
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO DE FREATRIMETRIA DEL DISTRITO DE RIEGO 099
QUITUPAN-LA MAGDALENA.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A N

MANUEL SALVADOR CHAVEZ VACA
HECTOR MARIO GONZALEZ PEREZ
JUAN JOSE SAAVEDRA GARCIA

GUADALAJARA, JALISCO

1993



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION COM. DE TIT.

EXPEDIENTE

NUMERO 0911/93

6 de septiembre de 1993

C. PROFESORES:

ING. HUMBERTO MARTINEZ HERREJON, DIRECTOR
ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ, ASESOR
ING. CARLOS R. GONZALEZ FLORES, ASESOR

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

ESTUDIO DE FREATRIMETRIA DEL DISTRITO DE RIEGO 099
QUITUPAN-LA MAGDALENA

presentado por el (los) PASANTE (ES) MANUEL SALVADOR CHAVEZ VACA, HECTOR MARIO GONZALEZ PEREZ Y JUAN JOSE SAAVEDRA GARCIA

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

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

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO


M.C. ELIAS SANDOVAL ISLAS



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION COM. DE TIT.
EXPEDIENTE _____
NUMERO 0911/93

6 de septiembre de 1993

M.C. SALVADOR MENA MUNGUA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

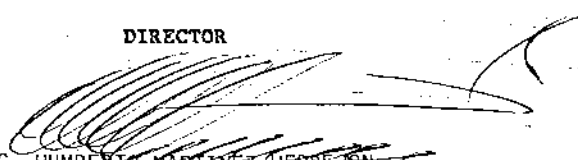
Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (s) MANUEL SALVADOR CHAVEZ
VACA, HECTOR MARIO GONZALEZ PEREZ Y JUAN JOSE SAAVEDRA GARCIA

titulada:

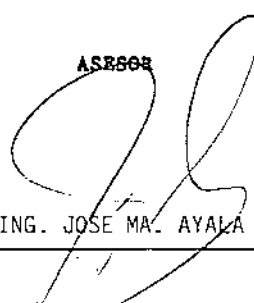
ESTUDIO DE FREATRIMETRIA DEL DISTRITO DE RIEGO 099
QUITUPAN-LA MAGDALENA

damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.


DIRECTOR


ING. HUMBERTO MARTINEZ TERREJON

ASESOR


ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ

ASESOR


ING. CARLOS R. GONZALEZ FLORES

INDICE

RESUMEN	i
I INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo	6
2 REVISION DE LITERATURA	7
2.1 Clasificación Cuantitativa de la Red de Drenaje	7
2.1.1 Sistema de drenaje colector	7
2.1.1.1 Delimitar las áreas de influencia (aportación) de cada colector	7
2.1.1.2 Cálculo de los parámetros de análisis	7
2.1.1.3 Criterios de decisión	11
2.1.2 Sistema de drenaje interceptor	11
2.1.2.1 Parámetros de análisis	11
2.2 Ejemplos de Cálculo del Gasto de Esguerrimiento en Drenes	16
2.2.1 Sistema de drenaje colector	16
2.2.2 Sistema de drenaje interceptor	18
2.2.2.1 Esguerrimiento subsuperficial	18
2.2.2.2 Esguerrimiento superficial	20
2.2.2.3 Esguerrimiento total	21
2.3 Aspectos Físico-químicos del Suelo que Afectan el Desarrollo de las Plantas	21
2.3.1 Humedad	21
2.3.2 Reacción (pH) del suelo	23
2.3.3 Aire del suelo	25
2.3.4 Composición de la atmósfera	26
3 MATERIALES Y METODOS	28
3.1 Generalidades del Distrito de Riego 099	28
3.1.1 Primera Unidad de Riego Quitupan, Jalisco	28
3.1.1.1 Climatología	32
3.1.1.2 Suelos	33
3.1.1.3 Tenencia de la tierra	33
3.1.1.4 Cultivos	33
3.1.2 Segunda Unidad de Riego La Magdalena, Michoacán	34
3.1.2.1 Obras	34
3.1.2.2 Climatología	37
3.1.2.3 Suelos	37
3.1.2.4 Tenencia de la tierra	39
3.1.2.5 Cultivos	39
3.1.2.6 Obras de rehabilitación	40
3.2 Métodos	41
4 RESULTADOS	50

5	CONCLUSIONES	52
6	BIBLIOGRAFIA	54
7	APENDICE	55



RESUMEN

El elemento principal para el análisis y la determinación de la prioridad de la conservación de las obras, es el estudio freatrimétrico del área a beneficiar.

Para realizar el estudio freatrimétrico se tiene que llegar a la obtención de los planos de isobatas y de un sohypsas para poder determinar las prioridades de obra.

Para lograr esto, se requiere de una red de pozos de observación del manto freático nivelados con referencia al nivel del mar.

Se recomienda que esta red obedezca a una cuadrícula de dos kilómetros como límite, aunque es preferible que ésta se limite a un kilómetro.

Las observaciones sobre la dinámica del manto freático se deben realizar de manera periódica cada mes en y/o durante cinco días para que sean confiables, sobre una red diseñada con las siguientes características de construcción.

1. INTRODUCCION

Grandes inversiones ha realizado nuestro país para dotar de infraestructura hidroagrícola a una superficie de tierras agrícolas que rebasa los 5 millones de hectáreas.

Parece demasiado simplista pensar que con solo suministrar el agua de riego a los suelos, las cosechas obtenidas siempre serán las mejores posibles, ya que todos sabemos que ésto no siempre es cierto y que para lograr buenas cosechas se requiere que todos los que participamos en las tareas productivas, manejemos con inteligencia la relación que existe entre el suelo, el agua, la planta, el clima y -como un factor determinante- el hombre.

La primera pregunta que nos hacemos es: ¿pero, como influye el suelo para lograr buenos resultados en la agricultura de riego?

El suelo es el espacio en:

- Donde se deposita la semilla del cultivo para establecer.
- Donde la planta va a desarrollar su sistema de raíces.
- Donde se almacena el agua y los nutrientes que necesita el cultivo para crecer, y

- En donde, por diversos motivos se pueden acumular sales y aguas en cantidades que puedan causar daño al cultivo.

Por lo anterior, resulta imprescindible conocer las características físicas y químicas de los suelos en los Distritos de Riego, a efecto de darles el manejo que garantice el buen desarrollo de los cultivos y la preservación de su productividad.

En relación con el suelo, las oficinas de Ingeniería de Riego y Drenaje en los Distritos de Riego realizan en el campo trabajos sistemáticos de orden general y de orden específico, para caracterizar al suelo desde el punto de vista de su capacidad de almacenamiento de agua para los cultivos, así como para cuantificar su grado de ensalitramiento y calificar su variación en la productividad, debido a las sales acumuladas y la capacidad de la planta para tomar los fertilizantes del suelo, por medio de su sistema radical.

Ahora veamos algunos aspectos con respecto al agua de riego y a su importancia en la productividad.

Por naturaleza, en todas las aguas de riego existen en solución, una mayor o menor cantidad de sales.

Desde luego que al hablar del agua de riego es importantísimo conocer:

- La calidad con respecto a su contenido de sales

y sustancias que tengan efectos negativos en los suelos, las plantas, los animales, y, por supuesto, en el hombre; y

- La cantidad total y por riego requerida por cada cultivo.

Con base en estos conocimientos, el Distrito de Riego está en condiciones de:

- Dictaminar cuál es el patrón de cultivos cuya productividad reporta más altos índices.
- La cantidad de agua a nivel parcelario para satisfacer los requerimientos de los cultivos.
- La cantidad requerida para conservar el suelo con niveles de salinidad que no afecten a los cultivos.

Por lo tanto, los trabajos SISTEMATICOS de Riego y Drenaje, encaminados a calificar la calidad de las fuentes de abastecimiento de los Distritos de Riego y a medir su impacto en la productividad, son tareas que por su trascendencia son de primer orden.

Sin embargo, en los Distritos de Riego hay otro tipo de aguas que es importante detectar, nos referimos a las aguas freáticas que por diversos motivos se acumulan en los suelos, incrementando sus niveles y provocando problemas de ensalitramiento de los suelos y en algunos casos, volviéndolos improductivos.

Para conocer la calidad de estas aguas y la variación de su nivel con respecto al terreno natural, las oficinas de Ingeniería de Riego y Drenaje de los Distritos de Riego, desarrollan estudios sistemáticos que sirven de apoyo para tomar decisiones con respecto:

- A las aportaciones de sales del manto freático que contribuyen al proceso de ensalitramiento.
- Al funcionamiento de la red de drenaje general y parcelaria del Distrito.
- A los requerimientos adicionales de drenaje general y parcelario.
- A las necesidades de conservación de la red general de drenaje y sobre todo a la oportunidad con que estos trabajos deben ejecutarse.
- A definir las aportaciones de agua al manto freático, debidas a las filtraciones de la red de canales del Distrito, y, por consiguiente, a detectar las necesidades de revestimiento de canales y en algunos casos de drenes.
- A la viabilidad de establecer programas de recuperación de suelos ensalitrados.

