por lo mismo, condiciones adecuadas para el mantenimiento de una cubierta vegetal (pasto).

La red de colectores debe tener una longitud y ramificación suficiente para -- todos los eventuales drenes parcelarios puedan descargar en ella.

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE LOS DRENES COLECTORES:

La capacidad de conducción de los drenes colectores, así como los parcelarios

queda fundamentalmente determinada por áreas tributarias y los módulos o gastos unitarios de drenaje (expresados frecuentemente en l.p.s/h.). Por regla general estos módulos o gastos unitarios de drenaje tienen varias componentes como son: escorrentia de lluvia, sobre-riego, filtraciones (coleos), alimentación subterránea de mantos confinados, etc. Aunque los volúmenes drenados anuales por -- concepto de sobre-riego, filtraciones y alimentación subterránea, pueden ser -- considerables y nada despreciables para fines de cálculo de la capacidad de -- conducción generalmente el concepto determinante son los escurrimientos por -- lluvia, mientras que los otros factores pueden determinar más bien la profundidad y separación de los drenes colectores y parcelarios.

A este respecto, el Ing. Pedrero (1961) sugiere que los drenes colectores tengan una profundidad mínima de 3.3. M y separación del orden de 1 Km. de manera de facilitar la descarga de los drenes parcelarios que en promedio a lo largo de su recorrido tendran una profundidad de 2 M. con que los mantos freáticos -- quedarían a una profundidad de 1.5 M. como mínimo, lo que parece aceptable -- para el control del ensalitramiento.

Averianov (1959) señala que los módulos de drenaje parcelario sin considerar -- las lluvias (por ejemplo en drenes subterráneos), varían desde 0.02 l.p.s. -- hasta 0.3 ó 0.6 l.p.s/h. en la época de riegos intensivos o lavador si se considera que un colector recibe aguas de drenes cuya área tributaria en conjunto sea del orden de 1.000 Has., la capacidad de conducción necesaria, excluyendo los escurrimientos por lluvia, sería del orden de 0.3 a 0.6 M³/Seg. Esta capacidad podría ser fácilmente garantizada con la sección mínima (del orden de -- 2.5 M. de profundidad, 1 ó 1.5 M. de plantilla y pendiente de 0.0005), realiza -- ble con el equipo de construcción que generalmente se utiliza, desde este punto de vista es probable que incluso tomando en cuenta las lluvias que frecuentemente se presentan en las regiones donde se localizan los Distritos de Riego, los colectores que cubren áreas hasta de 300 - 500 Has., puedan quedar con capacidad suficiente al realizarlos con las secciones mínimas que proporcionan -- las máquinas empleadas usualmente en la construcción (dragas). En cambio en --

los colectores principales, así como en general en los que dominan una área mayor de 1,000-00 Has., es conveniente hacer una estimación del gasto de proyecto por lo que respecta a lluvias.

CARACTERIZACION DE SUELOS Y SUBSUELOS:

Para la formulación del balance de humedad de los suelos (determinación de entradas y salidas subterráneas), evaluación de pérdidas de filtración en canales (por métodos analíticos), así como para el diseño de diversas medidas ingenieriles (proyecto de drenes interceptores y de otro tipo, horizontales y verticales) se requiere del conocimiento de ciertos parámetros y datos en general que caracterizan a los suelos y subsuelos.

La información básica para los estudios de prevención y combate del empantanamiento y ensalitramiento de los suelos comprende los siguientes aspectos:

- a.- Características físicas y químicas de los suelos, aguas freáticas y de riego y sus variaciones con el tiempo.
- b.- Niveles freáticos, caudales en los conductos de entrada y salida (canales y drenes) y sus variaciones en el tiempo.
- c.- Características geohidrológicas, permeabilidad de los suelos y subsuelos y estratos donde se localizan acuíferos ligados a los mantos freáticos, espesor de los estratos o profundidad de hidro-apoyo (estrato impermeable) -- transmisibilidades (producto o suma de productos de los espesores por sus respectivas permeabilidades) y "coeficiente de drenaje".

PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS Y SUBSUELOS:

La conductividad hidráulica, es probablemente la característica de los suelos más importantes (Dr. Oscar Palacios Vélez, 1969) Se define como la velocidad de filtración que se presenta en un medio saturado cuando el gradiente de energía es igual a la unidad, tiene por tanto unidades de velocidad y generalmente se expresa en M/día ó en Cm/h y se representa por la letra K.

El valor de la conductividad hidráulica depende tanto de las características del suelo como del agua que fluye a través de él, debido a la heterogeneidad -- anisometría de los suelos en general el valor K varía de un punto a otro y su determinación puede ser:

- a.- Métodos indirectos y de laboratorio.
- b.- Métodos directos de campo ó in-situ.

En el primer caso el problema se puede resolver con el empleo de parámetros y muestras de preferencia de estructura inalterable. El procedimiento se ilustra en numerosa literatura (Luthin 1957, Manual No. 60 1966 Atovsky 1962, etc.)

En el segundo caso el método más usado por su rapidez y sencillez de equipo -- empleado, es el "Método del Pozo", modificado por Hooghoudt, Kirkham, Ernest y otros.

COEFICIENTE DE DRENAJE:

El "coeficiente de Drenaje" también llamado "Coeficiente de porosidad libre", es la fracción expresada en decimales del volumen del suelo que llenan las -- aguas freáticas durante su abatimiento. Si las aguas al ascender tuvieran que llenar todos los poros del suelo y al bajar los dejaran completamente libres, este coeficiente sería igual a la porosidad, en realidad, el suelo siempre retiene o contiene cierta humedad por lo que solo una parte de los poros se llena o desaloja con los movimientos del agua freática.

IV.- METODOLOGIA.

Para la determinación de los problemas y/o condiciones de drenaje, se realizó en base a los siguientes estudios:

- 1.- Estudios Previos.
- 2.- Estudios necesarios o específicos del drenaje.

1.- ESTUDIOS PREVIOS:

Llamados así porque generalmente su realización es necesaria para otros trabajos

1.1.- ESTUDIO TOPOGRAFICO:

Es necesario contar con la configuración de la zona de estudio para tener una representación real de todos los accidentes naturales de importancia que faciliten o impidan el drenaje natural.

El plano topográfico constituye un auxilio importante en la planeación de los trabajos, en el diseño de los drenes y el proyecto de las obras que se requieran para el drenaje del área en el cual se fijarán los cauces de los ríos o arroyos, así como también las alturas o depresiones que constituyen la orografía de la zona y los recorridos de las redes de distribución de aguas de riego y de drenaje, con equidistancias de cuervas de nivel a un metro.

1.2.- ESTUDIO AGROLOGICO O DEL PERFIL DEL SUELO:

El estudio agrológico nos da a conocer la localización de los diferentes perfiles que forman los suelos de la zona, su extensión y las características eafológicas de los diversos estratos que los constituyen.

Se agruparon en "series" y "tipos", tomando como base las características que marcan su origen, el modo de formación y acomodamiento de los diferentes estratos definidos por la textura, consistencia, estructura con la cual se evalúa el movimiento del agua, así como la probable capacidad de drenaje en cada uno de los estratos que los forman calificándolos como drenaje deficiente, regular y eficiente, así como también de permeabilidad lenta y retardada.

Se tomó en base del estudio agrológico detallado del Distrito de Riego 03-Tula, (1969).

1.3.- ESTUDIO GEOHIDROLOGICO:

La interpretación de los perfiles en sus 10 primeros metros reviste gran importancia, por que los materiales que forman gran parte de los estratos son transmisores del agua.

Por otra parte, es indispensable determinar la profundidad del estrato impermeable por la utilidad que tiene en el cálculo de la separación de los drenes parcelarios.

Este estudio fué proporcionado por el Instituto de Geología de la U.N.A.M. en el informe Geológico No. 87, en el cual se elaboró el plano geohidrológico de la región.

1.4.- ESTUDIO DE SALINIDAD:

En los terrenos de las zonas áridas con riego de gravedad, existe gran correlación entre los altos contenidos de sales y las áreas de drenaje deficiente. La mayor parte de las representaciones salinas en los planos con también áreas -- con problemas de drenaje.

La metodología utilizada, clasifica y separa los suelos con salinidad en cuatro diferentes crupos, con base en los valores de la "conductividad eléctrica" en milimhos a 25°C y el porciento de sodio intercambiable (P.S.I.) que se determina en el extracto de saturación.

La clasificación del suelo se determinó por el método de Riverside Departamento Suelos de los E.U.

P.S.I.15	SUELOS SODICOS	SUELOS SODICOS SALINOS
	SUELOS NORMALES	SUELOS SALINOS
0	4 milimhos a 25°C	

CUADRO PARA CLASIFICACION DE SUELOS CON SALINIDAD (R.D.S.E.U.)

2.- ESTUDIOS NECESARIOS O ESPECIFICOS DEL DRENAJE:

Considerados como específicos para diagnosticar y analizar las causas o factores que influyan directa o indirectamente en el drenaje. Su formación y análisis son elementos básicos para precisar las condiciones actuales del grado de afectación y su cuantificación son:

2.1.- ESTUDIO DEL MANTO FREÁTICO:

El estudio de los mantos freáticos comprende el aspecto más importante para -- conocer la naturaleza y magnitud de los problemas de drenaje, ya que a través de dicho estudio se obtiene gran parte de la información necesaria para estimar sus condiciones.

La posición del manto freático en el perfil del suelo tanto en tiempo como duración, ya que dicho perfil se desarrolla el sistema radicular de las plantas; está íntimamente relacionado con el régimen de humedad y aereación resultante, por lo que la profundidad a que se haya de conservar deberá ser controlada mediante la existencia y el funcionamiento de un drenaje eficiente.

2.1.1.- ESTUDIO SOBRE LA PROFUNDIDAD Y ESPESOR DEL MANTO FREÁTICO:

Para tener una representación gráfica de los perfiles transmisores del agua -- hacia los drenes, fué necesario abrir perforaciones que cubren las siguientes condiciones:

- a.- Profundidad de perforación : de 2 a 4.5 Mts.
- b.- Diámetro de perforación : 4 pulgadas
- c.- Barrena utilizada : cilíndrica tipo postera
- d.- Registro de perfiles en los pozos : se anotaron los siguientes datos:
 - 1.- Profundidad de la muestra.
 - 2.- Textura.
 - 3.- Nivel del manto freático en la fecha de apertura.
 - 4.- Profundidad del estrato impermeable.
 - 5.- Obtención de muestras para análisis físico-químico.

2.1.2.- INTENSIDAD DE LAS PERFORACIONES:

El número de barrenaciones fué de 32 pozos bajo un criterio práctico siguiendo ciertas normas en atención a la gravedad de los problemas por detectar y de las variaciones de los gradientes hidráulicos que se detectaron.

La variaciones se distribuyeron en cuadrícula con equidistancias de 200 y 400 m.

2.1.3.- MEDIDA DE NIVEL FREÁTICO:

La medida de nivel freático se llevó a cabo sin alterar el nivel del agua, haciendo uso de una manguera rígida delgada a la que al irse introduciendo se le inyecta aire para detectar el momento de hacer contacto con esta, y una cinta metálica o sonda eléctrica.

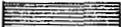
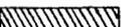
2.1.4.- FRECUENCIA DE OBSERVACION:

Las observaciones se realizaron una vez por mes dentro del mismo periodo de días.

2.1.5.- PLANOS DE NIVELES FREÁTICOS CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL TERRENO (ISOBATAS)

En un plano a escala del área de estudio, se localizaron los puntos donde fueron barrenados los pozos de observación y en cada uno de ellos se anotaron las profundidades de los niveles del agua desde la superficie del suelo.

Las profundidades observadas se separaron en cinco grupos con base en los siguientes rangos y claves:

0.00 - 1.00 Mts.	
1.01 - 2.00 Mts.	
2.01 - 3.00 Mts.	
3.01 - 4.00 Mts.	
+ 4.00 Mts.	

Se trazan líneas envolventes que circunscriban las lecturas y se calculan las superficies de cada uno de los grupos.

Los planos de niveles freáticos (isobatas) precisarán los siguientes aspectos:

- a.- Localización de las zonas con diferentes niveles freáticos.
- b.- Superficies mensuales con distintas profundidades de nivel freático.

- c.- Magnitud total de la superficie donde el manto freático se encuentra a -- menos de 2.00 mts. de profundidad.
- d.- Localización de las áreas con problemas de drenaje.
- e.- Aumento o disminución de las áreas-problemas de drenaje respecto al tiempo

2.1.6.- GRAFICA DE AREAS-TIEMPO:

Las fluctuaciones que sufre el nivel freático, se detecta en las observaciones verificadas mensualmente en los pozos y consecuentemente se reflejan en los -- planos de Isobatas en mayor o menor magnitud como áreas de diferente nivel -- freático.

La gráfica de "Areas-Tiempo", presenta con claridad los cambios de las superfi -- cias con distintos niveles freáticos a través del tiempo se forma mediante la colocación de los diferentes meses del año en el eje de las abscisas y en el -- eje de las ordenadas las áreas resultantes de cada grupo, acumulando las super -- ficies mensuales obtenidas en el orden de menor a mayor profundidad del nivel freático siendo su suma la superficie total en estudio.

Paralelamente se formó otra grafica semejante donde se presentan conjuntamente los volúmenes aportados para riego y las precipitaciones mensuales.

El conjunto de estas dos gráficas, proporciona los siguientes datos:

- a.- Variación mensual del área de cada grupo.
- b.- Los meses donde se presentan las mayores áreas con niveles freáticos más -- cercanos a la superficie del suelo y su duración.
- c.- Los meses donde se presentan las áreas con niveles freáticos más profundos y su duración.
- d.- Interacción de los niveles freáticos altos con los meses de mayor aporta -- ción de agua para riego.
- e.- Influencia en la variación del manto freático por la precipitaciones plu -- viales.
- f.- Fuentes principales de alimentación (riegos ó lluvias)

2.1.7.- PLANOS DE NIVELES FREATICOS CON RESPECTO AL NIVEL DEL MAR (ISOHYPAS).

Para formarlos se anotan en cada punto de observación el valor mensual de la altura o cota del nivel freático referida al nivel del mar. Con estos datos se trazaron las curvas de igual nivel a equidistancias de 2 mts. y una vez formados se obtuvieron los siguientes datos:

- a.- Líneas equipotenciales.
- b.- La dirección de las líneas de corriente de las aguas freáticas.
- c.- Las zonas con diferentes valores de gradiente hidráulico.
- d.- Valor relativo de la conductividad hidráulica de cada área.

2.1.8.- PLANO DE MINIMOS NIVELES FREATICOS OBSERVADOS:

Las profundidades o cotas más bajas del nivel freático que fueron observadas en cada pozo durante el periodo de observación, se colocaron en un plano del área en estudio y con los valores resultantes se trazan las curvas de nivel en forma semejante al realizado como cuando se formó el de Isohipsas.

Es por lo tanto, el momento que más se aproxima a la condición de un régimen (hipotético) permanente y establecido sin efecto de alimentaciones temporales. Por otra parte, las líneas de corrientes resultantes de la equipotenciales del plano de niveles mínimos, marcan la dirección y los recorridos más probables de los flujos de las aguas freáticas futuras.

2.1.9.- TRAZO DE LINEAS DE CORRIENTE:

Se trazaron sobre el plano de mínimos niveles freáticos observados perpendicularmente a las líneas ortogonales (Isohypsas) serán las "líneas de corriente del flujo de las aguas freáticas".

Este plano es necesario para diseñar la dirección de los drenes interceptores que tendrán que ser proyectados perpendicularmente a las líneas de corriente.

V.- RESULTADOS.

1.- ESTUDIOS PREVIOS:

1.1.- TOPOGRAFIA

La topografía del área en estudio y circundante es casi plana formando una de presión o micro-cuenca con una pendiente máxima del 20%.

1.2.- ESTUDIO AGROLOGICO O DEL PERFIL DEL SUELO.

CARACTERISTICAS DISTINTIVAS.

Los suelos de esta zona son: aluviales, profundos y de perfil homogéneo y en general tienen drenaje ligeramente deficiente..(anexo No. 1).

GENERALIDADES:

Los suelos de esta área son de la serie Lagunilla, siendo profundos, de color café y gris oscuro, su textura varía de franco arcilloso a arcilla, estructura columnar, su capacidad de retención de agua es buena, el P.H. varía de - 8.10 a 9.30 (ver salinidad Pág. No. 21) en cuanto a su fertilidad son suelos pobres en fósforo y manganeso, buenos en M.O. nitrógeno total y potasio, ricos en calcio y magnesio.

ORIGEN:

Estos suelos son originados del material que acarrear los ríos de las zonas vecinas, el cual se deposita en sus márgenes los cuales se clasifican como aluviales.

DRENAJE:

Su drenaje interno varía de ligeramente deficiente a eficientes, teniendo - aportaciones subterráneas de las partes altas, su desagüe superficial es deficiente, con una velocidad de infiltración básica de 10.090 a 31.030 cm/h. las cuales se clasifican como rápida y estremadamente rápida.