Vamos ahora a hablar de la importancia que tiene la planta en este proceso.

Es necesario retomar la idea de que los Distritos de Riego se construyeron y se administran con el único

objetivo de satisfacer los requerimientos de las plantas, para obtener de ellas su máximo rendimiento.

Se sabe que cada cultivo responde de diferente manera a las diversas condiciones de clima y del suelo en donde se desarrolla; es por ello que es importante conocer en cada Distrito de Riego, la respuesta de las plantas a las condiciones de suelo, agua y clima a efecto de:

- Recomendar la preparación más adecuada del terreno para recibir la semilla y el riego.
- Seleccionar el cultivo, de acuerdo a su tolerancia a las sales y elementos tóxicos en el suelo y en el agua.
- Definir la periodicidad de aplicación del agua de riego, lo cual se traduce en un calendario de riegos, para que la planta pueda sacar con facilidad el agua del suelo.
- El método de riego más apropiado, a efecto de aplicar solamente el agua necesaria y evitar los excesos.
- Diseñar el sistema de drenaje parcelario y/o interno que garantice las condiciones de aereación que requiere el cultivo.
- Recomendar la cantidad y el tipo de fertilizantes que necesite el cultivo, así como la mejor forma y época de aplicación.

Resulta pues importante conocer el comportamiento de los cultivos para lograr de ellos el máximo rendimiento por cada metro cúbico de agua entregado a nivel parcelario y consecuente, la mayor cantidad de pesos por metro cúbico captado.

Finalmente, cabe señalar la importancia que el hombre tiene sobre el desarrollo armónico de todos los factores que acabamos de expresar, ya que para obtener las mejores cosechas, la producción agropecuaria y en especial la de riego, requiere de una gran coordinación de acciones a nivel distrital, ya que los productores usuarios de los servicios agrícolas para el desarrollo rural, entienden y contemplan su problemática en forma única e integral, puesto que conocen su tierra, saben que tiene vida, que su producción se subordena a un proceso de nacimiento, desarrollo y madurez que reclama agua, crédito, fertilizantes, seguridad en la tenencia de la tierra y en las inversiones, combate de plagas y enfermedades, asistencia técnica y otros servicios en tiempo y forma adecuada.

1.1 Objetivo

El objetivo que con estas inversiones se ha pretendido alcanzar, es el de asegurar mediante el riego, las cosechas de los cultivos que se establezcan en las áreas de riego.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Clasificación Cuantitativa de la Red de Drenaje

2.1.1 Sistema de drenaje colector

El procedimiento que se recomienda para efectuar la clasificación de la red de drenaje en los Distritos de Riego en forma cuantitativa, se presenta a continuación:

2.1.1.1 Delimitar las áreas de influencia (aportación) de cada colector

Para realizar esta actividad, es necesario apoyarse en el plano de la red de drenaje y separar los drenes colectores; posteriormente delimitar el parteaguas de cada colector, de acuerdo a la dirección del escurrimiento de los drenes interceptores y la topografía.

2.1.1.2 Cálculo de los parámetros de análisis

Los parámetros que se requieren calcular para efectuar el valor cuantitativo de los drenes colectores son los siguientes:

- a) Q_e = Gasto de escurrimiento, $m^3/seg.$

b) Q_{max} = Gasto máximo registrado, $m^3/seg.$

c) Q_p = Gasto de proyecto, $m^3/seg.$

El procedimiento y cálculo que se requiere efectuar para obtener uno de los parámetros antes enunciados, son los siguientes:

GASTO DE ESCURRIMIENTO, $M^3/SEG.$ (Q_e)

La fórmula que se requiere aplicar para calcular el escurrimiento es la siguiente:

$$Q_e = \frac{C \times L \times A}{360 \times N}$$

donde:

Q_e = Gasto de escurrimiento (m^3/seg)

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

L = Lámina precipitada máxima en 24 hrs, con un periodo de retorno de 5 años.

A = Area de aportación de la cuenca (ha)

N = Tiempo considerado para desalojar el volumen precipitado (hr)

El coeficiente "C" depende del uso del suelo, pendiente promedio de cuenca y textura en la cuenca. Si existen dos tipos o tres de texturas en la cuenca, es necesario obtener un coeficiente de escurrimiento ponderado, tal como se indica a continuación:

$$C = \frac{(\text{Sup. de textura } x \text{ c1}) + (\text{Sup. textura2 } x \text{ c2}) + (\text{Sup. de textura3 } x \text{ c3})}{\text{Sup. de textural} + \text{Sup. de textura2} + \text{Sup. de textura3}}$$

El área de aportación o de drenaje del colector en cuestión, se obtiene planimetrando el área previamente delimitada.

El número de horas necesarias para desalojar la avenida máxima propone, de acuerdo a la tolerancia de los cultivos a la inundación, que se encuentren establecidos o por establecer en el área del dren; la cual se recomienda con los siguientes rangos:

<u>Cultivo</u>	<u>Tolerancia a la Inundación</u> (Hr)
Hortalizas	6 - 12
Granos	24 - 48
Pastos	Más de 72
Frutales	Hasta 72

GASTO MAXIMO REGISTRADO, M³/SEG. (Qmax)

Para obtener el gasto máximo registrado, Qmax, se recomienda utilizar la fórmula de Manning, apoyándonos con un levantamiento de secciones transversales en una longitud considerable (1-2 km) en la parte más crítica del dren (la descarga), la cual se explica a continuación:

$$Q_{\max} = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

donde:

Q_{max} = Gasto máximo registrado (m^3/seg)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

R_h = Radio hidráulico de la sección transversal (m)

S = Pendiente media de la plantilla del dren (decimal)

A = Area de la sección transversal (m^2)

El coeficiente de rugosidad de Manning (n), se recomienda obtenerlo de las tablas que reporta Te Chow en el libro titulado "Hidráulica de los Canales Abiertos".

El radio hidráulico (R_h), se obtiene aplicando la fórmula:

$$R_h = A_h/P_m$$

donde:

A_h = Area hidráulica de la sección.

P_m = Perímetro mojado del dren.

Para obtener la pendiente promedio de la plantilla del dren (S), se recomienda obtenerla del levantamiento de perfil que se efectuó a la par de secciones.

El área hidráulica (A) del dren se recomienda obtenerla hacerla de la sección más crítica que se encuentre en el tramo seccionado, para la cual es necesario graficar las secciones transversales que se levantaron en el dren, sobre papel milimétrico y a escala, para posteriormente planimetrearla.

GASTO DE PROYECTO, m^3/SEG (Q_p)

El gasto de proyecto o constructivo del dren (Q_p), se obtiene de la Jefatura de Rehabilitación y Conservación del Distrito de Riego.

2.1.1.3 Criterios de decisión

Los criterios de decisión para clasificar los drenes colectores, desde el punto de vista cuantitativo, son los siguientes:

Si $Q_e < Q_{max}$ \rightarrow color verde \rightarrow conservación normal

Si $Q_e > Q_{max}$ \rightarrow verificar las dos condiciones siguientes:

- Si $Q_e < Q_p$ \rightarrow color amarillo \rightarrow conservación diferida
- Si $Q_e > Q_p$ \rightarrow color rojo \rightarrow rehabilitación

2.1.2 Sistema de drenaje interceptor

2.1.2.1 Parámetros de análisis

Los parámetros que se requieren obtener para efectuar el análisis del sistema de drenaje interceptores, son los que se enlistan a continuación:

- a). Q_e = Gasto de escurrimiento, $m^3/seg.$
- b). Q_{max} = Gasto máximo registrado, $m^3/seg.$
- c). Q_p = Gasto de proyecto, $m^3/seg.$

d). Q_{ss} = Gasto de escurrimiento subsuperficial,
 $m^3/d\acute{a}a$

El procedimiento prático que se recomienda para efectuar la clasificaci3n del sistema de drenaje interceptor, es el que se indica a continuaci3n:

ESCURRIMIENTO SUBSUPERFICIAL (Q_{ss})

El escurrimiento subsuperficial es el que fluye por diferencias de gradientes hidrauicos en un medio poroso saturado. Para efectuar su cuantificaci3n se recomienda utilizar la ley de Darcy, la cual se explica a continuaci3n:

$$Q_{ss} = K_s * \frac{\Delta h}{L} * A \dots\dots\dots 4$$

donde:

Q_{ss} = Gasto subsuperficial ($m^3/d\acute{a}a$)