DESCRIPCION DEL PERFIL REPRESENTATIVO

SERIE: Lagunilla

HORIZONTES	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Prof. en cm.	0-27	27-80	80-140	140-180	180-200
Textura	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Fco. Arcilloso	Fco. Arcilloso
Color	10YR 5/2 Café Amarillo grisáceo	10YR 5/2 Café Amarillo grisáceo	7.5YR 4/1	10YR 4/2 Café Amarillo grisáceo	10YR 5/2 Café Amarillo grisáceo
Color húmedo	7.5YR 3/1 Negro cafespáceo	7.5YR 3/1 Negro cafespáceo	10YR 2/2 Negro Cafespáceo	10YR 2/2 Negro Cafespáceo	7.5YR 3/2 Negro cafespáceo
Estructura	Terrenosa chica	Columnar	Columnar		
Consistencia	Firme	Lig. dura	Firme	Leg. dura	Suave
Porosidad	Poco poroso	Poco poroso	Poco poroso	Poco poroso	Poco poroso
Permeabilidad	Lenta	Lenta	Lenta	Moderada	Media
Drenaje Interno	Lig. deficiente	Lig. deficiente	Lig. deficiente	Regular	Eficiente
Reacción al HCL	Débil	Débil	Nula	Nula	Nula
Humedad	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

Observaciones:

C₁ - Terrones de 5 a 10 cm. de diámetro.C₂ - Columnas de 10 cm. de ancho y algunas gravas de basaltos.C₃ - Regular cantidad de gravas de basalto, caliza y toba.

1.3.- ESTUDIO GEOHIDROLOGICO:

Como resultado del levantamiento y de las exploraciones del informe geohidrológico No. 87 (UNAM 1968), se sabe que los suelos de esta región son principalmente originados de rocas ígneas como las tobas, andesitas, dasitas, basaltos, cenizas basálticas y de rocas sedimentarias como las calizas donde los acuíferos en explotación están constituidos por rellenos lacustres de media y baja permeabilidad intercalados con basaltos y tezontles de alta permeabilidad.

PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES ESTATICOS.

En la zona de Tlahuelilpan, la profundidad al nivel del agua en los pozos profundos es de 10 mts. donde se aprecia que en esta área el flujo subterráneo es de sur a norte.

En cuanto a la profundidad del estrato impermeable no se pudo determinar por falta de equipo.

1.4.- SALINIDAD:

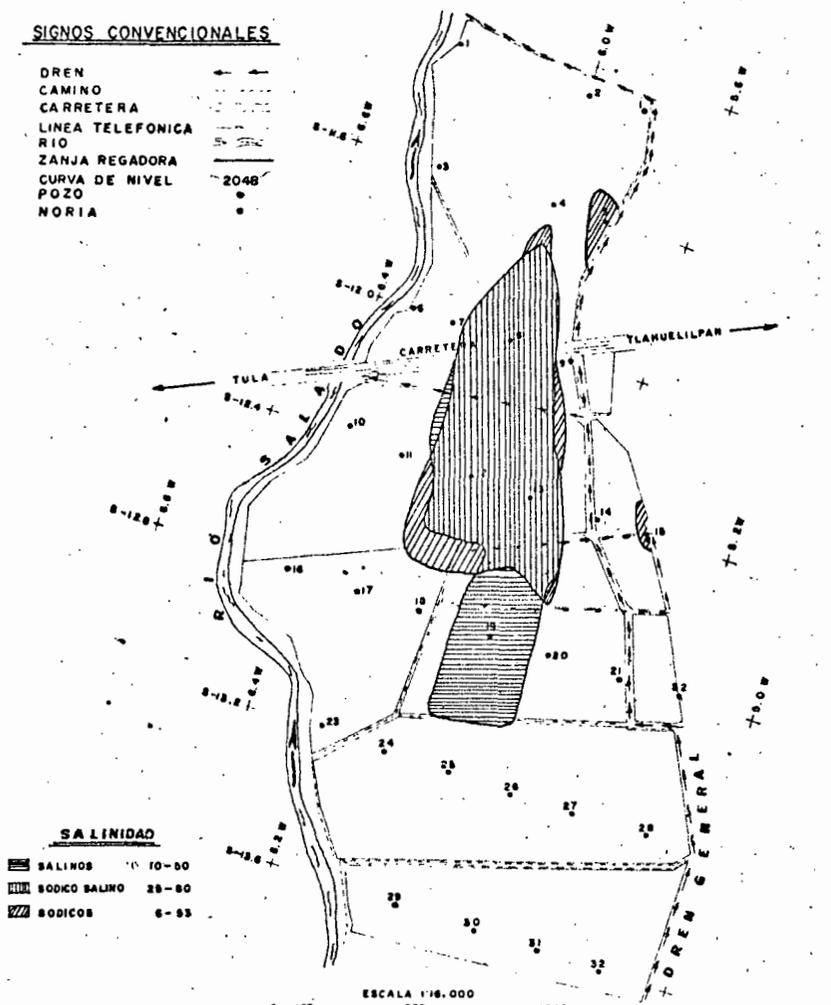
Del estudio de salinidad realizado en el área se encontraron suelos salinos, sodico salinos y sodicos (ver plano No. 2) con las superficies afectadas de 10-50, 25-60 y 6-53 Has., respectivamente, donde se observa que la mayor cantidad de sales se encuentran dentro de los primeros 50 cm. del perfil del suelo (ver anexo No. 2).

2.- ESTUDIOS NECESARIOS O ESPECIFICOS DEL DRENAJE:

Del análisis físico-químico de las muestras tomadas de los 32 pozos para la representación de los perfiles transmisores del agua hacia los drenes (ipotético) tenemos que predominan los suelos arcillosos y en menor escala los suelos francos los cuales tienen retención de humedad donde la conductividad hidráulica determinada por el método del pozo en la zona más afectada por el manto freático somero, varía de lenta a moderadamente rápida con los valores mínimos de $K = 0.79834$ m/día y máxima de $K = 1,76071$ m/día (ver anexo No. 2).

SIGNOS CONVENCIONALES

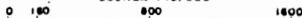
- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA



SALINIDAD

- SALINOS 10-50
- SODICO SALINO 25-60
- SODICOS 6-55

ESCALA 1:16,000



METROS

PLANO DE LA ZONA EN ESTUDIO DE DRENAJE EN TLAHUELLIPAN HGO 1976-77

Guillermo Mercado
Muniz

1978

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE LOS 32 POZOS LOCALIZADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE TLAHUELI PAN, HGO.

Núm. de Pozo	T E X T U R A	Núm. de Muestra	Prof. en Mts.	C.C.				Conductividad										P.S.I.	P.H.	Clasificación	Profundidad del Manto Freático en la fecha de apertura
				C.C.	P.M.P.	P.S.	Da	Hidráulica	Ca+Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	RAS	C.E.				
1	Arcilla	1	0.0-0.5	50.00	25.00	75.00	1.25		7.0	11.0	0	1.0	4.0	3.0	10.0	7.2	1.80	7.9	9.00	Normal	
1	Arcilla	2	0.5-1.0	45.16	22.58	67.74	1.27		6.0	15.00	0	1.0	3.0	5.0	12.0	8.2	2.10	10.2	9.10	"	
1	Arcilla	3	1.0-1.5	50.00	11.11	33.33	1.40		6.0	9.0	0	1.0	5.0	0.0	11.0	7.1	1.52	7.9	9.00	"	
1	Arcilla	4	1.5-2.0	44.11	17.50	50.50	1.29		5.0	10.0	0	1.0	4.0	0.0	11.0	7.2	1.56	8.0	9.10	"	
1	Arcilla Arenosa	5	2.0-2.5	22.22	26.92	80.76	1.25		4.0	10.2	0	1.0	6.0	0.0	7.0	8.0	1.46	8.9	8.90	"	
2	Arcilla	1	0.0-0.5	35.00	17.50	50.50	1.29		6.0	15.0	0	1.0	3.0	7.0	10.0	9.0	2.16	10.0	9.15	"	
2	Arcilla	2	0.5-1.0	53.84	26.92	80.76	1.25		4.0	14.0	0	1.0	2.0	2.0	13.0	10.5	1.82	12.0	9.20	"	
2	Arcilla	3	1.0-1.5	54.16	27.08	81.24	1.25		5.0	10.0	0	1.0	1.0	2.0	11.0	7.2	1.52	8.0	8.90	"	
2	Arcilla	4	1.5-2.0	55.17	27.58	82.75	1.24		4.0	10.0	0	1.0	2.0	3.0	8.0	8.0	1.40	8.9	9.00	"	
2	Arcilla	5	2.0-2.5	48.00	24.00	72.00	1.25		8.0	8.0	0	1.0	1.0	3.0	12.0	5.0	1.72	5.0	9.00	"	
3	Arcilla	1	0.0-0.5	43.75	21.87	75.62	1.24		5.0	12.0	0	1.0	2.0	4.0	10.0	10.0	1.70	11.5	9.30	"	
3	Fco. Arcilloso Arenoso	2	0.5-1.0	23.07	11.53	34.60	1.50		5.0	9.0	0	1.0	1.0	4.0	8.0	6.0	1.40	6.5	9.00	"	
3	Franco Arcilloso	3	1.0-1.5	31.57	15.78	47.35	1.31		4.0	7.0	0	1.0	3.0	0.0	7.0	6.5	1.18	7.0	8.90	"	
3	Arcilla	4	1.5-2.0	35.29	17.64	52.93	1.21		5.0	8.0	0	1.0	2.0	2.0	8.0	6.0	1.38	6.5	8.90	"	
3	Arcilla	5	2.0-2.5	41.17	20.58	61.75	1.23		6.0	10.0	0	1.0	3.0	2.0	10.0	6.5	1.68	7.0	9.10	"	
4	Arcilla	1	0.0-0.5	57.14	28.57	85.71	1.24		7.0	15.0	0	1.0	4.0	8.0	12.0	8.8	2.56	9.8	9.10	"	
4	Arcilloso	2	0.5-1.0	48.00	24.00	72.00	1.85		7.0	16.0	0	1.0	6.0	7.0	9.0	9.0	2.36	10.0	9.10	"	
4	Arcilla	3	1.0-1.5	40.62	20.31	60.93	1.27		6.0	8.0	0	0.0	3.0	2.0	8.0	5.2	1.44	5.5	9.00	"	
4	Arcilla	4	1.5-2.0	50.00	25.00	75.00	1.25		5.0	11.0	0	0.0	4.0	2.0	10.0	7.8	1.60	8.6	9.10	"	
4	Arcilla	5	2.0-2.5	46.66	23.33	69.99	1.25		5.0	13.0	0	0.0	5.0	4.0	9.0	8.9	1.80	9.9	9.20	"	
5	Arcilla	1	0.0-0.5	53.33	26.66	79.99	1.25		5.0	23.0	0	1.0	6.0	8.0	13.0	15.2	2.82	16.7	9.00	Sodico no Salino	
5	Arcilla	2	0.5-1.0	53.84	26.92	80.76	1.25		4.0	15.0	0	1.0	6.0	2.0	10.0	10.2	1.92	12.3	9.00	Normal	
5	Arcilla	3	1.0-1.5	53.57	26.78	80.35	1.25		5.0	23.0	0	1.0	8.0	9.0	10.0	15.2	2.82	16.7	9.00	Sodico no Salino	1.87 Mts.
5	Arcilla	4	1.5-2.0	51.61	25.80	77.41	1.25		5.0	13.0	0	1.0	5.0	5.0	7.0	8.9	1.80	9.9	8.90	Normal	
5	Arcilla	5	2.0-2.5	53.84	26.92	80.76	1.25		5.0	11.0	0	1.0	4.0	3.0	8.0	7.8	1.60	8.6	9.10	"	
6	Franco Arcilloso	1	0.0-0.5	36.84	18.42	55.26	1.40		6.0	13.0	0	1.0	4.0	5.0	9.0	8.0	1.92	8.9	9.00	"	
6	Franco Arc. Arenoso	2	0.5-1.0	30.95	15.47	46.42	1.39		3.0	14.0	0	1.0	3.0	5.0	8.0	11.7	1.75	13.4	8.90	"	
6	Arcilla	3	1.0-1.5	37.83	18.91	56.74	1.21		5.0	13.0	0	1.0	4.0	6.0	8.0	8.9	1.80	9.9	9.00	"	2.10 Mts.
6	Franco Arcilloso	4	1.5-2.0	30.95	15.47	46.42	1.35		4.0	9.0	0	1.0	3.0	3.0	6.0	6.8	1.32	7.2	9.30	"	
6	Franco Arcilloso	5	2.0-2.5	30.61	15.30	45.91	1.35		5.0	9.0	0	0.0	6.0	4.0	5.0	6.0	1.40	6.5	9.20	"	
7	Arcilla	1	0.0-0.5	50.00	25.00	75.00	1.25	0.0798343 M/dfa	5.0	19.0	0	1.0	5.0	6.0	12.0	12.8	2.40	14.3	9.00	"	
7	Arcilloso Limoso	2	0.5-1.0	52.63	26.31	78.94	1.25		5.0	14.0	0	1.0	4.0	4.0	10.0	9.0	1.90	10.1	8.90	"	
7	Arcilloso Limoso	3	1.0-1.5	47.36	23.68	71.04	1.26	Lenta	6.0	22.0	0	1.0	6.0	10.0	17.0	13.4	3.20	15.0	8.70	"	0.75 Mts.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

M. de Cozo	T E X T U R A	Núm. de Muestra	Prof. en Mts. C.C.		P.M.P.	P.S	Da	Conductividad										P.S.I.	P.H.	Clasificación	Profundidad del Manto Freático en la fecha de Apertura
			Hidráulica	Ca+Mg				Na	K	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	RAS	C.E						
8	Arcilla	1	0.0-0.5	54.54	27.27	81.81	1.25	0.0947114 M/día	22.4	94.0	0	1.0	8.0	2.0	100.0	28.4	11.60	29.0	8.80	Sodico Salino	
8	Arcilla	2	0.5-1.0	52.94	26.47	79.41	1.25		15.0	85.0	0	1.0	7.0	35.0	57.0	31.8	10.00	31.5	9.20	" "	
8	Arcilla	3	1.0-1.5	50.00	25.00	75.00	1.25	Lenta	12.0	81.0	0	1.0	5.0	40.0	47.0	34.0	9.30	33.0	9.20	" "	0.42 Mts.
9	Arcilla	1	0.0-0.5	56.00	28.00	84.00	1.24		6.0	16.0	0	1.0	4.0	7.0	10.0	9.5	2.20	11.0	9.00	Normal	
9	Arcilla	2	0.5-1.0	61.53	30.76	92.29	1.23		6.0	10.6	0	1.0	3.0	5.0	8.0	6.5	1.65	7.0	9.20	"	
9	Arcilla	3	1.0-1.5	59.37	29.68	89.05	1.23		6.0	14.0	0	1.0	4.0	4.0	10.0	8.8	2.00	9.8	9.10	"	1.21 Mts.
9	Arcilla	4	1.5-2.0	51.85	25.92	77.77	1.25		10.0	7.0	0	1.0	2.0	4.0	10.0	5.0	1.70	5.1	9.20	"	
10	Arcilla	1	0.0-0.5	47.82	23.91	70.73	1.26		7.0	8.0	0	1.0	3.0	3.0	8.0	5.2	1.50	5.5	9.00	"	
10	Arcilla	2	0.5-1.0	42.50	21.25	63.75	1.26		5.0	9.0	0	1.0	4.0	3.0	6.0	6.0	1.40	6.5	9.00	"	
10	Arcilla Limosa	3	1.0-1.5	47.05	23.52	70.57	1.38		6.0	9.0	0	1.0	4.0	5.0	5.0	7.1	1.50	7.9	9.10	"	1.50 Mts.
10	Arcilla	4	1.5-2.0	50.00	25.00	75.00	1.25		6.0	13.0	0	1.0	6.0	6.0	8.0	1.90		8.9	9.00	"	
10	Franco Arc. Limoso	5	2.0-2.5	28.39	14.19	42.58	1.50		6.0	8.0	0	1.0	3.0	3.0	7.0	5.2	1.40	5.5	8.80	"	
11	Arcilla	1	0.0-0.5	38.09	19.04	57.13	1.28	1.760717 M/día	8.0	9.0	0	1.0	3.0	5.0	10.0	4.6	1.70	4.8	9.00	"	
11	Franco Arcilloso	2	0.5-1.0	38.88	19.44	58.32	1.28	Moderada	5.0	10.0	0	1.0	3.0	9.0	6.0	7.2	1.50	8.0	8.90	"	0.55 Mts.
11	Arcilla	3	1.0-1.5	56.25	28.12	84.37	1.24		3.0	17.0	0	1.0	2.0	3.0	7.0	14.1	2.00	15.8	8.80	Sodico no Salino	
11	Franco Arcilloso	4	1.5-2.0	31.70	15.85	47.55	1.32		6.0	8.0	0	1.0	1.0	4.0	6.0	5.2	1.40	5.5	9.20	Normal	
11	Arcilla	5	2.0-2.5	52.38	26.19	77.57	1.25		7.0	9.0	0	1.0	2.0	4.0	5.0	5.5	1.60	5.8	9.00	"	
12	Arcilla	1	0.0-0.5	53.33	26.66	79.99	1.25	1.011603 M/día	5.0	55.0	0	1.0	8.0	12.0	39.0	35.5	6.00	34.0	8.90	Sodico Salino	
12	Arcilla	2	0.5-1.0	45.71	22.85	67.56	1.26	Moderada	8.0	10.0	0	1.0	4.0	3.0	10.0	5.6	1.80	6.0	9.10	Normal	0.42 Mts.
12	Arcilla	3	1.0-1.5	35.29	17.64	52.93	1.28		9.0	5.0	0	1.0	3.0	2.0	8.0	4.2	1.45	4.1	9.10	"	
12	Arcilla	4	1.5-2.0	47.61	23.30	70.91	1.26		7.0	12.0	0	1.0	4.0	6.0	8.0	7.0	1.90	7.8	8.90	"	
13	Arcilla	1	0.0-0.5	60.71	30.35	91.06	1.21	0.706426 M/día	4.0	36.0	0	1.0	8.0	11.0	40.0	25.9	6.00	26.8	9.00	Sodico Salino	
13	Arcilla	2	0.5-1.0	66.66	33.33	99.99	1.20		6.0	14.0	0	1.0	6.0	6.0	7.0	8.8	2.00	9.8	0.15	Normal	0.53 Mts.
13	Arcilla	3	1.0-1.5	63.33	31.66	94.99	1.21	Moderada	6.0	10.0	0	1.0	3.0	3.0	9.0	6.5	1.60	7.0	8.90	"	
13	Franco Arc. Arenoso	4	1.5-2.0	31.81	15.90	47.71	1.39		7.0	47.0	0	1.0	9.0	8.0	36.0	25.5	5.40	26.5	8.80	Sodico Salino	
14	Arcilla	1	0.0-0.5	64.28	32.14	96.42	1.20	0.152988 M/día	9.0	2.0	0	1.0	3.0	0.0	5.0	1.6	1.10	0.9	9.20	Normal	
14	Arcilla	2	0.5-0.1	66.66	33.33	99.99	1.20	Moderamente	6.00	36.0	0	1.0	6.0	8.0	25.0	21.3	4.00	23.0	9.00	Sodico Salino	
14	Arcilla	3	1.0-1.5	57.89	28.94	86.83	1.26		5.0	9.0	0	1.0	3.0	4.0	6.0	6.0	1.40	6.5	8.80	Normal	0.07 Mts.
14	Arcilla	4	1.5-2.0	50.00	25.00	75.00	1.25		6.0	10.0	0	1.0	4.0	3.0	8.0	6.5	1.60	7.0	8.80	"	
14	Arcilla	5	2.0-2.5	43.47	21.73	65.10	1.27		5.0	8.2	0	1.0	3.0	2.0	6.5	6.0	1.32	6.5	8.70	"	
15	Franco Arcilloso	1	0.0-0.5	45.23	22.61	67.84	1.27	0.163491 M/día	10.0	30.0	0	1.0	6.0	11.0	22.0	14.0	4.00	15.7	8.70	Sodico Salino	
15	Arcilla	2	0.5-1.0	47.36	23.68	71.04	1.27	Moderamente	6.0	18.0	0	1.0	5.0	8.0	10.0	10.8	2.40	12.5	8.80	Normal	
15	Franco Arcilloso	3	1.0-1.5	47.36	23.68	71.04	1.37		5.0	21.0	0	1.0	4.0	8.0	13.0	14.0	2.60	15.7	8.80	Sodico no Salino	0.54 Mts.
15	Franco Arcilloso	4	1.5-2.0	47.61	23.80	71.41	1.31		4.0	18.0	0	1.0	6.0	3.0	12.0	13.4	2.20	15.0	8.90	Normal	
15	Franco	5	2.0-2.5	36.36	18.18	54.54	1.36		7.0	6.0	0	1.0	3.0	2.0	7.0	4.5	1.32	4.8	8.70	"	

N.º de Pozo	T E X T U R A	N.º de Muestra	Prof. en Mts.	C.C.	P.M.P.	P.S.	Da	Conductividad										R.A.S.	C.F.	P.S.I.	P.H.	Clasificación	Profundidad del Manto Freático en la fecha de apertura
								Hidráulica	Ca+Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl								
16	Arcilla Limosa	1	0.0-0.5	58.82	29.41	78.23	1.24			7.0	4.0	0	1.0	2.00	2.0	6.0	2.8	1.16	2.5	8.80	Normal		
16	Arcilla	2	0.5-1.0	59.37	29.68	89.05	1.23			7.0	3.8	0	1.0	3.0	2.0	4.0	2.0	1.08	1.3	8.10	"		
16	Arcilla	3	1.0-1.5	53.12	26.56	79.68	1.24			6.0	6.0	0	1.0	4.0	2.0	5.0	4.3	1.20	4.1	8.70	"	2.29 Mts.	
16	Arcilla	4	1.5-2.0	58.06	24.03	82.09	1.23			7.0	5.8	0	1.0	2.0	3.0	6.0	5.2	1.28	5.4	8.50	"		
16	Arcilla	5	2.0-2.5	58.62	29.31	87.93	1.23			8.0	2.4	0	1.0	2.0	3.0	4.0	1.5	1.04	0.9	8.50	"		
17	Arcilla	1	0.0-0.5	53.12	26.56	79.68	1.23			6.0	4.2	0	1.0	3.0	0.0	6.0	4.2	1.02	4.0	8.70	"		
17	Arcilla	2	0.5-1.0	64.00	32.00	96.00	1.20			6.0	4.0	0	1.0	2.0	2.0	5.0	2.8	1.04	2.4	8.50	"		
17	Arcilla	3	1.0-1.5	32.07	16.03	48.10	1.29			7.0	6.0	0	1.0	3.0	3.0	6.0	5.2	1.32	5.4	8.60	"	1.52 Mts.	
17	Arcilla	4	1.5-2.0	51.51	25.75	77.26	1.25			7.0	7.0	0	1.0	2.0	3.0	8.0	4.5	1.40	4.6	8.80	"		
17	Arcilla	5	2.0-2.5	66.66	33.33	99.99	1.20			7.0	7.0	0	1.0	3.0	4.0	6.0	4.5	1.40	4.6	8.70	"		
18	Franco Arcilloso	1	0.0-0.5	44.44	22.22	66.66	1.46	1.113581 M/dfa		6.0	6.4	0	1.0	2.0	3.0	6.0	4.4	1.24	4.3	8.60	"		
18	Franco Arcilloso	2	0.5-1.0	37.50	18.75	56.25	1.35			5.0	6.0	0	1.0	3.0	0.0	7.0	4.3	1.10	4.1	8.50	"		
18	Arcilla limosa	3	1.0-1.5	48.64	24.32	72.96	1.30	Moderada		5.0	6.2	0	1.0	3.0	1.0	6.0	4.7	1.12	4.8	9.10	"	0.98 Mts.	
18	Arcilla	4	1.5-2.0	48.27	24.13	72.50	1.26			5.0	7.0	0	1.0	2.0	2.0	7.0	4.8	1.28	5.0	8.60	"		
18	Arcilla	5	2.0-2.5	50.00	25.00	75.00	1.25			6.0	4.8	0	1.0	3.0	0.0	6.0	3.1	1.08	2.8	8.60	"		
19	Arcilla	1	0.0-0.5	56.66	28.33	84.99	1.24	0.693422 M/dfa		7.5	4.5	0	1.0	8.0	17.0	46.0	1.0	7.20	1.0	8.0	Salino no Sodico		
19	Arcilla	2	0.5-1.0	50.00	25.00	75.00	1.25			8.0	17.0	0	1.0	7.0	4.0	13.0	9.2	2.50	10.5	8.50	Normal		
19	Arcilla	3	1.0-1.5	45.65	22.82	68.47	1.26	Moderada		7.0	13.0	0	1.0	6.0	3.0	10.0	7.5	2.00	8.2	8.70	"	0.60 Mts.	
19	Arcilla	4	1.5-2.0	45.45	22.72	68.17	1.26			9.0	10.0	0	1.0	8.0	4.0	6.0	5.8	1.90	6.2	8.50	"		
19	Arcilla	5	2.0-2.5	35.93	17.96	53.89	1.30			7.0	14.0	0	1.0	9.0	4.0	7.0	9.0	2.10	8.9	8.90	"		
20	Arcilla	1	0.0-0.5	42.85	21.42	64.27	1.27	0.18053 M/dfa		7.0	16.0	0	1.0	6.0	0.0	16.0	9.0	2.30	10.0	8.60	"		
20	Arcilla	2	0.5-1.0	45.71	22.85	68.56	1.26	Moderamente		8.0	8.0	0	1.0	3.0	5.0	7.0	4.8	1.60	5.0	8.60	"		
20	Arcilla	3	1.0-1.5	39.28	19.64	58.92	1.28			7.0	7.0	0	1.0	4.0	3.0	6.0	4.5	1.40	4.6	8.70	"	0.38 Mts.	
20	Arcilla	4	1.5-2.0	37.93	18.96	56.89	1.28			3.0	7.0	0	1.0	3.0	2.0	4.0	6.2	1.04	6.6	8.80	"		
21	Arcilla	1	0.0-0.5	52.63	21.31	73.94	1.25	0.076758 M/dfa		9.0	9.0	0	1.0	2.0	5.0	10.0	4.9	1.80	5.0	8.80	"		
21	Arcilla	2	0.5-1.0	53.84	26.92	80.76	1.24			8.0	9.0	0	1.0	2.0	4.0	10.0	4.6	1.70	4.8	8.70	"		
21	Arcilla	3	1.0-1.5	42.59	21.29	63.88	1.27	Lenta		10.9	9.0	0	1.0	7.0	7.0	8.0	4.7	1.90	4.8	8.50	"		
21	Arcilla	4	1.5-2.0	42.37	21.18	63.55	1.27			8.0	8.0	0	1.0	3.0	5.0	7.0	4.9	1.60	5.0	8.70	"	1.14 Mts.	
21	Franco Arcilloso	5	2.0-2.5	43.33	21.66	64.99	1.32			9.0	10.0	0	1.0	3.0	9.0	6.0	5.5	1.90	6.0	8.70	"		
22	Arcilla limosa	1	0.0-0.5	42.30	21.65	63.95	1.35			10.0	3.0	0	1.0	2.0	3.0	7.0	1.5	1.32	0.5	8.70	"		
22	Franco Arcilloso	2	0.5-1.0	40.00	20.00	60.00	1.30			11.0	1.0	0	1.0	1.0	4.0	6.0	0.8	1.24	0.0	8.50	"		
22	Franco Arcilloso	3	1.0-1.5	37.03	18.51	55.54	1.37			9.0	5.0	0	1.0	2.0	4.0	7.0	2.8	1.40	2.2	8.40	"		
22	Franco Arenoso	4	1.5-2.0	33.82	16.96	50.78	1.43			10.0	6.0	0	1.0	4.0	5.0	6.0	3.5	1.60	3.1	8.60	"	1.17 Mts.	
22	Franco Arc. limoso	5	2.0-2.5	37.50	18.75	56.25	1.39			10.0	9.0	0	1.0	3.0	7.0	8.0	4.5	1.90	4.5	8.60	"		

N.º	T E X T U R A	N.º de Muestra	Perf. en Mts.	Perf.			Da	Conductividad Hidráulica	Ca+Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	R.A.S.	C.E.	P.S.I.	P.H.	Clasificación	Profundidad del
				C.C.	P.M.P.	P.S.															Manto Freático
23	Franco Arc. Limoso	1	0.0-0.5	25.42	12.71	38.13	13.5	6.0	8.0	0	1.0	2.0	2.0	9.0	5.4	1.46	5.8	8.70	Normal		
23	Franco Arc. Limoso	2	0.5-1.0	39.21	19.60	58.81	1.25	8.0	5.0	0	1.0	2.0	3.0	7.0	3.0	1.32	2.5	8.10	"		
23	Arcilla Limosa	3	1.0-1.5	31.50	15.75	47.25	1.37	10.0	1.0	0	1.0	3.0	1.0	6.0	0.5	1.12	0.0	8.70	"		
23	Arcilla Limosa	4	1.5-2.0	42.10	21.05	63.15	1.32	7.0	6.0	0	1.0	3.0	2.0	7.0	4.2	1.36	4.0	8.60	"		
23	Arcilla Limosa	5	2.0-2.5	38.46	19.23	57.69	1.37	8.0	4.0	0	1.0	2.0	3.0	6.0	2.5	1.20	1.8	8.80	"		
24	Arcilla Limosa	1	0.0-0.5	38.46	19.23	57.69	1.37	9.0	10.0	0	1.0	7.0	3.0	8.0	5.3	1.90	5.5	8.90	"		
24	Arcilla Limosa	2	0.5-1.0	38.59	19.29	57.88	1.37	11.0	3.0	0	1.0	3.0	3.0	7.0	1.2	1.40	0.8	8.80	"		
24	Arcilla Limosa	3	1.0-1.5	44.68	22.34	67.02	1.33	7.0	4.0	0	1.0	3.0	0.0	7.0	2.8	1.12	2.3	8.80	"		
24	Arcilla	4	1.5-2.0	40.00	20.00	60.00	1.28	9.0	3.0	0	1.0	4.0	2.0	5.0	0.8	1.22	1.0	8.90	"		
24	Arcilla	5	2.0-2.5	41.86	20.93	61.79	1.28	7.0	5.0	0	1.0	4.0	1.0	6.0	3.2	1.28	2.9	8.70	"		
25	Arcilla	1	0.0-0.5	52.38	26.19	78.57	1.25	10.5	5.0	0	1.0	2.0	4.0	8.0	1.5	1.56	2.0	8.70	"		
25	Arcilla	2	0.5-1.0	46.15	23.07	69.22	1.27	9.0	5.0	0	1.0	4.0	3.0	6.0	2.8	1.40	2.2	8.80	"		
25	Arcilla	3	1.0-1.5	43.47	21.73	65.20	1.28	8.0	4.0	0	1.0	3.0	1.0	7.0	2.5	1.24	1.8	8.80	"	2.00 Mts.	
25	Arcilla	4	1.5-2.0	41.66	20.83	62.49	1.28	9.0	4.0	0		3.0	2.0	6.0	1.2	1.36	1.8	9.00	"		
25	Franco Arcilloso	5	2.0-2.5	23.68	11.84	35.52	1.38	11.0	3.0	0		2.0	3.0	7.0	1.5	1.32	0.8	8.20	"		
26	Arcilla	1	0.0-0.5	50.00	25.00	75.00	1.25	10.5	5.0	0		2.0	3.0	9.0	1.5	1.50	2.0	8.50	"		
26	Arcilla	2	0.5-1.0	46.66	23.33	69.99	1.27	6.0	5.0	0		3.0	1.0	6.0	3.1	1.16	2.5	8.70	"		
26	Arcilla	3	1.0-1.5	45.83	22.91	68.74	1.27	8.0	3.0	0		2.0	1.0	7.0	1.0	1.14	1.2	8.90	"	1.52 Mts.	
26	Arcilla	4	1.5-2.0	52.63	26.31	78.94	1.25	9.0	3.0	0		3.0	2.0	6.0	6.8	1.24	1.0	9.00	"		
26	Arcilla	5	2.0-2.5	33.89	16.94	50.83	1.29	6.0	4.0	0		2.0	2.0	5.0	3.0	1.00	2.5	8.80	"		
27	Franco Arc. Limoso	1	0.0-0.5	38.29	19.14	57.14	1.28	8.0	4.0	0		2.0	3.0	6.0	2.5	1.24	1.8	8.70	"		
27	Arcilla	2	0.5-1.0	39.13	19.56	58.69	1.27	9.0	7.0	0		1.0	5.0	9.0	4.0	1.60	4.9	8.80	"		
27	Arcilla	3	1.0-1.5	31.03	15.51	46.54	1.29	8.0	6.0	0		2.0	4.0	7.0	3.8	1.40	3.5	8.90	"	1.52 Mts.	
27	Arcilla	4	1.5-2.0	45.00	22.50	67.50	1.26	8.0	4.0	0		2.0	2.0	7.0	2.5	1.23	1.8	8.90	"		
27	Arcilla	5	2.0-2.5	42.10	21.05	63.15	1.26	6.0	4.0	0		2.0	2.0	5.0	3.0	1.04	2.5	8.70	"		
28	Arcilla	1	0.0-0.5	38.88	19.44	58.32	1.28	6.0	6.0	0		2.0	3.0	6.0	3.9	1.20	3.8	8.70	"		
28	Arcilla	2	0.5-1.0	42.85	21.42	64.27	1.27	8.0	4.0	0		2.0	1.0	7.0	2.5	1.20	1.8	9.00	"		
28	Arcilla	3	1.0-1.5	40.00	20.00	60.00	1.27	7.0	4.0	0		2.0	1.0	7.0	2.8	1.12	2.3	8.95	"	1.32 Mts.	
28	Arcilla	4	1.5-2.0	41.66	20.83	62.49	1.27	7.0	3.0	0		2.0	0.0	8.0	0.8	1.06	1.0	8.85	"		
28	Franco Arcilloso	5	2.0-2.5	35.18	17.59	52.77	1.31	7.0	3.0	0		2.0	1.0	6.0	0.8	1.09	1.0	8.80	"		
29	Franco Arcilloso	1	0.0-0.5	34.61	17.30	51.91	1.32	8.0	2.0	0		2.0	4.0	3.0	1.2	1.08	0.2	8.80	"		
29	Franco Arc. Limoso	2	0.5-1.0	30.76	15.38	46.14	1.34	5.0	5.0	0		2.0	2.0	5.0	3.5	1.06	3.2	8.76	"		
29	Franco Arcilloso	3	1.0-1.5	33.33	16.66	49.99	1.33	6.0	3.0	0		0.0	4.0	4.0	1.5	0.94	0.8	9.00	"		
29	Arcilla	4	1.5-2.0	36.66	18.33	54.99	1.29	6.0	2.0	0		0.0	4.0	3.0	1.2	0.86	0.2	8.90	"		
29	Arcilla	5	2.0-2.5	42.85	21.42	64.27	1.26	3.0	6.0	0		0.0	3.0	5.0	5.0	0.99	5.1	8.30	"		