K_s = Permeabilidad del suelo ($m/d\acute{a}a$)

Δh = Diferencia entre las dos isohypsas extremas del área de influencia (m)

L = Longitud perpendicular a las dos isohypsas extremas (m)

A = Area transversal de intercepci3n al flujo subterráneo (m^2)

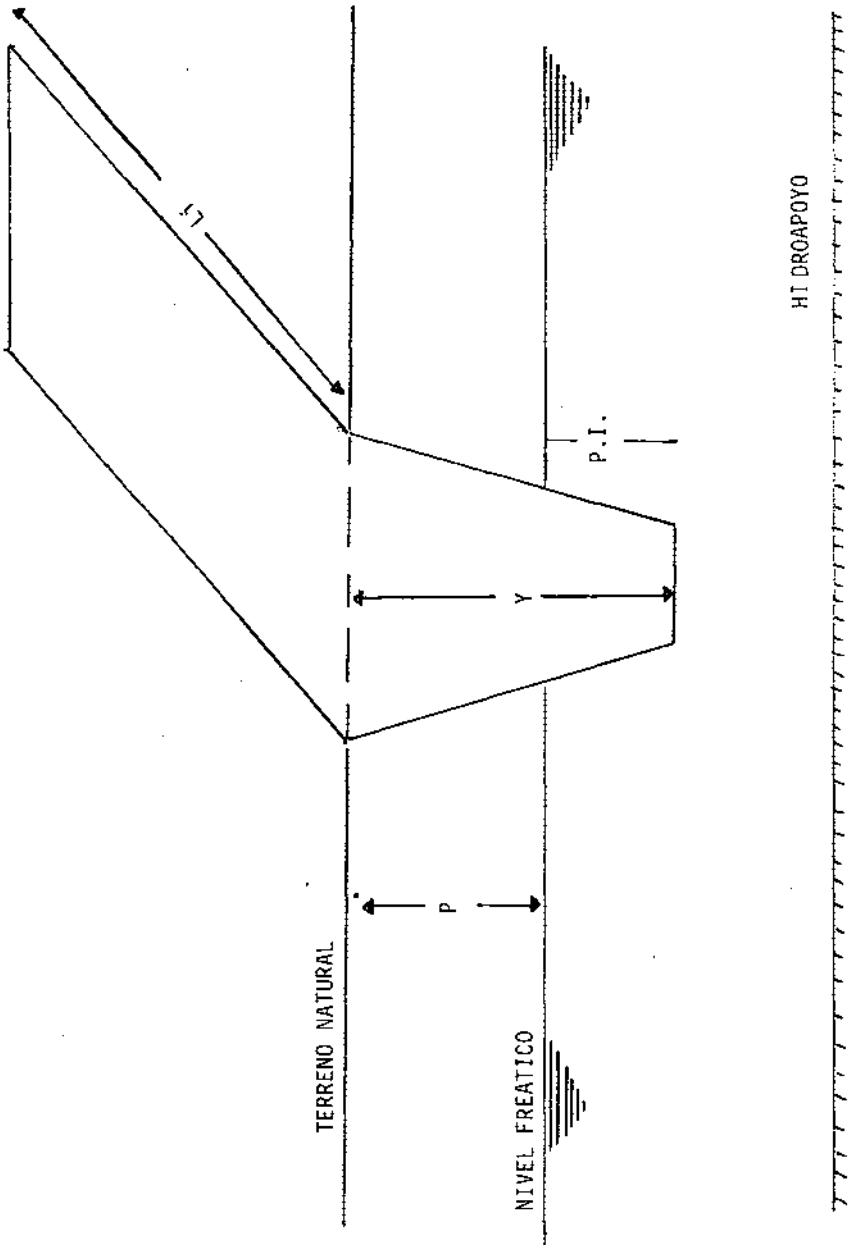
$$i = \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots 5$$

donde:

i = Gradiente hidráulico (adimensional)

La permeabilidad del suelo en el cual se encuentra construido el dren, se recomienda obtenerla de la Tabla 5.1 del libro de "Drenaje Agrícola" de Julián Martínez Beltrán, la cual se anexa al presente trabajo. Es importante destacar que si el dren cruza por dos o más tipos de texturas, se debe de obtener una k_s para cada tipo; por lo tanto, se debe obtener un gasto de escurrimiento subsuperficial por textura.

Para ejemplificar la aplicación de la fórmula antes mencionada, se recomienda ver el diagrama que se ilustra a continuación:



ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (Q_e)

Para efectuar el cálculo del escurrimiento superficial, se recomienda seguir el procedimiento descrito en el inciso 2.1.1.2.

GASTO TOTAL (Q_t)

El gasto total que debe de drenar el dren interceptor, es la suma del escurrimiento subsuperficial más el escurrimiento superficial.

$$Q_t = Q_{ss} + Q_e$$

CRITERIOS DE DECISION

Por Capacidad Hidráulica

Si $Q_t < Q_{max}$ → color verde → conservación normal

Si $Q_t > Q_{max}$ → verificar las dos condiciones siguientes:

- a) Si $Q_t < Q_p$ → color amarillo → conservación diferida
- b) Si $Q_t > Q_p$ → color rojo → rehabilitación

Por Salinidad y Freatimetría

Si el gasto de escurrimiento subsuperficial es insignificante, comparado con el escurrimiento superficial. Se recomienda efectuar el análisis del dren interceptor

por los siguientes parámetros, a efecto de verificar la congruencia de la información:

- Salinidad en el área de influencia.
- Isobatas del mes más crítico del año.
- Plano de funcionamiento de la red general de drenaje.
- Plano de funcionamiento de la red general de canales.
- Plano agrológico o de texturas.
- Gasto drenado.
- Elevación de la plantilla del dren.
- Tomar en cuenta el ascenso capilar.
- Calidad del agua del manto freático.
- Fluctuación del nivel freático en el ciclo.

2.2 Ejemplos de cálculo del gasto de escurrimiento en drenes

2.2.1 Sistema de drenaje colector

Calcular el gasto de escurrimiento (Q_e) y gasto máximo (Q_{max}) del dren Guadalupe del Distrito de Riego 025, del cual se dan los datos necesarios:

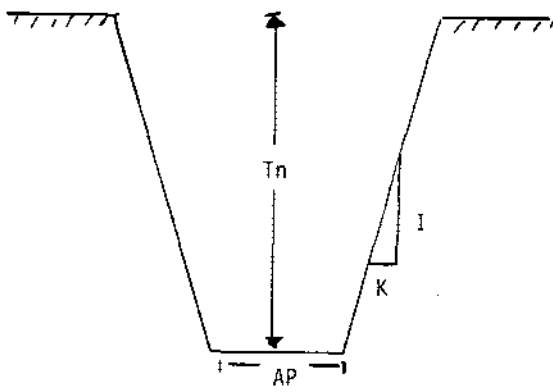
$$AP = 4.0$$

$$K = 1.5:1$$

$$S = 0.0019$$

$$n = 0.045$$

$$T_n = 3.0$$



$$Q_{max} = A * V$$

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q_{max} = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2} * A \dots\dots\dots$$

$$Q_{max} = 46.283 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_e = \frac{C * L * A}{360 * N} \dots\dots\dots$$

Textura pesada = 21,126 ha ...coeficiente C = 0.60

Textura ligera = 6,036 ha ...coeficiente C = 0.30

Textura media = 3,018 ha ...textura media C = 0.50

T o t a l = 30,180 ha

$$\text{Coeficiente (C) ponderado} = \frac{(21126*0.60)+(3018*0.5)+(6036*0.30)}{30180}$$

$$\text{Coeficiente (C) ponderado} = 0.53$$

Lámina precipitada máxima con un período de retorno de 5 años = 75 mm.

Tiempo considerado (N) para desalojar el volumen precipitado = 72 hr.

Sustituyendo datos:

$$Q_e = \frac{0.53 * 75 * 30180}{360 * 48}$$

$$Q_e = 69.424 \text{ m}^3/\text{seg}$$

R e s u m e n :

$$Q_e = 69.424 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$Q_{\max} = 46.283 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$Q_p = 50 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

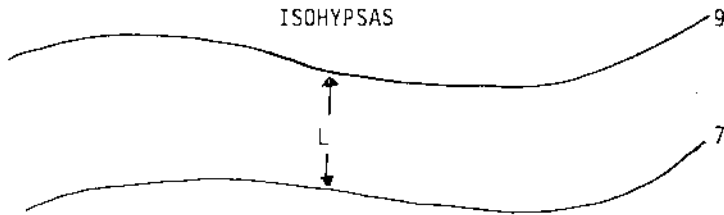
Q_e (69.424) Q_{\max} (46.283) y además:

Q_e (69.424) Q_p (50) ...color rojo...rehabilitación

2.2.2 Sistema de drenaje interceptor

2.2.2.1 Esguerrimiento subsuperficial

$$Q_{ss} = K_s * \frac{\Delta h}{L} * A \dots\dots\dots$$



$$\Delta h = 2.0$$

$$L = 1200 \text{ m}$$

$$i = \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots$$

$$i = 0.001666$$

Profundidad de la isobata más crítica y del mes más crítico en el área de aportación = $(1.5+2.0)/2 = p = 1.75\text{m}$

Profundidad del dren interceptor $y = 2.0 \text{ m}$

Profundidad de intercepción P.I = $y-p = 0.25 \text{ m}$

$$A_1 = L_1 * P.I = \text{textura pesada} = 1900 * 0.25 = 475 \text{ m}^2$$

$$A_2 = L_2 * P.I = \text{textura ligera} = 1700 * 0.25 = 425 \text{ m}^2$$

$$K_1 = \text{textura pesada} = 0.075 \rightarrow V_1 = K_1 * i \rightarrow V_1 = 0.075 * 0.001666 = 0.00012 \text{ m/día}$$

$$K_2 = \text{textura ligera} = 3.000 \rightarrow V_2 = K_2 * i \rightarrow V_2 = 3.000 * 0.001666 = 0.00499 \text{ m/día}$$

$$Q_1 = V_1 * A_1 = 0.0001249 * 475 = 0.0593 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_2 = V_2 * A_2 = 0.00496 * 425 = 2.108 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{sst} = Q_1 = Q_2 = 2.1673 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{sst} = Q_1 + Q_2 = 0.000025 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{sst} = Q_1 + Q_2 = 0.025 \text{ lps}$$

2.2.2.2 Esgurrimiento superficial

$$Q_e = \frac{C * L * A}{360 * N} \dots\dots\dots$$

Textura pesada = 324 ha...Coeficiente C = 0.60

Textura ligera = 81 ha...Coeficiente C = 0.30

T o t a l = 405 ha

$$\text{Coeficiente (C) Ponderado} = \frac{(0.60*324)+(0.30*81)}{405}$$

$$\text{Coeficiente (C) Ponderado} = 0.54$$

$$Q_e = \frac{0.54*75*405}{360*48} = 0.9492 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_e = 0.9492 \text{ m}^3/\text{seg}$$

2.2.2.3 Esgurrimiento total

$$\underline{Q_t = Q_{ss} + Q_e = 0.949225 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

2.2.2.4 Resumen

$$Q_t = 0.949225 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\max} = 0.50 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_p = 1.0 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$Q_t > Q_{\max}$ \longrightarrow pero:

$Q_t > Q_p$ \longrightarrow amarillo \longrightarrow conservación diferida

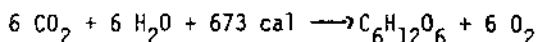
2.3 Aspectos físico-químicos del suelo que afectan el desarrollo de las plantas

2.3.1 Humedad

El crecimiento de las plantas, dentro de ciertos límites, es proporcional a la cantidad de agua disponible. Se considera como humedad disponible o aprovechable de un suelo, aquella que se encuentra dentro de los límites de la capacidad de campo y del porcentaje de marchitamiento permanente.

El agua dentro de la planta es requerida para las siguientes funciones:

- a) FOTOSINTESIS: Se requieren 6 moléculas de agua para sintetizar una molécula de glucosa, de acuerdo a la reacción simplificada siguiente:



- b) HIDRATACION DEL PROTOPLASMA: Las cadenas de proteínas del protoplasma celular conservan su estructura en un medio acuoso. Al ocurrir la deshidratación por efecto de un desequilibrio entre la absorción de agua y la transpiración; o bien, por una helada, aquella estructura puede alterarse y causar una plasmólisis.
- c) TRANSLOCACION DE NUTRIENTES Y SALES MINERALES: Tanto los carbohidratos fotosintetizados como las sales absorbidas, se mueven dentro de la planta, disueltas en un medio acuoso.
- d) CONSERVACION DE LA TEMPERATURA: El agua transpirada roba calor a las partes de las plantas expuestas al sol, evitando que se logre en ellas una temperatura tan alta, que pudiera ser perjudicial.

El agua en el suelo es también esencial para la actividad microbiana y para la absorción de los nutrientes en la solución del suelo. Existe una marcada interacción de fertilidad: humedad detectada en México con Nitrógeno en trigo, maíz y algodón; y con Fósforo en alfalfa.

Los excesos de agua son también perjudiciales, al producir:

- a) EROSION: Por este concepto y como un ejemplo, el río Mississippi arrastra al mar 275 millones de toneladas de suelo, anualmente. El monto de la erosión total anual en E.U.A. se considera de 870 millones de toneladas de suelo.
- b) LIXIVIACION: Los aniones son más susceptibles de lixiviarse que los cationes y dentro de aquellos en orden descendente de susceptibilidad. Podemos mencionar a los nitratos, cloruros, sulfatos y bicarbonatos.
- c) DEFICIENCIAS DE OXIGENO EN EL SUELO: Las que pueden traer trastornos en la respiración y demás actividades de las raíces y de la planta en general.

2.3.2 Reacción (pH) del suelo

La concentración de iones Hidrógeno en un suelo, tiene influencia sobre diferentes aspectos de importancia para el desarrollo de las plantas, como son:

- a) DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES: Los metales pesados como el Cobre, Hierro, Manganeseo y Zinc, son

más fácilmente aprovechables a pH ácidos; en cambio, el Molibdeno es disponible en mayor grado a pH alcalinos. La disponibilidad de otros nutrientes como el Fósforo, es mayor cerca de la neutralidad y finalmente otros (como el Nitrógeno, el Potasio y el Azufre) son prácticamente indiferentes al pH.

- b) ACTIVIDADES DE MICROORGANISMOS: La que a su vez influye sobre la incidencia de enfermedades, descomposición de la materia orgánica, fijación simbiótica de Nitrógeno atmosférico, nitrificación, etc. Algunas enfermedades como la sarna de la papa y la pudrición de la raíz del tabaco, se presentan con mayor incidencia en suelos alcalinos; de tal suerte, que una forma de controlarlas es abatiendo el pH del suelo. La descomposición de la materia orgánica a pH ácidos es llevada a cabo principalmente por hongos (que son más eficientes en la pudrición de humus), mientras que a pH neutros o alcalinos, es realizada en su mayor parte por bacterias. La actividad de las bacterias simbióticas fijadoras de Nitrógeno atmosférico, así como de las responsables de la nitrificación, es favorecida a pH alrededor de la neutralidad.

2.3.3 Aire del suelo

Para la normal respiración de las raíces de las plantas, se requiere de un determinado porcentaje de Oxígeno en la atmósfera del suelo. La concentración óptima de Oxígeno varía de acuerdo al cultivo; es baja para arroz y alta para tabaco, soya, ajonjolí y chícharo.

Una insuficiencia de Oxígeno en el sistema radical, interfiere con la absorción de agua y nutrientes, pudiendo ocasionar marchitez de las plantas o deficiencias de algunos elementos.

El contenido de Oxígeno libre en el suelo depende de:

- a) TEXTURA Y ESTRUCTURA: Estas características del suelo tienen influencia sobre la porosidad y distribución de agregados en el suelo.
- b) PORCENTAJE DE HUMEDAD: Al regar un suelo, el agua ocupa los poros del mismo, desalojando el aire; por esta razón, el contenido de aire en el suelo varía, en relación inversa al porcentaje de humedad.
- c) CONTENIDO DE CO_2 : La suma de CO_2 más Oxígeno, es más o menos constante en la atmósfera y en el aire del suelo; sin embargo, la concentración de CO_2 en el suelo es de 10 a 1000 veces mayor

que en la atmósfera, debido a la respiración de las raíces y microorganismos y a la descomposición de la materia orgánica. El vapor de agua es el constituyente más variable en el aire del suelo y en la atmósfera.

Pruebas experimentales han reportado que para el desarrollo de las raíces, es más conveniente disponer de una cantidad constante de Oxígeno, que inyecciones periódicas de este elemento.

2.3.4 Composición de la atmósfera

El aire atmosférico tiene una concentración aproximada de 79% de Nitrógeno y 21% de Oxígeno, por volumen. Aunque el Nitrógeno es esencial para la vida de las plantas, éste no puede ser tomado directamente en forma elemental. El Oxígeno, en cambio, es indispensable para la respiración.

La concentración de Oxígeno en la atmósfera, es prácticamente incontrolable en los terrenos de cultivo. Puede controlarse en las bodegas, para regular la velocidad de respiración de los frutos almacenados.