Zona	Perforación del Manto Freático en la Fecha de apertura							Características de la Muestra											Clasificación	
	T E X T U R A	Núm. de Muestra	Perf. en Mts.	C.C.	P.M.P.	P.S.	Da	Conductividad Hidráulica	Ca+Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	R.A.S.	C.E.	P.S.I.		P.H.
0	Arcilla	1	0.0-0.5	52.94	26.47	79.41	1.25		7.0	6.0	0	1.0	3.0	1.0	8.0	5.2	1.32	5.4	8.80	Normal
0	Arcilla	2	0.5-1.0	50.00	25.00	75.00	1.25		4.0	8.0	0	1.0	2.0	3.0	6.0	6.5	1.26	7.0	9.00	"
0	Arcilla	3	1.0-1.5	53.33	26.66	79.99	1.25		6.0	8.0	0	1.0	3.0	3.0	7.0	5.2	1.40	5.5	8.90	"
0	Franco Arcilloso	4	1.5-2.0	39.02	19.51	58.53	1.30		4.0	9.0	0	1.0	4.0	2.0	6.0	6.8	1.32	7.2	8.80	2.18 Mts.
0	Franco Arcilloso	5	2.0-2.5	38.46	19.23	57.69	1.30		6.0	7.0	0	1.0	4.0	3.0	5.0	4.5	1.36	4.8	8.80	"
1	Arcilla	1	0.0-0.5	45.45	27.72	73.17	1.27		8.0	4.0	0		3.0	1.0	7.0	2.5	1.26	1.8	8.60	"
1	Arcilla	2	0.5-1.0	40.90	20.45	61.35	1.28		5.0	8.0	0		2.0	4.0	6.0	5.8	1.30	6.0	8.75	"
1	Arcilla	3	1.0-1.5	54.28	27.14	81.42	1.24		5.0	7.0	0		2.0	2.0	7.0	3.5	1.28	3.2	8.80	"
1	Arcilla	4	1.5-2.0	44.68	22.34	66.82	1.26		4.0	7.0	0		2.0	2.0	6.0	5.4	1.12	5.6	8.80	"
1	Arcilla	5	2.0-2.5	45.00	22.50	67.50	1.26		5.0	6.0	0		2.0	1.0	7.0	4.0	1.14	4.9	8.75	"
2	Arcilla	1	0.0-0.5	55.55	27.77	83.32	1.24		3.0	7.0	0		2.0	1.0	6.0	8.2	1.06	1.0	8.80	"
2	Arcilla	2	0.5-1.0	42.25	21.12	63.37	1.27		2.0	7.0	0		0.0	3.0	5.0	6.8	0.94	7.3	9.00	"
2	Arcilla	3	1.0-1.5	39.47	19.73	59.20	1.28		3.0	5.0	0		0.0	1.0	6.0	4.0	0.84	4.9	8.80	1.90 Mts.
2	Arcilla	4	1.5-2.0	50.00	25.00	75.00	1.25		2.0	5.0	0		0.0	1.0	5.0	5.3	0.78	5.5	8.70	"
2	Arcilla	5	2.0-2.5	39.39	19.64	59.03	1.28		2.0	3.0	0		0.0	2.0	6.0	3.0	0.86	2.5	8.85	"

PLANOS DE NIVELES FREATICOS (ISOBATAS) Y GRAFICA DE AREAS-TIEMPO.

De los planos de Isobatas y gráfica de áreas-tiempo (ver planos de Isobatas), se tienen los siguientes cuadros:

PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO Y SUPERFICIES AFECTADA CON RELACION AL TIEMPO

Prof. del						
M. F.	Nov/76	Dic/76	Ene/77	Feb/77	Mar/77	Abr/77
0-1.00	63.2 Has.	61.1 Has.	62.7 Has.	52.0 Has.	62.5 Has.	56.8 Has.
1.01-2.00	82.2 "	63.5 "	89.4 "	92.2 "	74.0 "	77.3 "
2.01-3.00	48.1 "	62.0 "	44.4 "	50.1 "	55.4 "	54.6 "
3.01-4.00	14.8 "	18.8 "	13.1 "	13.7 "	13.4 "	19.5 "
-4.00	16.7 "	19.6 "	15.4 "	17.0 "	19.7 "	16.8 "
	May/77	Jun/77	Jul/77	Ags/77	Sep/77	Oct/77
	56.8 Has.	106.4 Has.	67.0 Has.	74.2 Has.	68.7 Has.	71.0 Has.
	80.0 "	63.8 "	80.1 "	73.8 "	77.4 "	66.0 "
	57.3 "	22.2 "	47.5 "	48.0 "	44.6 "	42.3 "
	16.8 "	15.4 "	13.7 "	12.3 "	16.9 "	30.1 "
	14.1 "	17.2 "	16.7 "	16.7 "	17.4 "	15.7 "

VOLUMENES DE AGUA APORTADOS PARA RIEGO EN EL CICLO AGRICOLA 1976-1977 Y PRECIPITACION PLUVIAL

M E S	VOLUMEN EN MILES DE M ³	PRECIPITACION (mm)
Noviembre	66,704.8	0.0
Diciembre	76,486.4	0.0
Enero	74,311.8	2.0
Febrero	78,367.7	0.0
Marzo	83,742.9	31.6
Abril	69,894.8	31.6
Mayo	81,645.8	42.1
Junio	90,927.0	51.3
Julio	61,632.3	112.6
Agosto	78,665.2	170.2
Septiembre	62,567.4	102.3
Octubre	47,432.2	92.6

Se observa que en el mes de febrero se presenta la mínima superficie afectada por el manto freático de 0 a 1.00 mts. de profundidad que fué de 52.0 Has.

En junio y agosto se presentaron las máximas superficies afectada por el manto freático de 0 a 1.00 mts. de profundidad y fueron de 106.4 Has. y 74.2 Has., -- respectivamente.

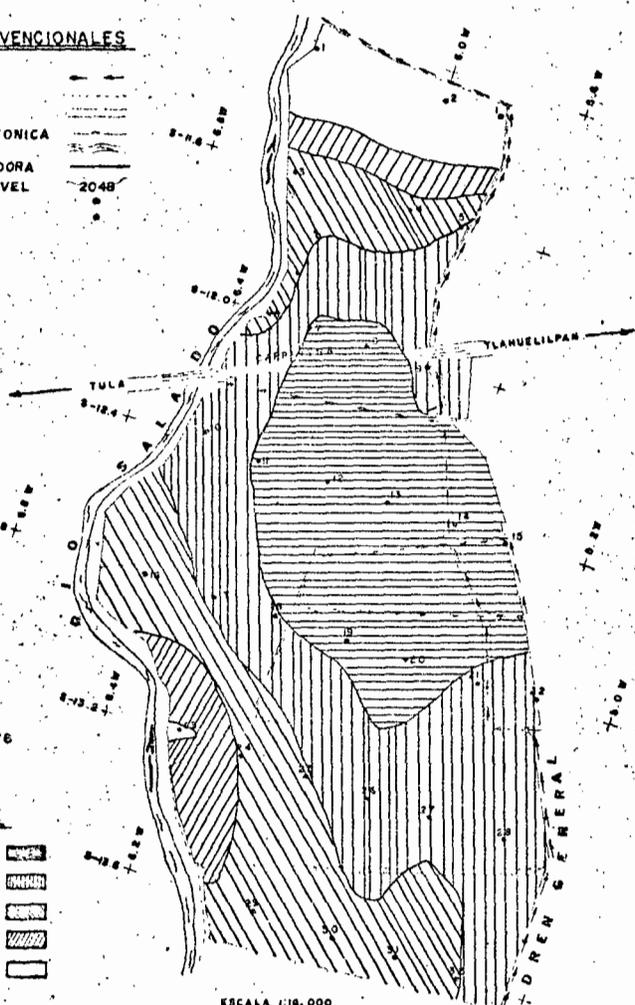
SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN 
- CAMINO 
- CARRETERA 
- LINEA TELEFONICA 
- RIO 
- ZANJA REGADORA 
- CURVA DE NIVEL 
- POZO 
- NORIA 

ISODATAS DE
NOVIEMBRE 1976

CLAVE

- 0-1.00 Prof. m. 
- 1.01-2.00 Prof. m. 
- 2.01-3.00 Prof. m. 
- 3.01-4.00 Prof. m. 
- 4.01 a mas 

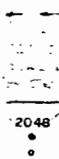


ESCALA 1:16,000
0 100 800 1600
METROS

PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLANHUE-
LILPAN HGO 1976-77
Guillermo Mercado Muñoz 1978

SIGNOS CONVENCIONALES

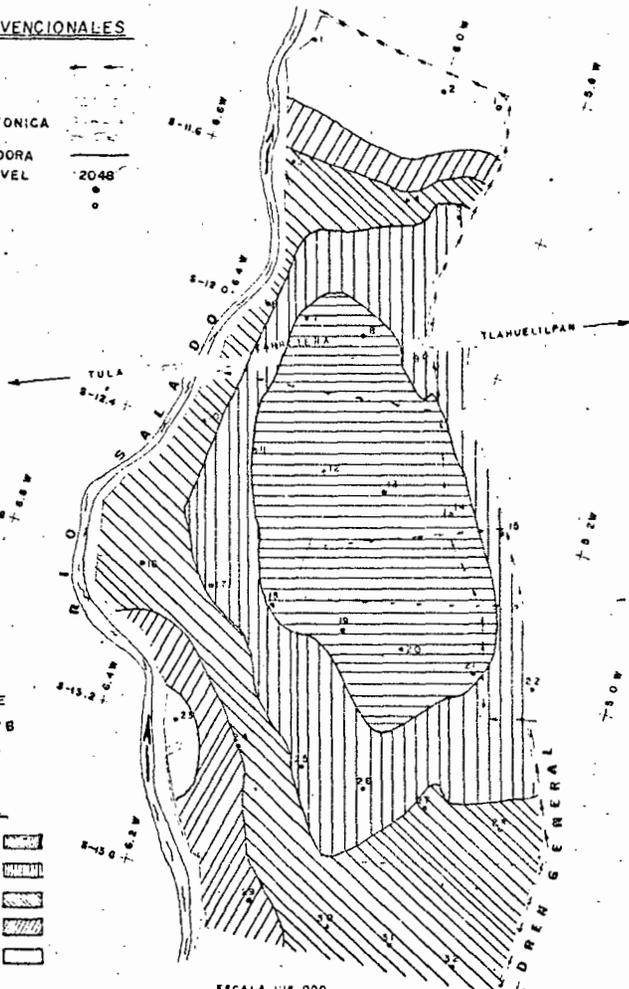
- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA



ISOBATAS DE
DICIEMBRE 1978

CLAVE

- 0-1.00 Prof. m. [diagonal lines /]
- 1.01-2.00 Prof. m. [diagonal lines \]
- 2.01-3.00 Prof. m. [horizontal lines]
- 3.01-4.00 Prof. m. [vertical lines]
- 4.01 o mas [empty box]



PLAN DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO. 1976-77

Guillermo
Mercado
1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFÓNICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NDRIA

ISOBATAS DE
ENERO 1977

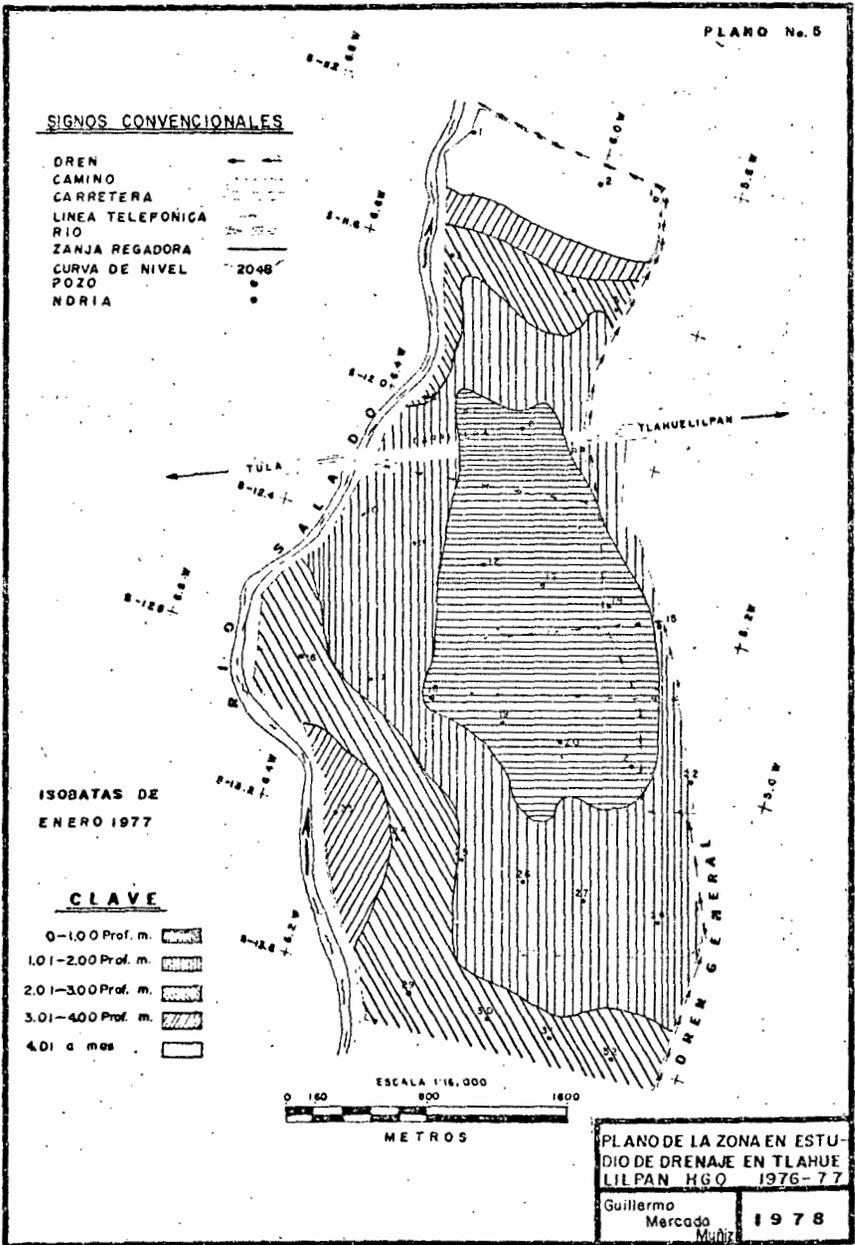
CLAVE

- 0-1.00 Prof. m.
- 1.01-2.00 Prof. m.
- 2.01-3.00 Prof. m.
- 3.01-4.00 Prof. m.
- 4.01 a mas



PLAN DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO 1976-77

Guillermo
Mercado
Muniz 1978



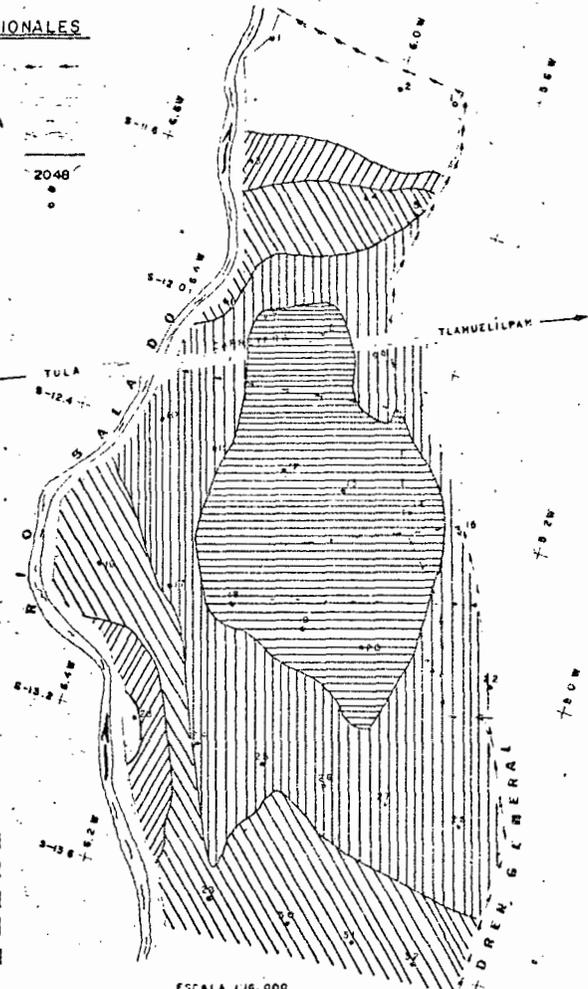
SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA

ISOBATAS DE
FEBRERO 1977

CLAVE

- 0-1.00 Prof. m.
- 1.01-2.00 Prof. m.
- 2.01-3.00 Prof. m.
- 3.01-4.00 Prof. m.
- 4.01 o mas



ESCALA 1:6,000



METROS

PLANO DE LA ZONA EN ESTU
DIO DE DRENADO EN TLAMUE
LIPAN HGO. 1976-77

Guillermo
Mercado
1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA

ISOBATAS DE
MARZO 1977

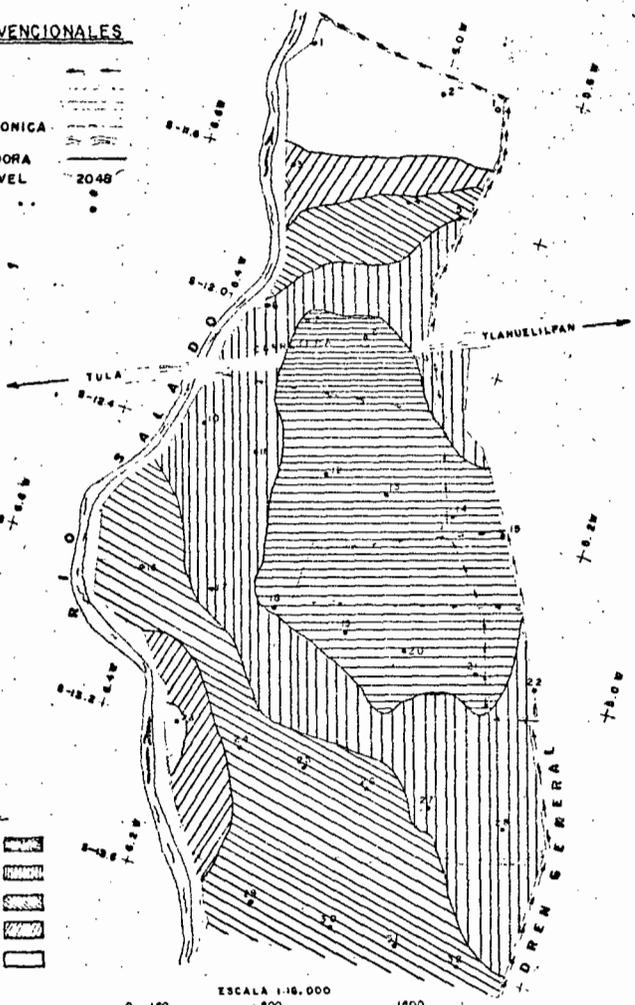
CLAVE

- 0-1.00 Prof. m.
- 1.01-2.00 Prof. m.
- 2.01-3.00 Prof. m.
- 3.01-4.00 Prof. m.
- 4.01 o mas



PLANO DE LA ZONA EN ESTUDIO DE DRENAJE EN TLAHUUELILPAN HGO. 1976-77

Guillermo Mercado Muñoz 1978



PLANO No. 8

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN 
- CAMINO 
- CARRETERA 
- LINEA TELEFONICA 
- RIO 
- ZANJA REGADORA 
- CURVA DE NIVEL 2048 
- POZO 
- NORIA 

ISOGATAS DE
ABRIL 1977

CLAVE

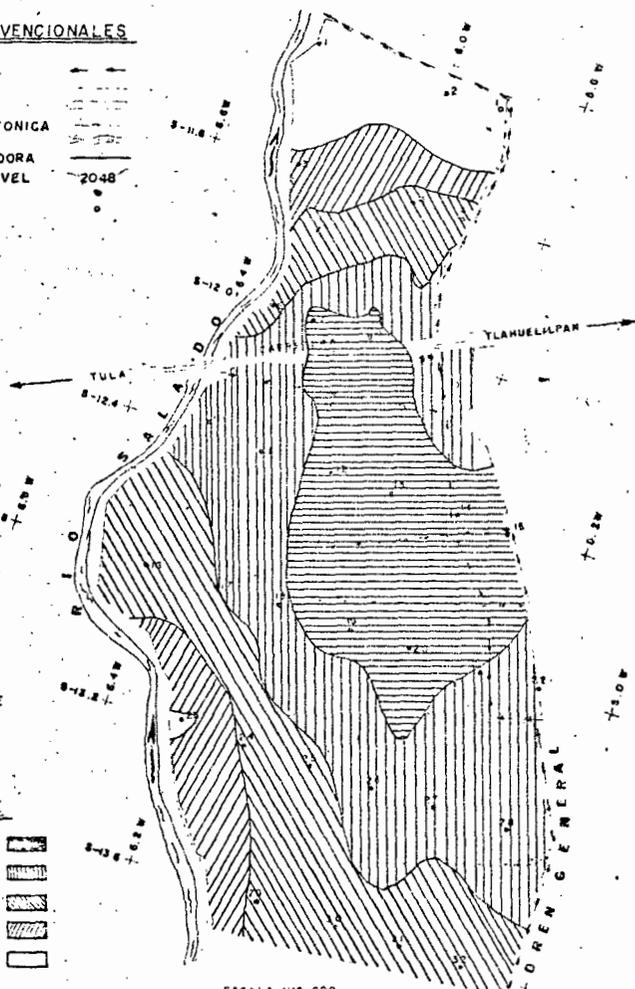
- 0-1.00 Prof. m. 
- 1.01-2.00 Prof. m. 
- 2.01-3.00 Prof. m. 
- 3.01-4.00 Prof. m. 
- 4.01 a mas 



PLAN DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE
LIL PAN HGO 1976-77

Guillermo
Mercado

1978



SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN 
- CAMINO 
- GARRETERA 
- LINEA TELEFONICA 
- RIO 
- ZANJA REGADORA 
- CURVA DE NIVEL 2048 
- POZO 
- NORIA 

ISOGATAS DE
MAYO 1977

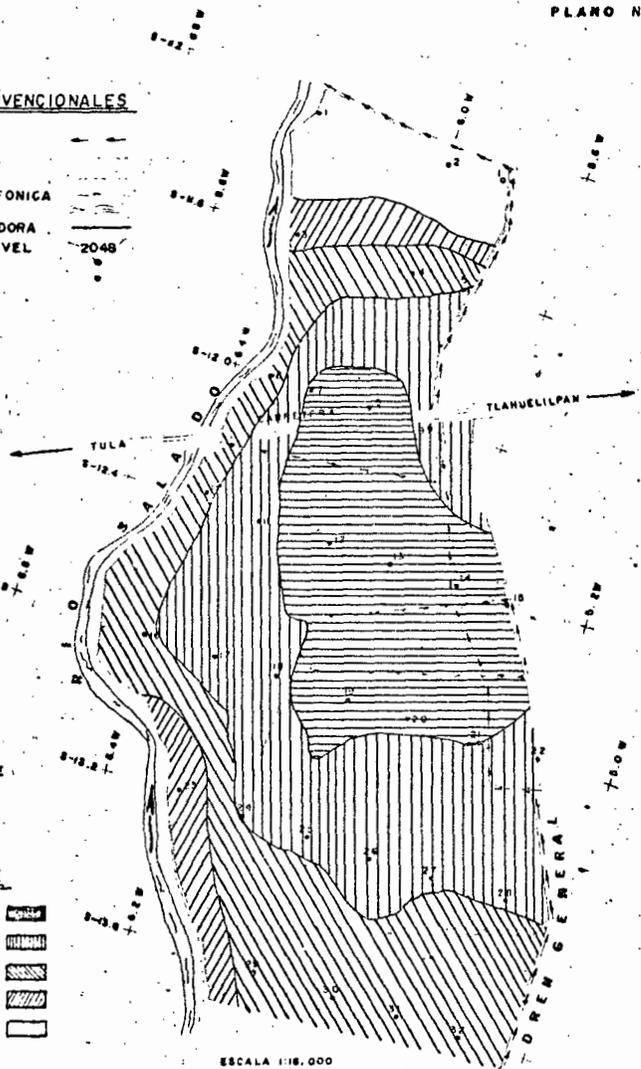
CLAVE

- 0-100 Prof. m. 
- 1.01-2.00 Prof. m. 
- 2.01-3.00 Prof. m. 
- 3.01-4.00 Prof. m. 
- 4.01 a mas 



PLANODE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAGE EN TLAHUE-
LILPAN HGO 1976-77

Guillermo Mercado Muñiz	1978
-------------------------------	------



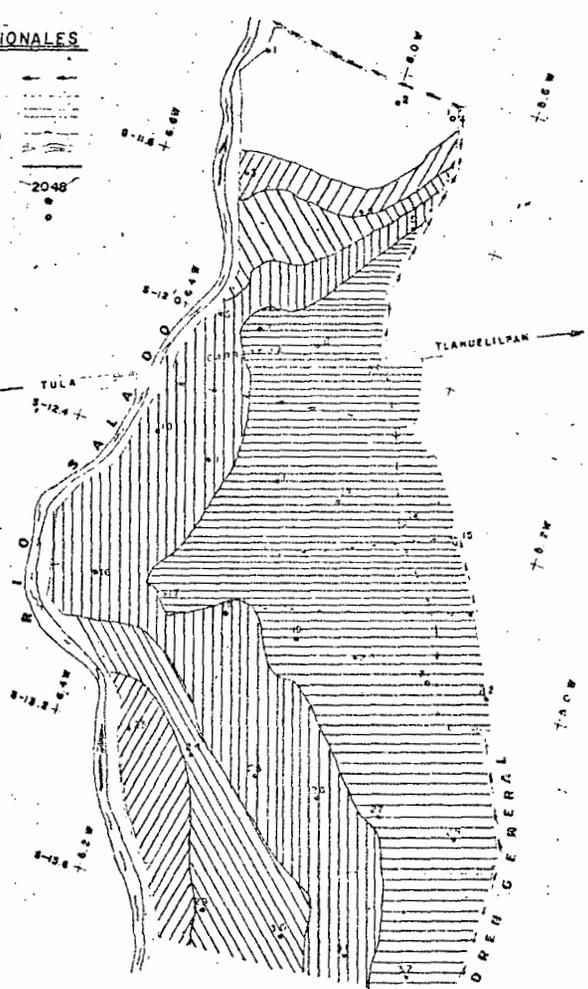
SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN 
- CAMINO 
- CARRETERA 
- LINEA TELEFONICA 
- RIO 
- ZANJA REGADORA 
- CURVA DE NIVEL 2048 
- POZO 
- NORIA 

ISOBATAS DE
JUNIO 1977

CLAVE

- 0-1.00 Prof. m. 
- 1.01-2.00 Prof. m. 
- 2.01-3.00 Prof. m. 
- 3.01-4.00 Prof. m. 
- 4.01 a mas 



ESCALA 1:18,000



METROS

PLANO DE LA ZONA EN ESTU
DIO DE DRENAJE EN TLAHUI
LILIPAN HGO. 1973-77

Guillermo
Mercado 1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN 
- CAMINO 
- CARRETERA 
- LINEA TELEFONICA 
- RIO 
- ZANJA REGADORA 
- CURVA DE NIVEL 2048 
- POZO 
- NORIA 

ISOBATAS DE
JULIO 1977

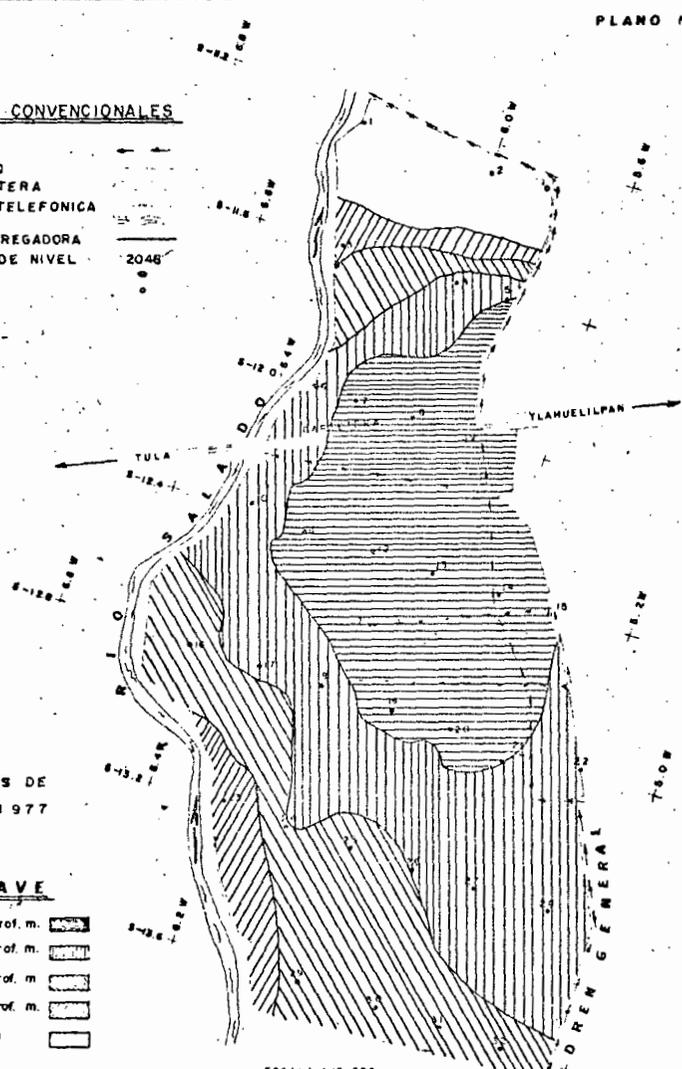
CLAVE

- 0-100 Prof. m. 
- 1.01-2.00 Prof. m. 
- 2.01-3.00 Prof. m. 
- 3.01-4.00 Prof. m. 
- 4.01 o mas 



PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO 1976-77

Guillermo
Mercado
Muñoz 1978



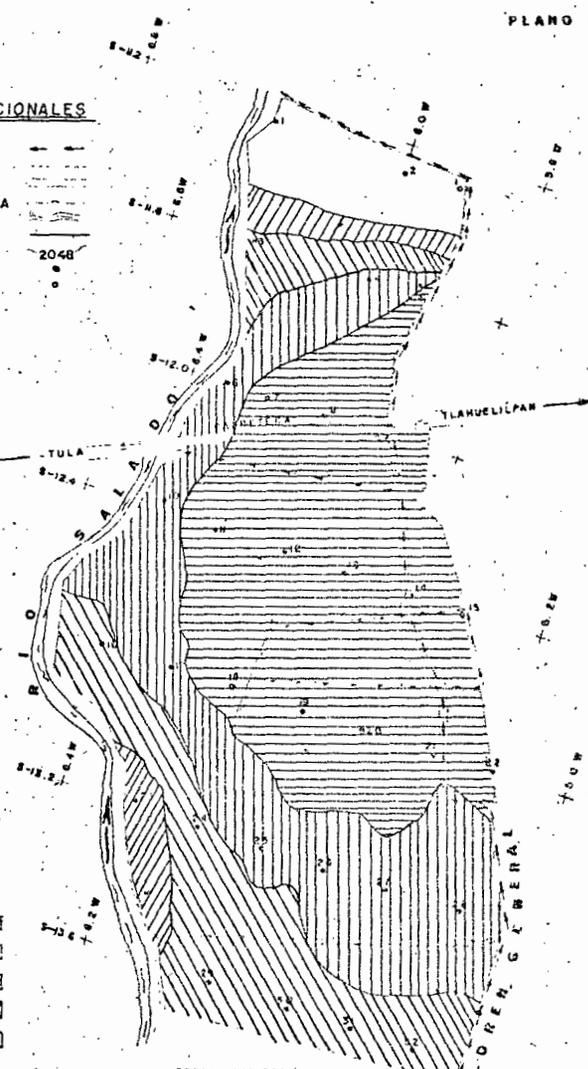
SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA

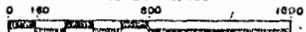
ISOBATAS DE
AGOSTO 1977

CLAVE

- 0-1.00 Prof. m.
- 1.01-2.00 Prof. m.
- 2.01-3.00 Prof. m.
- 3.01-4.00 Prof. m.
- 4.01 a mas



ESCALA 1:16,000



METROS

PLAN DE LA ZONA EN ESTU
DIO DE DRENAJE EN TLAXI
AHUACAPAN HGO. 1971-77
Guillermo
Mercado 1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA

ISOBATAS DE
SEPTIEMBRE 1977

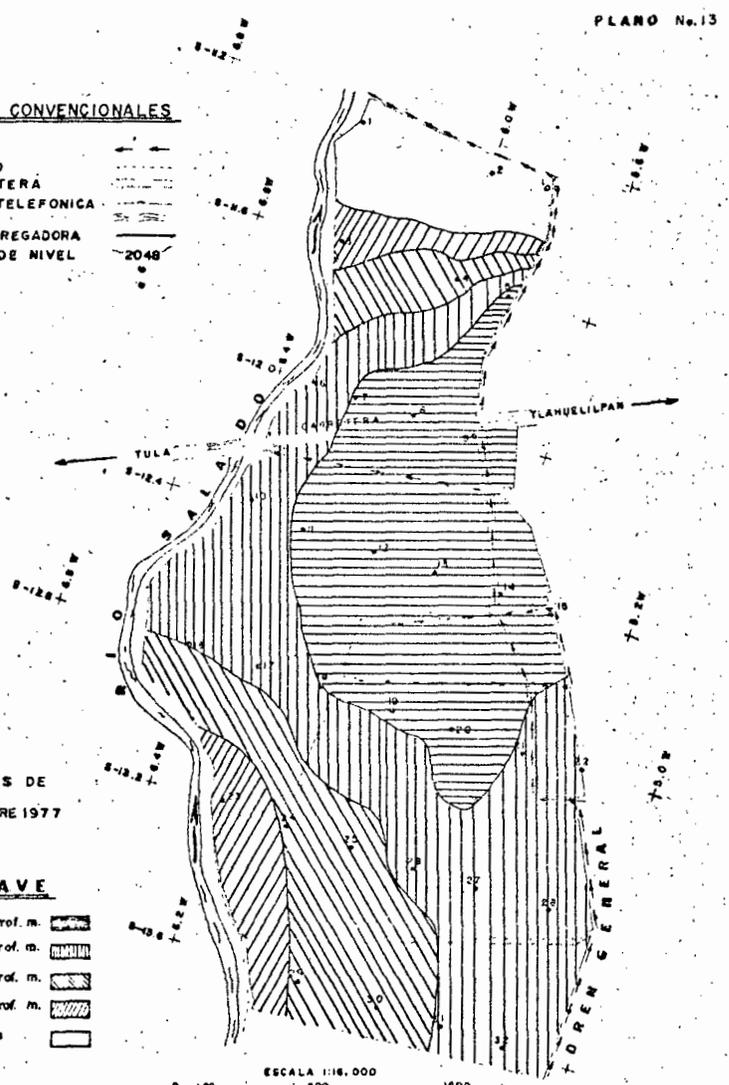
CLAVE

- 0-1.00 Prof. m.
- 1.01-2.00 Prof. m.
- 2.01-3.00 Prof. m.
- 3.01-4.00 Prof. m.
- 4.01 o mas



PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO. 1976-77

Guillermo
Marcado
Muniz 1978



SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN 
- CAMINO 
- CARRETERA 
- LINEA TELEFONICA 
- RTO 
- ZANJA REGADORA 
- CURVA DE NIVEL  2048
- POZO 
- NORIA 

ISOBATAS DE
OCTUBRE 1977

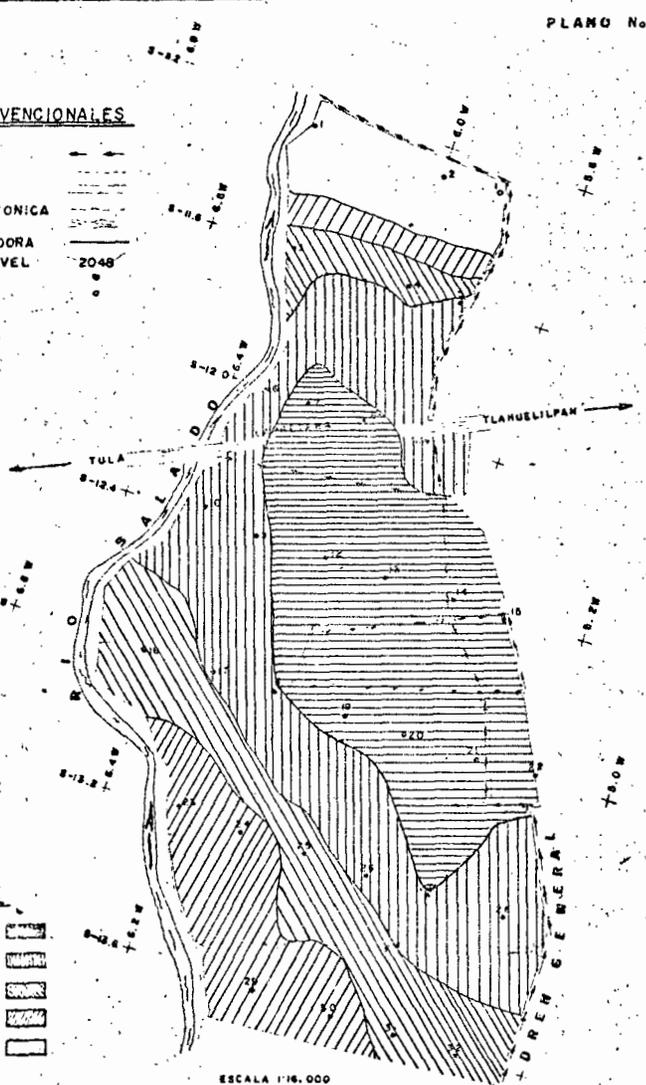
CLAVE

- 0-1.00 Prof. m. 
- 1.01-2.00 Prof. m. 
- 2.01-3.00 Prof. m. 
- 3.01-4.00 Prof. m. 
- 4.01 e mas 

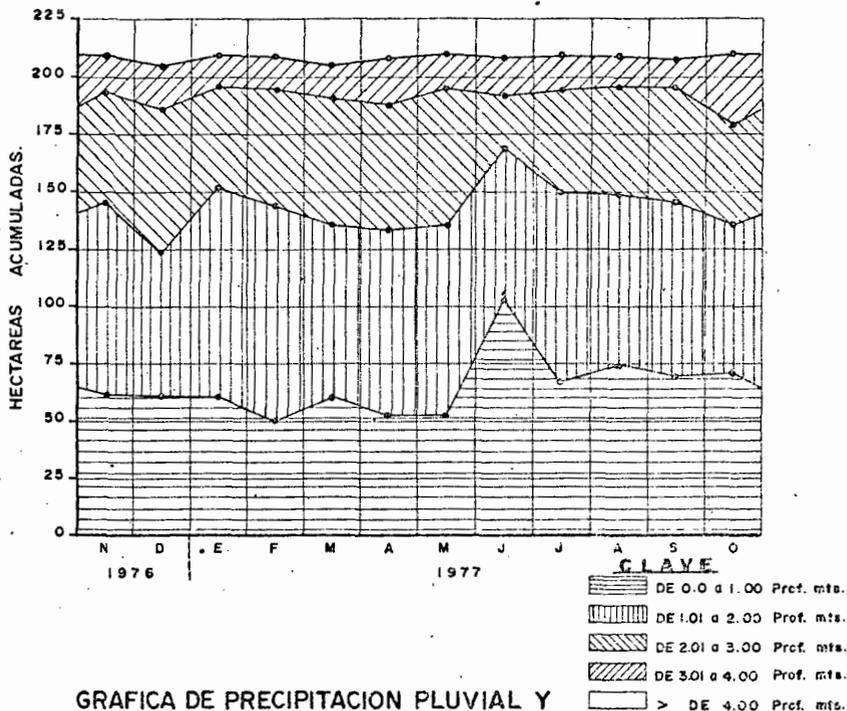


PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO. 1976-77

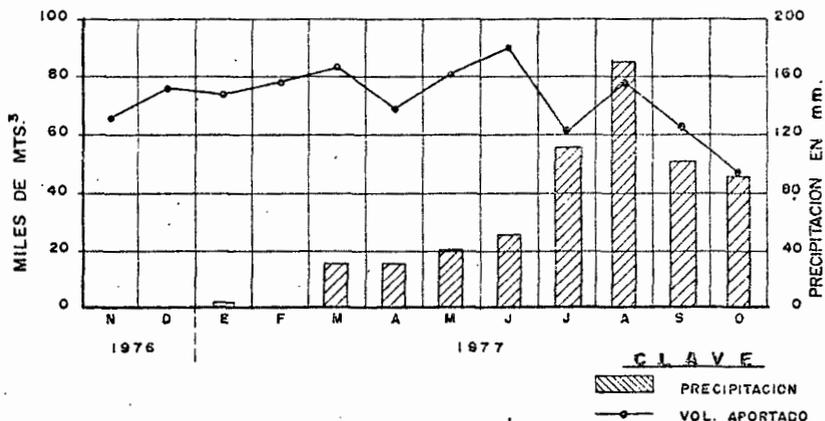
Guillermo
Mercado
Múziz 1978



GRAFICA DE AREAS TIEMPO SEGUN PLANOS DE NIVELES FREATICOS.



GRAFICA DE PRECIPITACION PLUVIAL Y VOLUMENES DE AGUA APORTADOS PARA RIEGO



Del Cuadro de volúmenes de Agua y Precipitación Pluvial, tenemos que en los meses de noviembre, diciembre y febrero, la precipitación es nula. Sacando la mínima de 2 mm para el mes de febrero y la máxima de 170.2 mm en el mes de agosto. De los volúmenes aportados para riego se observa que en el mes de noviembre se dió el mínimo volumen siendo de 61,632.3 miles de M.³ y en los meses de marzo y junio tenemos los máximos valores siendo estos de 83,742.9 y 90,927.0 miles de M.³ respectivamente. (ver gráfica de áreas-tiempo)

Los meses con mínima superficie afectada, corresponden a meses con mínima lluvia y una intensidad media de riegos (enero y abril).

Los meses con máxima superficie afectada corresponden a meses con máxima intensidad de riegos y/o máxima lluvia (marzo, junio y agosto).

En el mes de junio se presenta la máxima superficie afectada sin haber lluvias pero si una gran intensidad de riegos y en el mes de agosto se presenta este fenómeno pero en menor escala donde coincide la máxima intensidad de riegos y la máxima precipitación.

PLANOS DE NIVELES FREATICOS CON RESPECTO AL NIVEL DEL MAR (ISOHYPAS).

De la observación directa de los planos de Isohypsas (ver planos de Isohypsas) las líneas equipotenciales nos indican los siguientes datos:

En el área comprendida entre los pozos 6, 11, 17, 24 y 29 en el Río Salado, el drenaje hacia el Río si existe pero solamente cuando los niveles del agua de dicho río están bajos (diciembre-76, febrero, marzo, julio, agosto y septiembre-77).

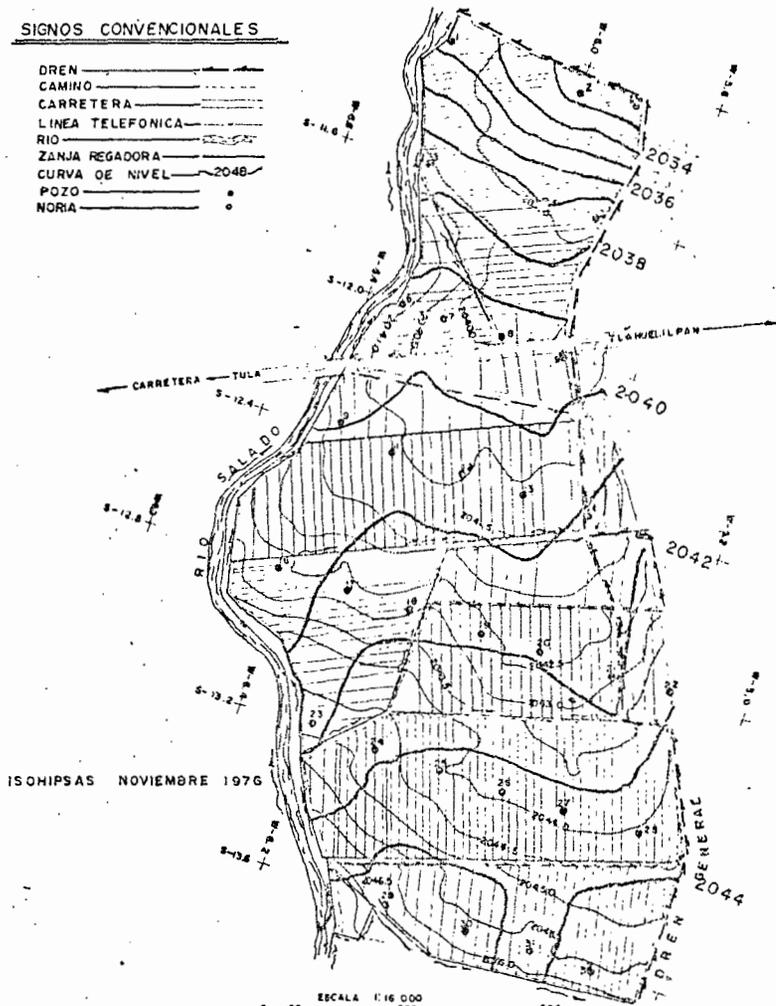
Entre los pozos 29, 30, 31 y 32, existe permanentemente aunque con algunas variaciones, la mayor aportación de agua al manto freático efecto del sobre-riego, filtraciones de los canales (eficiencia de conducción 50%) y la influencia de la Presa Derivadora Las Cadenas. También se observa cierta alimentación pero en menor grado entre los pozos 15, 21, 22 y de la margen derecha del dren principal.

El cruce de las líneas equipotenciales con el perímetro del área en estudio -
tienen amplia variación a lo que se refiere a su localización en los diferen--
tes meses, excepto con los extremos horizonte de las Isohypsas 2040, 2041 y - -
2042 localizadas en una zona donde el manto freático se encuentra a menos de -
un metro en forma constante, lo cual explica la poca movilidad de las 3 líneas
antes mencionadas.

Entre los pozos 1, 2, 3, 4 y 5 existe un fuerte desnivel del manto freático --
debido a que están situados en una formación de estratos duros e impermeables,
los dos primeros pozos se encuentran perforados a una profundidad de 5.30 mts.
y 6.80 mts. y frecuentemente se les encuentra secos.

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL
- POZO DE NIVEL
- NORIA



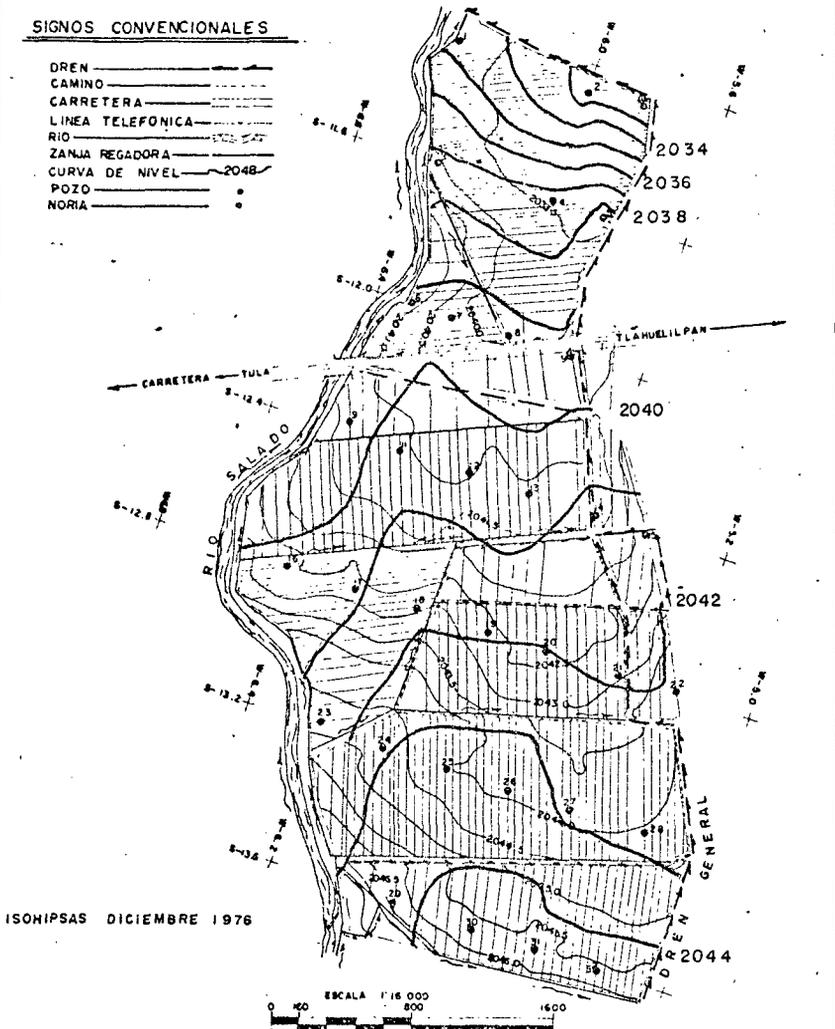
ISOHIPSAS NOVIEMBRE 1976



PLANO DE LA ZONA EN ESTU-	
DIO DE DRENAJE EN TLAHU-	
E. PAN HCO 1976-77	
Guillermo	1978
Mercado	
Mujiz	

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN ————
- CAMINO - - - - -
- CARRETERA ————
- LINEA TELEFONICA ————
- RIO ————
- ZANJA REGADORA ————
- CURVA DE NIVEL ———— 2048
- POZO ●
- NORIA ○