Otro importante componente del aire atmosférico, es el CO_2 , ya que es indispensable para la fotosíntesis. Su concentración, usualmente es de 0.03%, pero varía de acuerdo al cultivo, la hora del día y la velocidad

de la descomposición de la materia orgánica. Aunque la concentración de CO_2 es incontrolable en cultivos al aire libre. En la actualidad se está logrando incrementar la velocidad de fotosíntesis, elevando la concentración de CO_2 en la atmósfera de invernaderos.

El aire atmosférico puede contener algunos gases tóxicos como SO_2 , CO o HF . Su concentración puede llegar a ser de importancia en las proximidades de fábricas u otras fuentes de producción de estos gases.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Generalidades del Distrito de Riego 099

Este Distrito de Riego 099 "Quitupan-La Magdalena", tiene una superficie de 5,120 hectáreas, repartidas en los Estados de Michoacán y Jalisco.

Anteriormente formó parte de la superficie que controlaba la Comisión del Río Balsas hasta 1978, año en que pasó a control de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Con el fin de mantener una operación adecuada, el Distrito fue dividido en dos Unidades de Riego: Quitupan (Jalisco) y La Magdalena (Michoacán); las cuales cubren una superficie de 1477 y 3642 hectáreas, respectivamente, que controlan en conjunto cuatro áreas de asistencia social.

3.1.1 Primera Unidad de Riego Quitupan, Jalisco

La Unidad de Riego Quitupan, se encuentra situada en la región noroeste de la Cuenca del Río Tepalcatepec, en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental que

atraviesa el Estado de Jalisco y geográficamente se sitúa a $102^{\circ}51'$ de Longitud Oeste y a $19^{\circ}55'$ de Latitud Norte.

La zona de riego está enclavada en el Valle de Quitupan surcando con el río del mismo nombre y las obras de riego abarcan una extensión aproximadamente de 2400 hectáreas de las cuales se riegan actualmente 1478 con las aguas que se derivan de la Presa "Ing. Vicente Villaseñor", que se encuentra ubicada sobre el Río Quitupan, a inmediaciones de la población de Valle de Juárez, Jalisco; habiéndose iniciado su construcción en Enero de 1948 y terminado en Octubre de 1949. El área de la cuenca de captación del citado Río hasta el sitio de la Presa es de 131 km^2 , con precipitación media anual de 700 mm y un escurrimiento medio de $18'000,000 \text{ m}^3$ anuales.

El tipo de la cortina es de gravedad y planta curva, construída de concreto ciclópeo teniendo una altura máxima de 19.50 metros. El ancho de la corona es de 2.50 metros y una longitud de 462 metros.

La capacidad del vaso es de $17'000,000 \text{ m}^3$, siendo $14'000,000 \text{ m}^3$ útiles para riego y el resto para azolves. El vertedor de excedencias es de perfil Creager y se encuentra localizado en la margen izquierda, teniendo una longitud de 80 metros y una capacidad de $400 \text{ m}^3/\text{seg}$, con una carga sobre la cresta del vertedor de 17.6 metros. La elevación de la corona de la cortina está a 1881 msnm

y la elevación de la cresta del cimacio vertedor a 1877 msnm.

La obra de toma se localiza en la margen derecha, siendo construida por una tubería metálica de 0.76 metros de diámetro interior, la cual atraviesa el cuerpo de la cortina desde una elevación a la entrada de 1866.20 msnm, hasta llegar a una elevación a la salida de 1864 msnm. La entrada de la tubería está protegida mediante una rejilla de barrotes de hierro, apoyados en una estructura de concreto reforzado; a la salida de la tubería se tienen 2 válvulas, una de emergencia tipo compuerta y otra de servicio tipo "DDW", teniendo sus mecanismos de operación protegidos por una caseta de concreto reforzado. Está proyectada para suministrar un caudal suficiente que pueda irrigar 2,000 hectáreas en el Valle de Quitupan, situado aguas abajo de la Presa, a 10 kilómetros de ella, la válvula tiene una descarga libre.

El agua descargada por la toma de la presa, se conduce aprovechando el mismo cauce del río hasta derivar las aguas abajo de la población de Quitupan, mediante una pequeña presa derivadora, construida de mampostería con sus tomas correspondientes en ambas márgenes del río, que sirven para alimentar los dos canales principales denominados Norte y Sur.

El Canal Norte domina los terrenos situados en la

margen izquierda del río y riega los ejidos: San Francisco, San Antonio, La Guadalupe y parte de Quitupan. No está revestido y tiene una longitud de 12 kilómetros, con una capacidad de conducción de $1.3 \text{ m}^3/\text{seg}$. Gran parte de su recorrido es en terreno rocoso.

El Canal Sur domina los terrenos de la margen derecha del río, hasta su cruce con el mismo mediante el sifón "El Limón", que es una estructura de concreto reforzado de 258 metros de largo y con capacidad de 780 lps. De este cruce en adelante, los terrenos dominados se encuentran en la margen izquierda. Este canal riega los ejidos: San Diego, Santa Cruz y parte de Quitupan. Tiene una longitud de 14.3 kilómetros y una capacidad de conducción de $1.0 \text{ m}^3/\text{seg}$, hasta el sifón (km 7 + 680) y 780 lps en adelante el canal es de tierra.

El dren La Guadalupe es dren colector de la Unidad y también da salida a las aguas de la Laguna "La Guadalupe". Tiene una longitud dentro de la zona de riego de 7.5 kilómetros y se une con el río rectificado Quitupan (km 2 + 150) y en la conexión se tiene una estructura de control con compuertas automáticas para impedir que el remanso provocado por las crecidas del río inunde con sus aguas los terrenos ya saneados de la Unidad.

Se cuenta con 34 kilómetros de drenes secundarios, que han sido construidos encauzando arroyos que perjudicaban

las tierras de labor.

3.1.1.1 Climatología

En la Unidad se cuenta con una Estación Termopluviométrica y de Evaporación, localizada en el Valle de Juárez.

Asimismo, el clima que ha prevalecido durante los últimos años, según el sistema Thornhwaite, se define como:

$$C_1 S' B_3 a'$$

(C₁) Provincia de humedad: semi-seco, con moderada demasía de agua estival; (B₃) Provincia de temperatura: templado-cálido, con baja concentración de calor en el Verano.

El período libre de heladas abarca aproximadamente del 15 de febrero al 15 de noviembre, aunque ocasionalmente se presentan heladas tardías en marzo.

En cuanto a la precipitación, como se mencionó anteriormente, la media anual es de 727 mm, definiéndose dos períodos: uno seco, que comprende los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo con el 14.2% del total de la precipitación; y otro húmedo, en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre con el 85% del total.

3.1.1.2 Suelos

Aún no se ha hecho un estudio profundo de los suelos de esta Unidad. Se ha determinado que la mayoría de éstos son de textura pesada (arcillo-arenosos y arcillo-limosos).

3.1.1.3 Tenencia de la tierra

La propiedad de la tierra en esta Unidad, está distribuida de la siguiente manera:

REGIMEN	SUPERFICIE	Nº DE USUARIOS
Ejidal	1429 Has.	547
Pequeña propiedad	49 Has.	13

3.1.1.4 Cultivos

Los cultivos que se establecen actualmente en la Unidad, se dan a continuación:

- Trigo
- Cebada
- Janamargo
- Garbanzo
- Lenteja
- Maíz
- Jitomate

- Sorgo
- Caña de azúcar
- Frutales

3.1.2 Segunda Unidad de Riego La Magdalena, Michoacán

Esta Unidad se encuentra en la parte Noroeste del Estado de Michoacán, en los Municipios de Cotija y Tocumbo, cerca de los límites del Estado de Jalisco. Geográficamente se localiza a los 102°30' y 102°55' de Longitud Oeste y altitud variable de 1581 a 1740 msnm.

La Unidad abarca los terrenos de la ex-laguna La Magdalena, la cual fue drenada artificialmente, tratando de incorporar sus magníficos suelos a la agricultura. Asimismo, aguas arriba, interceptando la corriente principal del Río Cotija, se encuentra la laguna de San Juanico que se ha utilizado como vaso de almacenamiento.

Las obras de riego abarcan una extensión aproximada de 3,700 hectáreas, de las cuales se riegan actualmente 3,642 con aguas de la laguna San Juanico.

3.1.2.1 Obras

La cortina de la Presa San Juanico se localizó sobre un bordo topográfico natural que separaba las dos lagunas:

San Juanico y La Magdalena. Su construcción se terminó en 1950.

La capacidad total del vaso de almacenamiento es de 63'800,000 m³.