ISONIPSAS DICIEMBRE 1976

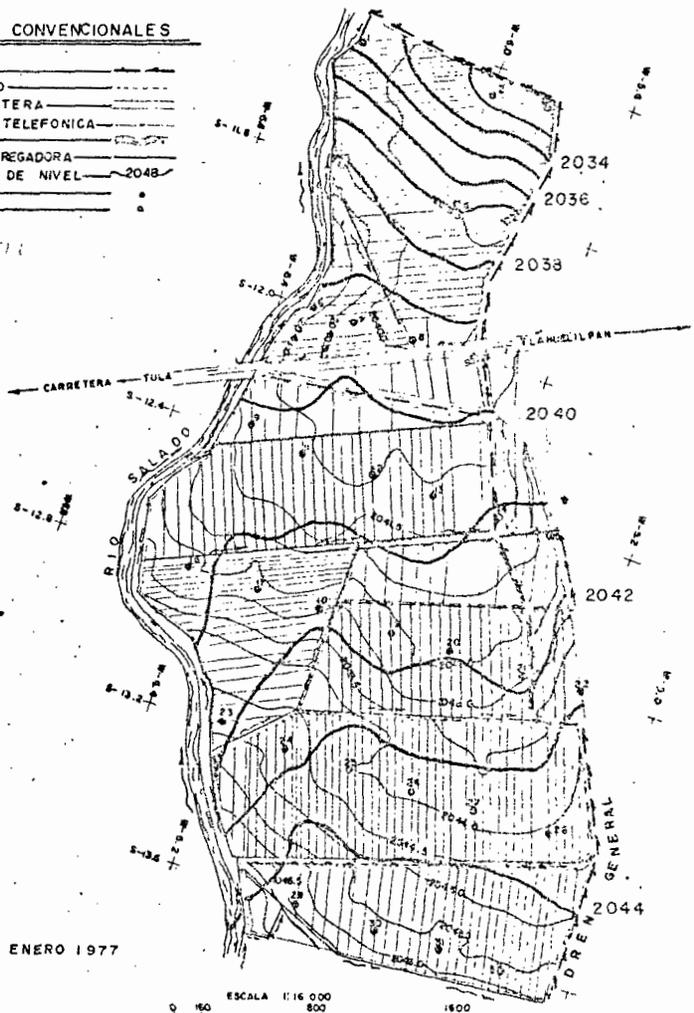


PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO. 1976-77

Guillermo Mercado Muñiz	978
-------------------------------	-----

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN _____
- CAMINO _____
- CARRETERA _____
- LINEA TELEFONICA _____
- RIO _____
- ZANJA REGADORA _____
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO •
- NORIA •



ISOHIPSAS ENERO 1977



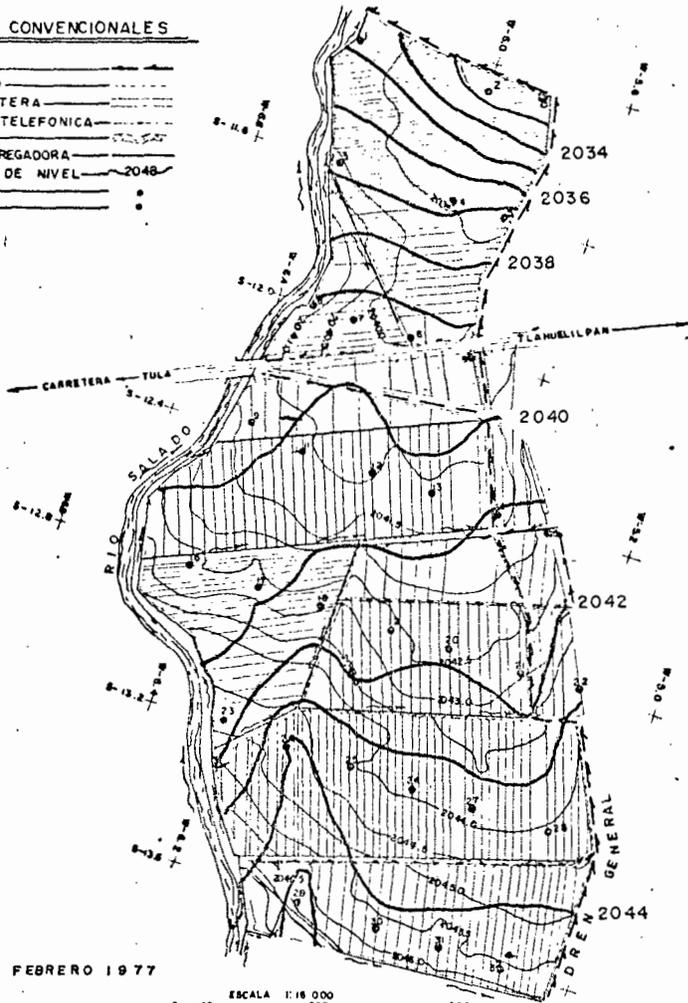
PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO. 1975-77.

Guillermo
Marcado
Muñiz

1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA



ISOHIPSAS FEBRERO 1977

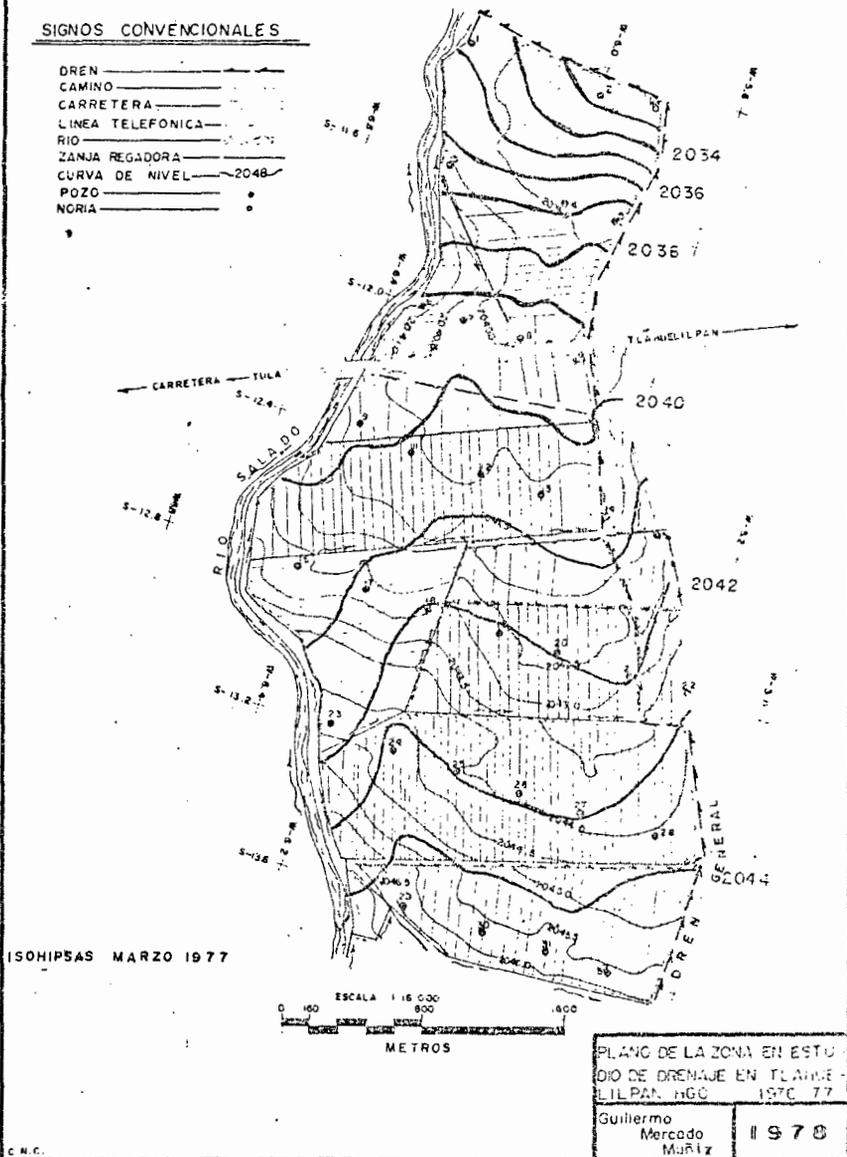


PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO. 1976-77

Guillermo Marcado Muñiz	1978
-------------------------------	------

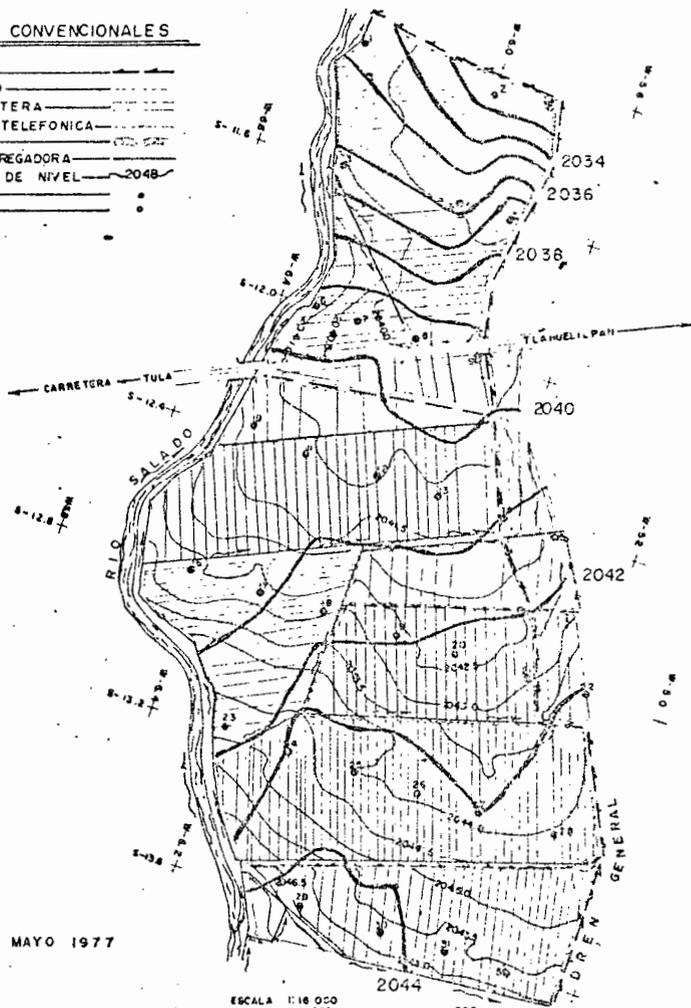
SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN —————
- CAMINO ————
- CARRETERA ————
- LINEA TELEFONICA ————
- RIO ————
- ZANJA REGADORA ————
- CURVA DE NIVEL — 2048
- POZO ————
- NORIA ————



SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA



ISOHIPSAS MAYO 1977

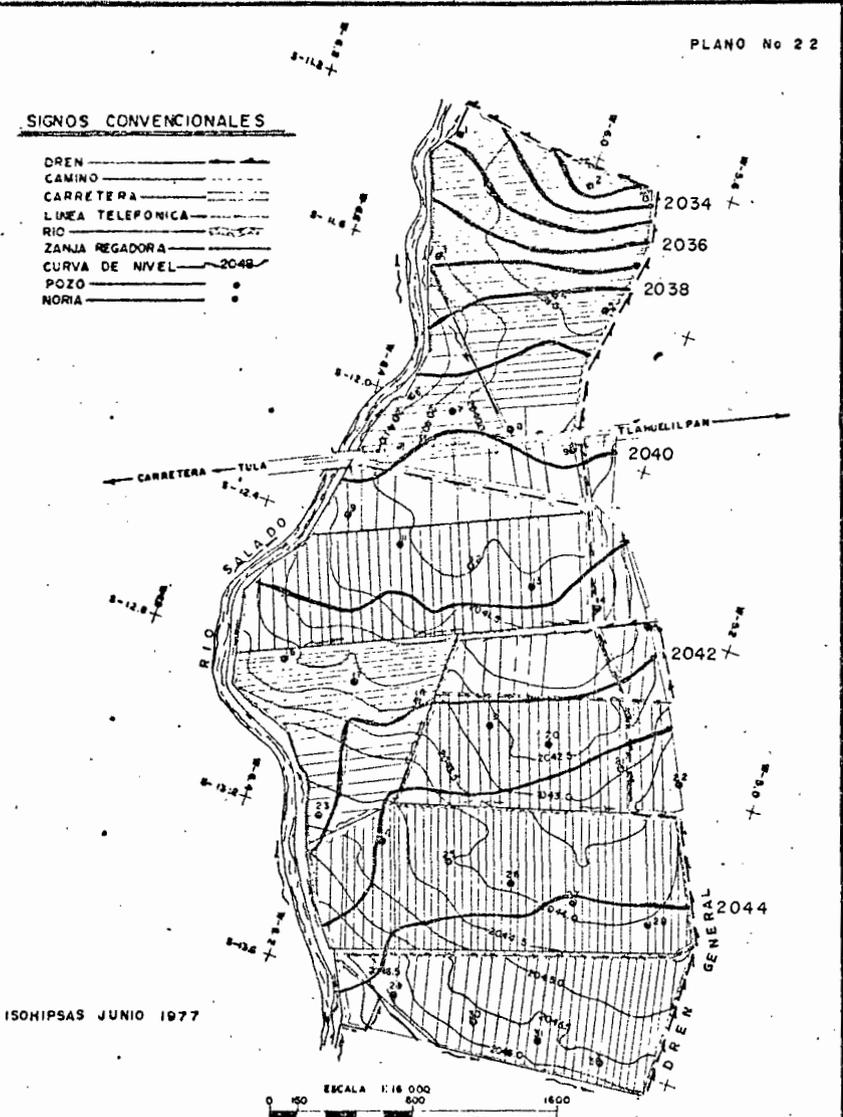


PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN IGO 1976-77

Guillermo Marcodo Muñiz	1978
-------------------------------	------

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN —————
- CAMINO ————
- CARRETERA - - - - -
- LINEA TELEFONICA - - - - -
- RIO ————
- ZANJA REGADORA ————
- CURVA DE NIVEL — 2048
- POZO •
- NORIA •



ISOHIPAS JUNIO 1977



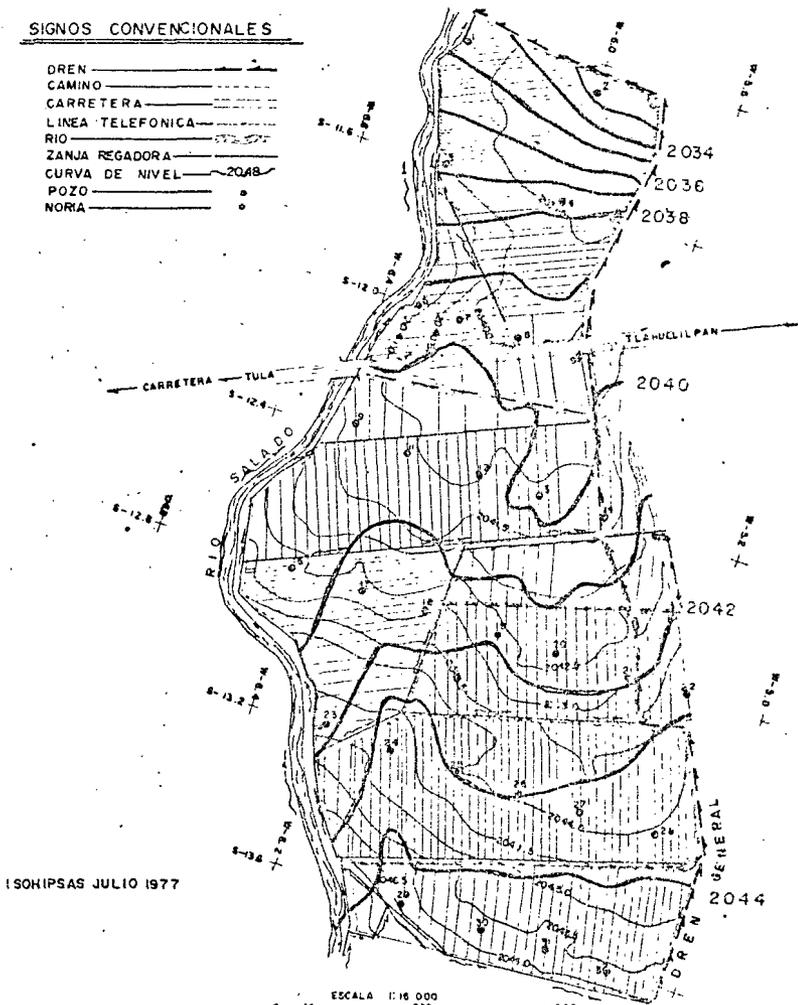
PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
LILPAN HGO. 1976-77

Guillermo
Marcopdo
Muniz

1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA

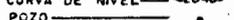


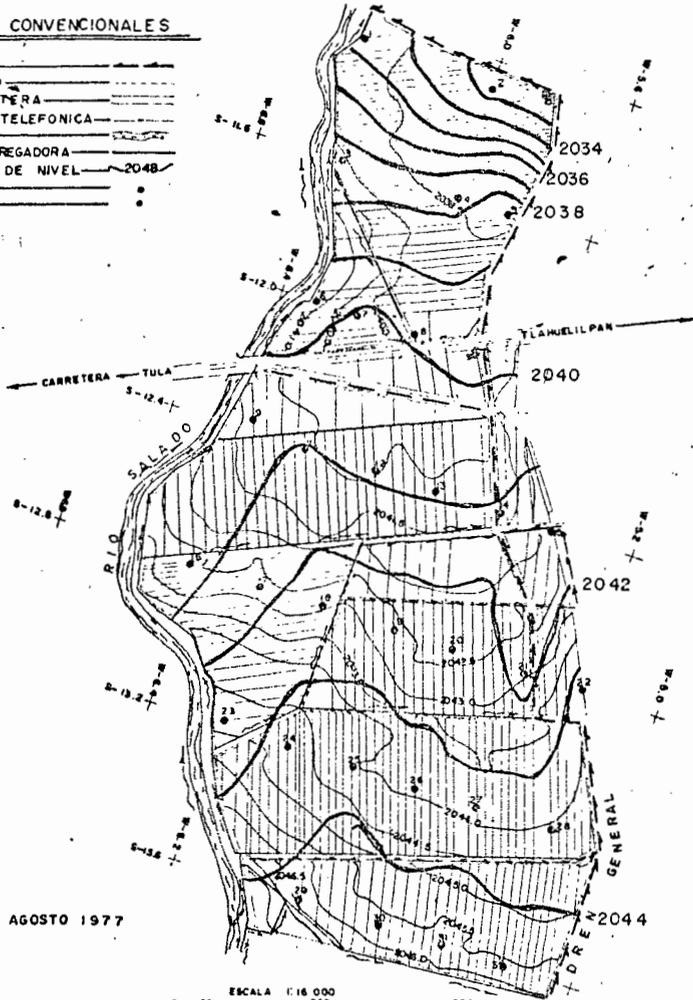
ISOHIPSAS JULIO 1977

ESCALA 1:16 000
 0 500 1000
 METROS

PLANO DE LA ZONA EN ESTU-
 DIO DE DRENAJE EN TLAHUE-
 LILPAN HGO 1976-77
 Guillermo Mercado Muñiz 1973

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN 
- CAMINO 
- CARRETERA 
- LINEA TELEFONICA 
- RIO 
- ZANJA REGADORA 
- CURVA DE NIVEL 2048 
- POZO 
- NORIA 



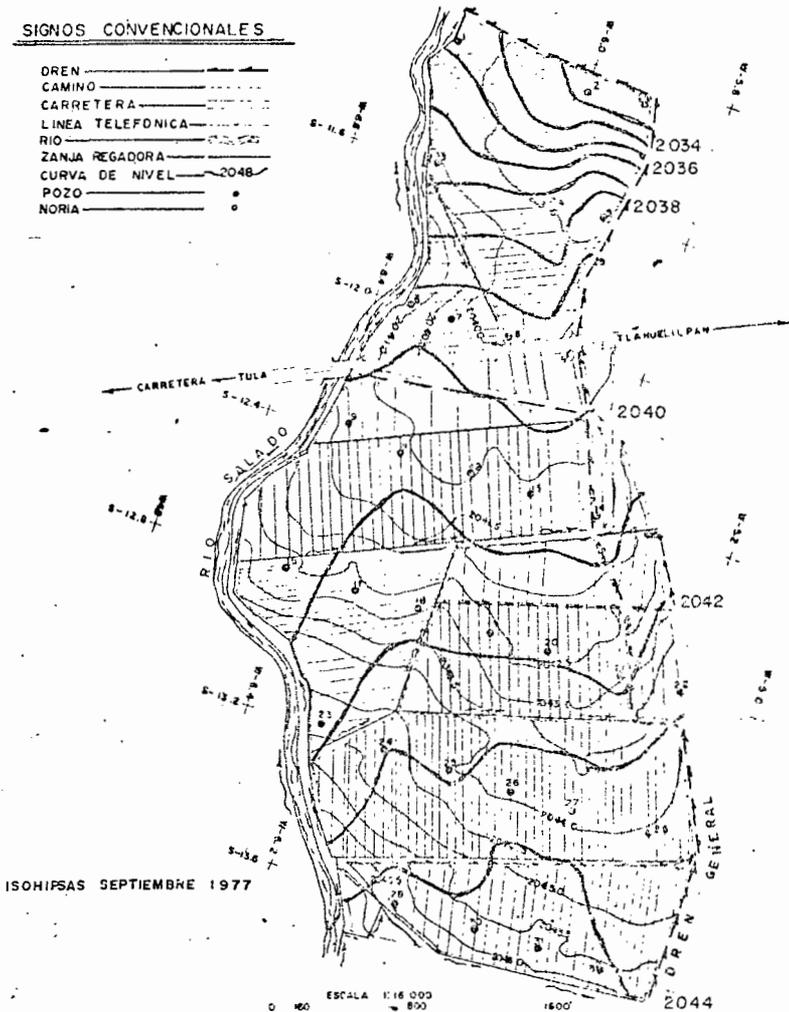
ISONIPSAS AGOSTO 1977



PLANO DE LA ZONA EN ESTU- DIO DE DRENAJE EN TLAHUE- LILPAN HGO 1976-77	
Guillermo Marcado Muñiz	1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL 2048
- POZO
- NORIA



ISOHIPSAS SEPTIEMBRE 1977

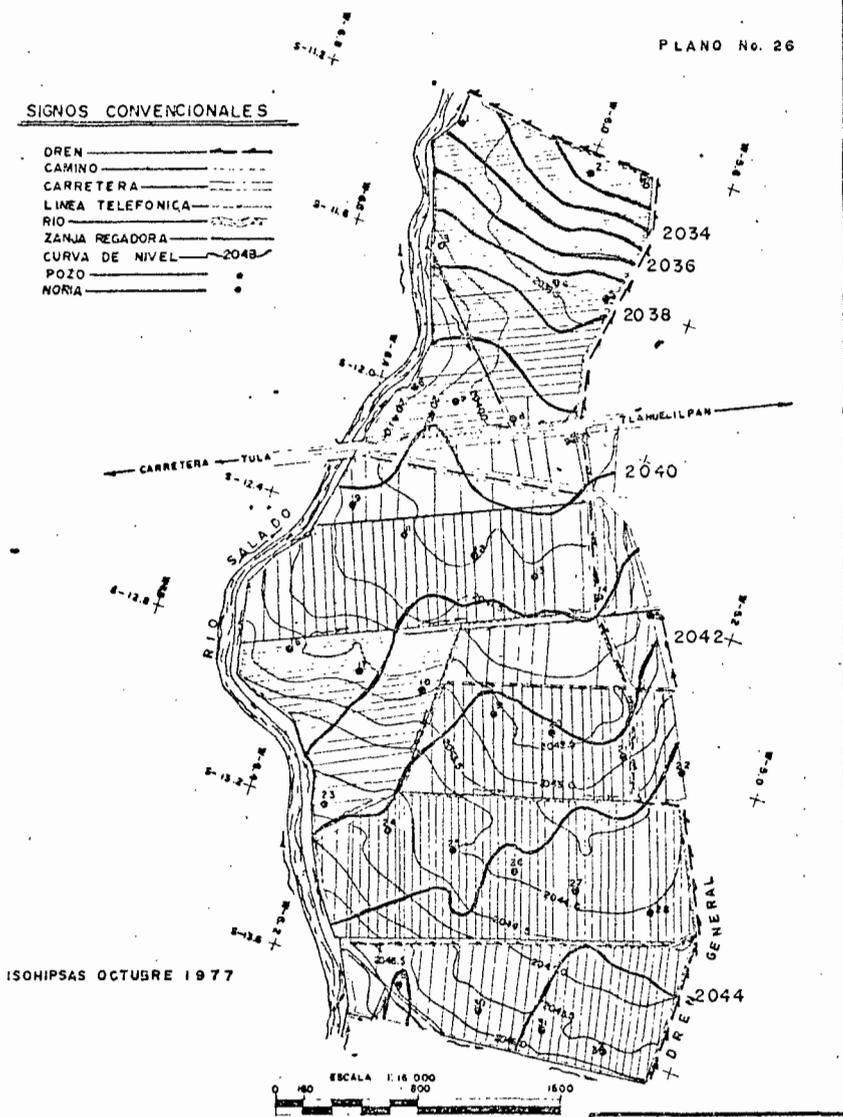


PLANO DE LA ZONA EN ESTU
DIO DE DRENAJE EN TLAHU
ELIPAN HGO 1976-77

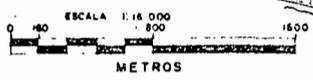
Cuillermo
Mercado
Núñez 1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN
- CAMINO
- CARRETERA
- LINEA TELEFONICA
- RIO
- ZANJA REGADORA
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA



ISOHIPSAS OCTUBRE 1977

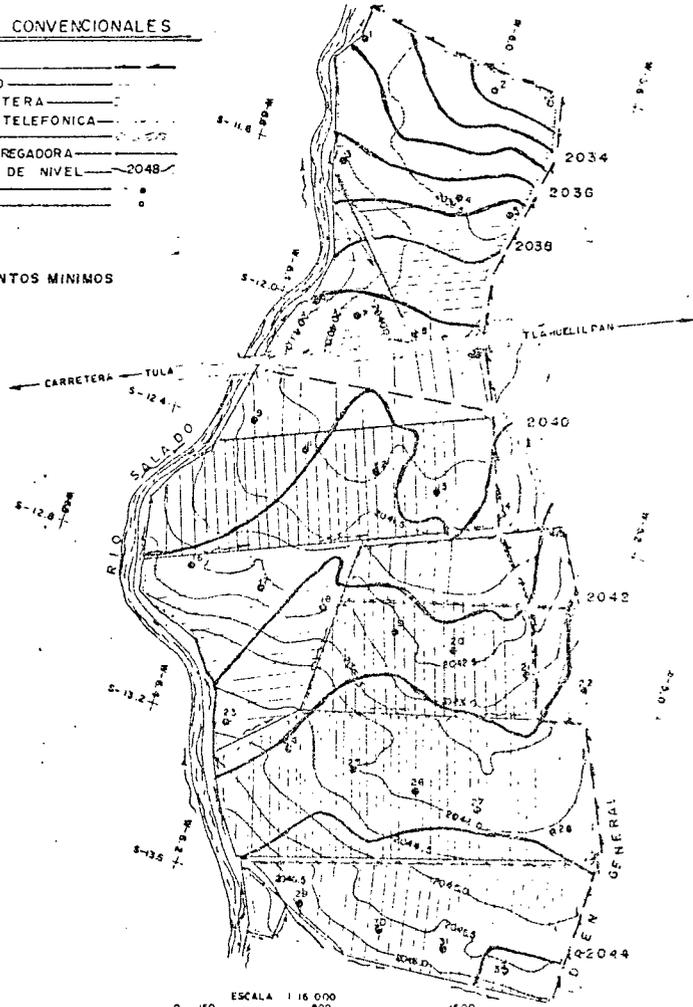


PLANO DE LA ZONA EN ESTUDIO DE DRENAJE EN TLAHUELILPAN HGO. 1976-77
Guillermo Mercado Muñiz 1978

SIGNOS CONVENCIONALES

- OREN —————>
- CAMINO —————
- CARRETERA ————
- LINEA TELEFONICA ————
- RIO ————
- ZANJA REGADORA ————
- CURVA DE NIVEL ———— 2048
- POZO ————
- NORIA ————

INCREMENTOS MINIMOS



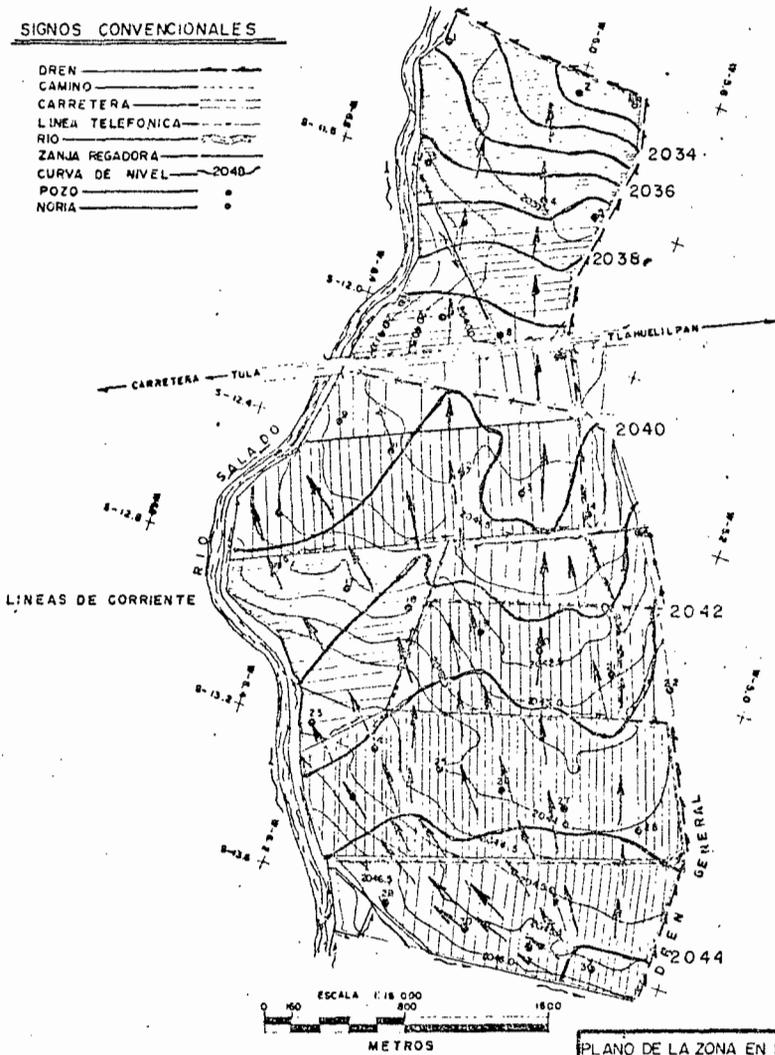
ESCALA 1:16 000
 0 160 320 480 640 800 1600
 METROS

PLANO DE LA ZONA EN ESTU
 DIO DE DRENAJE EN TLANH
 UILPAN HGO 1976-77

Guillermo Marcado Muñiz	1976
-------------------------------	------

SIGNOS CONVENCIONALES

- DREN —————
- CAMINO - - - - -
- CARRETERA - - - - -
- LINEA TELEFONICA - - - - -
- RIO —————
- ZANJA REGADORA - - - - -
- CURVA DE NIVEL — 2040
- POZO •
- NORIA •



PLANO DE LA ZONA EN ESTUDIO DE DRENAJE EN TLAHUELILPAN HGO 1976-77

Guillermo Mercado Muñiz

1978

VI.- CONCLUSIONES

Los principales factores que originan el problema de drenaje son:

- La fuertes láminas de riego utilizadas, la filtración de los canales de la periferia y del área de estudio.
- La existencia permanente del embalse elevado en la Presa Derivadora Las Cadenas.
- El paso continuo del agua en el canal de la concesión.
- La textura predominante y la topografía de la zona, agravan el problema.

VII.- RECOMENDACIONES

Se recomienda primeramente disminuir las fuertes aportaciones de agua de riegos al manto freático, dando riegos ligeros lo cual se logrará utilizando el trazo adecuado a cada parcela y cultivo.

Operar en forma correcta la Presa Derivadora Las Cadenas, de manera que no permanezca el embalse cuando no sea necesario.

Operar en forma conveniente el canal de la concesión a fin de reducir al minimo el tiempo de funcionamiento del mismo, de ser posible debe revestirse para disminuir las filtraciones.

Hacer más profundo el dren Tlahuelilpan-Tlaxcoapan, desde la altura del pozo No. 32 hasta aguas abajo de la Presa Derivadora La Virgen.

Construir drenaje parcelario en toda el área problema perpendicular al dren - Tlahuelilpan-Tlaxcoapan. Esta localización intercepta las líneas de corriente del manto freático como puede apreciarse en el plano del mismo nombre, de preferencia alojarlos en los linderos de las parcelas además de que ayuda a compensar la condición de drenaje lento que implica la existencia de texturas -- arcillosas con los suelos de la zona.

Que el presente trabajo se tome como base para la aplicación de los métodos -- correctivos o de combate.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

Apuntes sobre algunos Problemas de Drenaje y Ensalitramiento de Terrenos Agrícolas.

Aplicación de Drenaje Vertical en el Area de San Salvador, Distrito de Riego 03-Tula, Hgo.

Drenaje Parcelario 1973

Diseño de Drenaje Agrícola en la Segunda - Unidad.

Estudio Agrológico Detallado del Distrito de Riego 03-Tula, Hgo., y Ampliaciones.

Metodología establecida para la Determinación y Solución de los Problemas de Drenaje en los Distritos de Riego de la República Mexicana.

Metodología establecida para la Determinación y Solución de los Problemas de Drenaje en los Distritos de Riego de la República Mexicana

Principios de Avenamiento o Drenaje

Resumen del Estudio Geohidrológico del Valle del Mezquital y Zona Adyacentes.

Dr. Oscar Palacios Veles
Colegio de Postgraduados
Chapingo, México 1969

Tesis del Maestro en Ciencias
Manuel de Jesús Castro Gil
Chapingo, México 1972

Ing. Manuel Juárez Camacho

Distrito de Riego 05
Pelicias, Chihuahua 1970

Ing. José Martín Alanís, e
Ing. Daniel Cabello Vega

Boletín Técnico Núm. 7
Junio 1974
Cd. Obregón, Son. México.

Memorándum Técnico Núm. 341
S.R.H. 1975

Manual de Ingeniería de Suelos 1972

Información Geológica Núm. 87
Intituto de Geología de la -
U.N.A.M. Noviembre de 1971