El área de la cuenca de captación del río es de 630 km², con precipitación media anual de 750 mm. La cortina consiste en un bordo de tierra consolidada con protección de enrocamiento en sus taludes; su longitud es de 3 km³ en la parte que se destina a almacenamiento y se prolonga 1200 metros más sobre la margen derecha del Río Cotija, para encauzar las aguas de éste hacia la Laguna.

La altura máxima de la cortina es de 8 metros y en su construcción se emplearon 120,000 m³ de tierra consolidada. El vertedor es un cimacio de 12 metros de longitud, capaz de dar paso a las avenidas regularizadas del Río Cotija, en el cual se estimó un gasto máximo de 94 m³/seg, gasto que una vez regularizado sólo será de 8 m³/seg.

Existen en el bordo dos tomas: la norte y la sur. Están construídas con tuberías de concreto de 92 cm de diámetro, con compuertas Miller en su entrada. La capacidad de la toma Norte es de 2.5 m³/seg. y la toma sur es de 2.3 m³/seg. Para el riego de las tierras de la Laguna, se cuenta con dos canales principales: Canal Norte y

Canal Sur, los cuales parten de las tomas Norte y Sur, respectivamente.

El Canal Norte muestra un desarrollo total de 16.5 kilómetros, domina tierras de pequeños propietarios y de ejidos como: El Paso, La Esperanza, El Puerto, Tacatzcuaro, Tocumbo, La Magdalena y parte de Tinguindín. Riega un total de 1768 hectáreas y tiene 15.5 kilómetros revestidos de concreto.

El Canal Sur tiene una longitud de 17.24 kilómetros y se están revistiendo en toda su longitud. Domina las tierras de pequeños propietarios y de los ejidos: Los Zapotes, San Francisco, Vistahermosa, Ayumba y parte de Tinguindín. Riega 1874 hectáreas.

El Dren Tocumbo primero se utilizó para la desecación total de la Laguna La Magdalena y después para asegurar un drenaje eficiente. El Dren atraviesa toda la Unidad por su parte más baja. Tiene una longitud de 22.7 kilómetros. Este Dren se origina en la descarga del vertedor de la Presa San Juanico y termina al desembocar en el Río Tinguindín a la altura del Puente de Tocumbo.

Otro dren colector es Ayumba, el cual tiene una longitud de 7.0 kilómetros. El estado general de ambos drenes se considera bueno. Se tienen además 54.5 kilómetros de drenes secundarios distribuidos en toda la Unidad.

3.1.2.2 Climatología

Hay en la Unidad una Estación Termopluviométrica y de Evaporación localizada en un lugar denominado El Puerto, con coordenadas geográficas de 19°45' Norte y 102°44' de Longitud Oeste y a una altura de 1581 msnm.

El clima que ha prevalecido durante los últimos años se define como:

C₁ S' B₃ a'

(C₁) Provincia de humedad, semi-seco, con moderada demasía de agua estival; (B₃) Templado cálido con baja concentración de calor en el verano.

Las heladas es un factor poco considerable, ya que se tiene un promedio anual de 15 días, presentándose las de mayor intensidad en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. La precipitación media anual es de 766 mm, definiéndose dos períodos: uno seco, que comprende los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo; y otro húmedo, que comprende los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre. El período húmedo comprende el 85.2% de la precipitación y el período seco el 14.8%.

3.1.2.3 Suelos

Los suelos de esta Unidad pertenecen a una antigua

cuenca lacustre, la exlaguna La Magdalena, presentando una planicie de geoforma de inundación. Son suelos planos, profundos, con manto freático y libres de salinidad y/o sodicidad. De acuerdo a las características pedogenéticas, se identificaron tres series:

1.- SERIE - LA MAGDALENA

Abarca el 57% del total de la superficie y se distribuye en la mayor parte del área de la exlaguna, en los ejidos de: Tecatzcuaro, Tinguindín, Tocumbo, Ayumba, etc. Estos suelos son de buena densidad aparente, de texturas arcillosas a través de todo el perfil. La materia orgánica y el Nitrógeno se encuentran en contenido medio en los horizontes superiores y rico en los inferiores. Son pobres en Fósforo, extrarricos en Calcio y Magnesio.

2.- SERIE - RESOLANA

Esta Serie se distribuye en las partes altas de la exlaguna relativamente, en la periferia de la Unidad, a excepción de la parte Oeste; abarcando los ejidos de: San Francisco, Los Zapotes, La Magdalena, La Esperanza y parte de Ayumba, Tinguindín y Tocumbo. Comprende el 25% de la parte total. Son suelos de buena densidad aparente, de texturas franco-arcillosas o arcillo-limosas. Son pobres en materia orgánica y extremadamente pobres en Nitrógeno asimilable; así como en Fósforo, extrarricos

en Calcio y Magnesio.

3.- SERIE - SAN JUANICO

Se ubica en la parte oeste de la exlaguna, es decir, en las áreas más influenciadas por el Río Cotija en los Ejidos de El Paso, Vistahermosa y El Puerto. Ocupa el 18% del total de la superficie. Los suelos de esta Serie presentan baja densidad aparente, con texturas arcillosas a franco-arcillosas; medianamente ricos en la capa arable, contenido medio de Nitrógeno y muy pobres en Fósforo aprovechable, extrarricas en Calcio y Magnesio.

Esta Unidad cuenta con estudio agrológico semidetallado realizado por la residencia de agrología de la representación en el Estado, en combinación con el Distrito.

3.1.2.4 Tenencia de la tierra

En esta Unidad es régimen ejidal y pequeña propiedad, distribuyéndose de la siguiente manera:

REGIMEN	SUPERFICIE	Nº DE USUARIOS
Ejidal	2373	550
Pequeña propiedad	1269	134

3.1.2.5 Cultivos

La temperatura se presenta aceptable para una amplia

diversificación de cultivos, aunque se debe tener atención en la selección y siembra de los cultivos de invierno, para contrarrestar los efectos de las heladas, principalmente en los meses de noviembre, diciembre y enero. Los cultivos que se establecen actualmente son los siguientes:

- Maíz
- Janamargo
- Garbanzo
- Sorgo
- Caña de azúcar
- Alfalfa
- Frutales

3.1.2.6 Obras de rehabilitación

Como anteriormente se indicaba, el vaso de almacenamiento es una laguna (la de San Juanico), a la cual se le construyó un bordo como tapón; por tal motivo, no hay suficiente desnivel entre los terrenos de cultivo y el nivel del agua del vaso, lo cual origina que sólo se pueda aprovechar una parte de las aguas de la laguna.

Un volumen aproximado de 20'000,000 m³, queda abajo de la cota de obras de toma y aproximadamente otros 5'000,000 m³, son difíciles de extraer por gravedad, pues debido a la poca carga no sale el gasto suficiente para dar

los riegos requeridos aguas abajo.

Ante tal problema, el Distrito adoptó como solución bombear el agua. Para aumentar las aportaciones al vaso de almacenamiento, se está construyendo un canal interceptor para detener las aguas que bajen de los cerros en la llamada Barranca de Santa María y conducir las al vaso. Este canal parte de una pequeña presa derivadora, que fue construida en la parte alta para amortiguar un poco las avenidas. Esta obra está sin terminar.

Año tras año, las aguas que bajan por la barranca inundan parte de los terrenos de cultivo en el centro de la exlaguna La Magdalena. Con ésto se piensa que se evitarán las inundaciones y se aumentará el volumen disponible para riego.

Con objeto de disminuir las pérdidas por conducción, se está revistiendo el Canal Norte en toda su longitud. Asimismo, se construirán todas las estructuras necesarias para suficiente operación, tales como represas, granja, etc.

3.2 Métodos

El mundo actual experimenta un sorprendente cúmulo de cambios en todos los ordenes. Cambios trascendentes que involucran a todo tipo de conglomerado humano, exigiéndo

les evolucionar a un ritmo acelerado, para no quedar a la zaga, dependiente de los demás, perdiendo poco a poco su soberanía.

En este dinámico proceso de esfuerzo y superación, México participa vigorosamente en un concierto internacional en el que sólo podrán figurar quienes estén preparados para afrontar la cada vez más dura competencia. Aquellos que sean capaces de innovar, de elevar su productividad y de incrementar la calidad de sus servicios y productos, para responder con eficiencia, oportunidad y suficiencia, a las demandas de nuestro mundo actual y futuro.

Así, enfrentando múltiples dificultades, México a puesto en marcha diversos programas encaminados a subsanar deficiencias y a mejorar todas sus áreas de actividad, poniendo especial énfasis en su Sector Primario, el cual afronta una compleja y difícil problemática en su ámbito agrícola, pieza vital del engranaje que mueve a la Nación hacia el progreso, ya que la alimentación repercute en la salud. La salud afecta la capacidad de trabajo. El trabajo repercute en el volumen y calidad de la producción y de la producción depende la generación de alimentos. Ciclo en el que el subsector agrícola (aportando nuestros alimentos de origen vegetal, soportando los de origen animal y abasteciendo de insumos a la industria alimenticia) tiene una extraordinaria trascendencia.

La agricultura en México se practica a través de dos modalidades de producción temporal y riego. La primera, se efectúa en 16 millones de hectáreas y genera el 55% del valor total de la producción nacional, mientras que la de riego, se realiza en sólo 6 millones de hectáreas (es decir, aproximadamente el 27% del total de la superficie cultivada) y aporta el 45% de dicha producción, contribuyendo con ello a generar el 75% de las divisas provenientes de exportaciones agrícolas. Por ello, la agricultura de riego tiene un papel fundamental.

Debido a limitantes naturales, como el hecho de que el 66% del territorio nacional es semidesértico o desértico y a restricciones en los recursos económicos, tecnológicos y humanos, la producción agrícola, en general, proveniente tanto de áreas de temporal como de riego, resulta insuficiente ante una tremenda explosión demográfica que genera una creciente demanda de alimentos y productos de origen agropecuario.

Así, el impulso a la producción en las áreas de riego, exige la solución de múltiples problemas específicos, que desencadenan un complejo círculo vicioso:

- Deficiente producción agrícola. Se alcanzan rendimientos inferiores a los potenciales.
- Degradación e ineficiente aprovechamiento de los recursos naturales: agua, suelo, planta y clima.

- Importante deterioro de la infraestructura hidroagrícola, que se agudiza por insuficiente conservación.
- Escasa tecnificación en materia de riego.
- Serias limitaciones económicas que impiden al Gobierno destinar suficientes recursos al desarrollo del Sector.
- Falta de actualización de las cuotas por servicio de riego.
- Escasa inversión de las distintas instituciones financieras.
- Baja rentabilidad de esta actividad productiva, particularmente en los cultivos de mayo demanda nacional: los básicos.
- Decremento de ingresos, que descapitaliza a los productores.
- Imposibilidad de los productores de ofrecer garantías suficientes para obtener créditos.

Todo esto, conjuntamente, ocasiona deficiencia en la producción y productividad de la agricultura de riego.

En este contexto, y acorde a la política del actual Gobierno, la Comisión Nacional del Agua, ha desarrollado una metodología que permite en forma sencilla, rápida y objetiva:

- Identificar los problemas que limitan la producción y la productividad en las áreas bajo riego, para detener su avance.

- Rescatar la productividad.
- Planear acertada y oportunamente acciones a corto, mediano y largo plazo.
- Mejorar la calidad y cantidad de la producción con la menor inversión posible.
- Administrar racionalmente los recursos naturales, humanos, tecnológicos, materiales y económicos, con que cuenta cada área de riego.
- Desencadenar soluciones en cascada, que permitan progresivamente, lograr una actividad agrícola en constante desarrollo y autosostenible.

Esta metodología, denominada "Planeación de la Producción y Mejoramiento de la Productividad en las Areas de Riego" (basada en un lenguaje universal: el uso de planos, permite analizar calidad del suelo, características de los cultivos, rendimientos agrícolas, agroclimatología, distribución y uso parcelario del agua de riego, y muchos otros factores determinantes en la productividad agrícola, a través de la representación de dicha información en planos temáticos del área en estudio.

Cada plano contiene un factor o parámetro dado, la sobreposición de unos con otros, permite identificar los problemas que afectan la producción de dicha área, ubicarlos geográficamente, cuantificarlos, analizar sus efectos aislados o conjuntos, conocer la variación en la intensidad de los problemas, precisar la interrelación

de diversos factores y definir la manera en que afectan la producción agrícola, para en base a ello, determinar prioridades de atención de cada problema y proceder a solucionarlos.

Entre los principales factores o parámetros a analizar están:

- Series de suelos.
- Variación del nivel freático.
- Intervalo entre riegos.
- Textura de suelos.
- Calidad del agua.
- Salinidad en los suelos.
- Láminas netas aplicadas por riego.
- Fotoperíodo.
- Pérdidas de volúmenes en la red de distribución.
- Eficiencia y funcionalidad de las redes de canales y drenes.
- Rendimiento de los cultivos.
- Láminas netas totales de riego aplicadas.
- Convertibilidad del agua por cultivo, en utilidades al agricultor.

La aplicación de esta metodología puede ser tan amplia como se desee, ya que utilizando la información correcta, responde a las necesidades específicas de cada usuario de la misma, para resolver eficientemente sus

problemas, permite el manejo de un número indefinido de indicadores y cruzamientos, para poder planear y mejorar la producción agrícola. Por ello, las aportaciones de sus usuarios pueden enriquecerla ilimitadamente.

La información correspondiente a cada parámetro, debe ser producto preferentemente de la concentración de información correspondiente a todos y cada uno de los predios que integran el área, o de muestreos de campo, ambos realizados por la Jefatura del Distrito de Riego, quien deberá asegurar que dichos datos son veraces y actualizarlos con la periodicidad conveniente. Así, el área de Ingeniería de Riego y Drenaje (IDRYD), trabajará coordinada y conjuntamente con las jefaturas de operación y de conservación, cumpliendo su papel rector.

La elaboración de planos de isolíneas, no exige de técnicas sofisticadas, pueden ser realizadas en forma muy sencilla o muy elaborada, dependiendo de las posibilidades de cada usuario de esta metodología, tampoco exige ni grandes cantidades de información, ni estadística histórica, con un mínimo de datos ya es posible generar resultados, aunque mientras se disponga de más información y se analice, más y mejores conclusiones se obtienen.

Debe usarse papel translúcido, acetato o materiales semejantes, es importante trabajar con base en los planos catastrales de cada área em estudio, e identificar con

precisión obras de infraestructura, módulos y parcelas de riego, todos los elementos de infraestructura y puntos de referencias de los planos de una misma área de riego, deben corresponder, es decir, coincidir con la mayor exactitud posible al sobreponerse unos con otros, su tamaño y escala debe ser congruente con la extensión real que cubren y la aplicación que se les dará.

Los valores de cada parámetro o factor en estudio, son representados gráficamente en los planos por medio de isolíneas, que pueden ser trazadas a mano, o mediante la amplia gama de paquetes de cómputo disponibles, que permiten incluso hacer representaciones en tercera dimensión, es necesario definir previamente sobre el terreno. Una red física de puntos de observación, para muestrear o estudiar el área y establecer coordenadas X, Y, únicas para cada sitio; mientras que el indicador o parámetro en estudio se representa por medio de la coordenada Z, pudiéndose utilizar tantas zetas como sea necesario.

Un ejemplo sencillo es el plano de un área determinada, muestra parcelas con distintos rendimientos de un mismo cultivo, al sobreponer los planos de texturas y series de suelos, encontramos que la calidad y/o textura del suelo no son el problema. Continuamos el estudio sobreponiendo el plano de láminas de riego totales, éste a su vez, indica un adecuado manejo del agua, por lo que ahora

utilizamos el plano de funcionamiento de canales y drenes. Encontrando que las parcelas que tienen bajo rendimiento, están siendo afectadas por tramos de canal con altas pérdidas, y por drenes que se encuentran en mal estado y no operan debidamente. Esto ocasiona la elevación del nivel freático, lo que se comprueba al sobreponer el plano de isobatas correspondiente. En seguida, sobreponemos el plano de salinidad y encontramos que las parcelas de baja productividad se ubican en las zonas afectadas por salinidad; consecuentemente, el bajo rendimiento se debe a este problema.

4. RESULTADOS

De acuerdo con los estudios que de manera sistemática se realizaron, se encontró la siguiente problemática:

- 1.- Afectación del 60% de la superficie con mantos freáticos por abajo del metro con cincuenta centímetros, con lo que se afectan los cultivos en su rendimiento y de manera potencial, son suelos que se exponen a la salinización y sodicidad por la posibilidad de elevación de sales por el fenómeno de capilaridad.
- 2.- Del análisis de esta información, se cuantificó la red de drenaje; primero en su caracterización de interceptores y colectores; y, posteriormente, mediante los modelos empíricos de Manning y Darcy se cuantificaron sus gastos potenciales y en base a estudios topográficos de seccionamiento en campo de estos drenes, se llevó a una hoja de cálculo en el Programa QPRO, para ver sus necesidades específicas de conservación normal diferida y/o rehabilitación, marcando por último, en un plano con los colores verde, amarillo y rojo, los que sólo requerían conservación

normal, diferida y rehabilitación, respectivamente.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con la revisión de la bibliografía revisada, el mantenimiento del equilibrio de agua y aire; además de la masa del suelo, es fundamental para el desarrollo de los cultivos por diversas causas, dentro de la que podemos destacar la presencia de sales dentro del estrato, que imposibilitan el desarrollo de los cultivos.

Para estos fines de equilibrio hidráulico, el diagnóstico de las necesidades de drenaje oportuno nos llevarán no solo al logro de incrementos en la productividad, sino que también al sostenimiento del potencial del suelo. Para ésto, la metodología para la planeación de la producción y mejoramiento de la productividad en áreas de riego, es un elemento confiable que nos proporciona elementos de análisis cuantitativos para la realización de trabajos de conservación normal, diferida y/o rehabilitación, de tal forma, que no se malgasten fondos en la realización de trabajos que no tendrán consecuencia en la productividad ni en la salinización de los suelos.

Para este estudio particular, aunque se cuenta con mantos freáticos someros, éstos tienen una constante de flujo que no ha ocasionado problemas aún, en cuanto

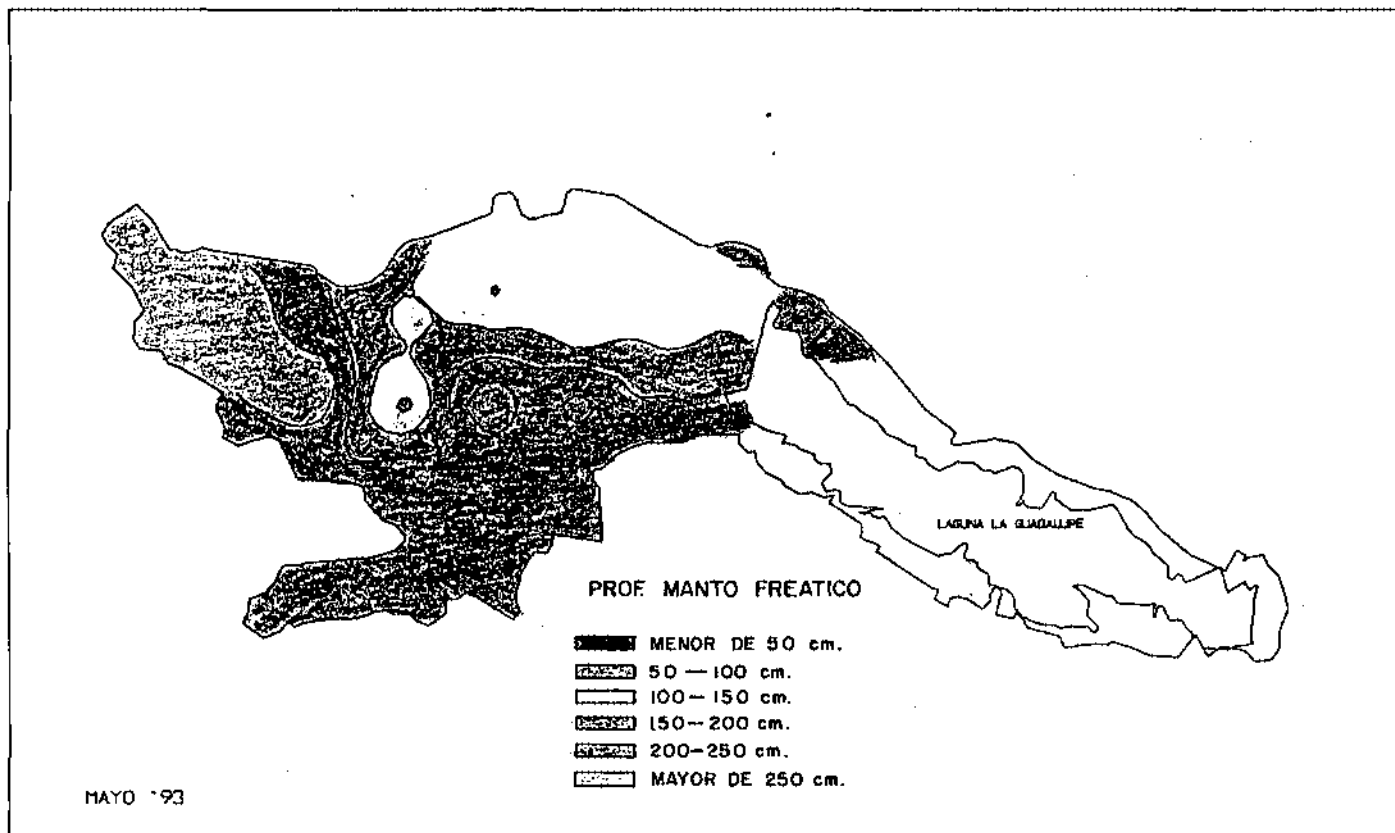
a saturación de agua en el suelo, de manera negativa, debido en parte a que la calidad del agua del manto freático es aceptable; aunque se debe en base a la naturaleza de la presencia de estos mantos, la continuación de estos estudios de manera sistemática para poder prevenir problemas que serían prácticamente imposibles de resolver una vez que se dan.

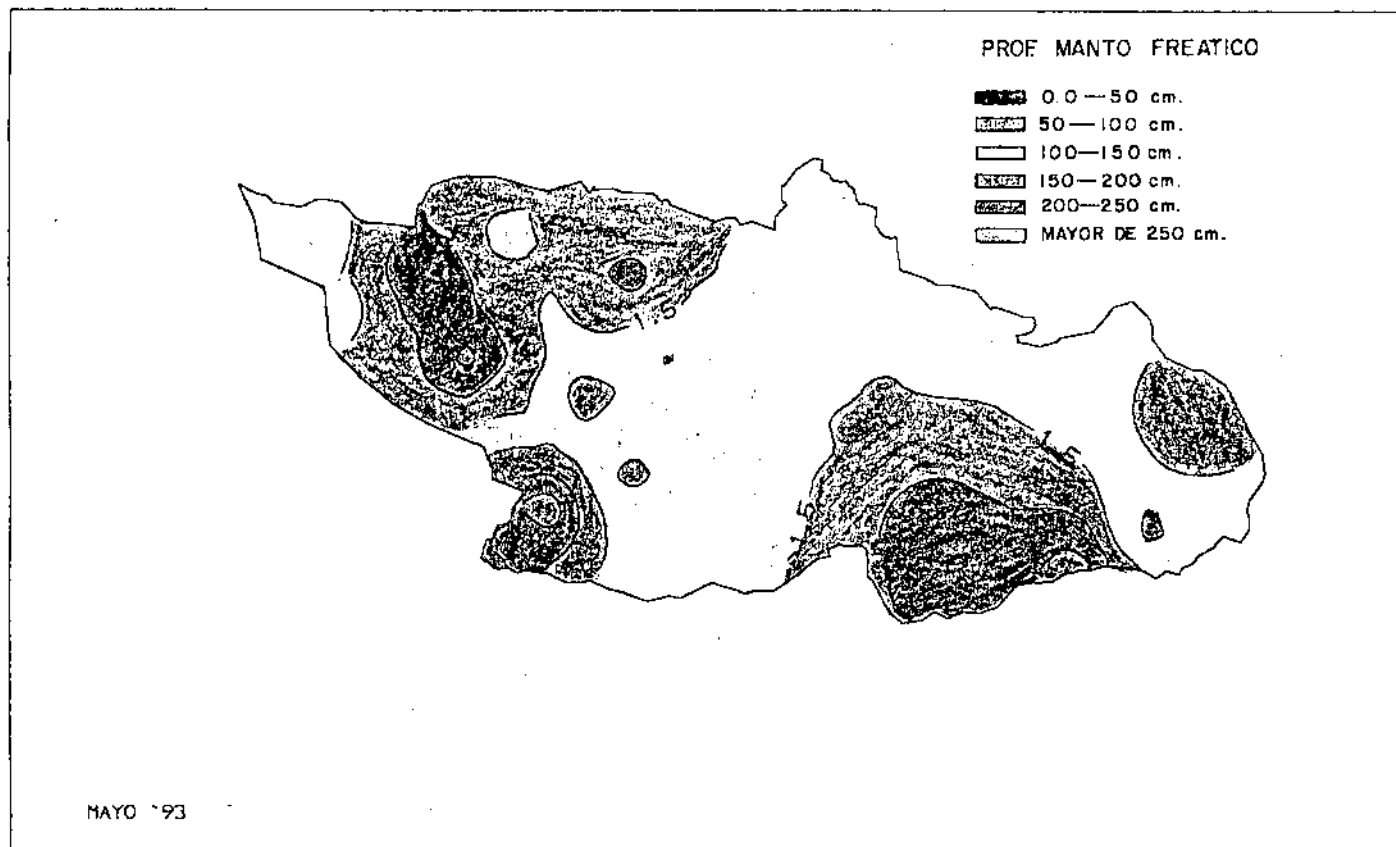
DIPLOMÁTICA FACULTAD DE AGRONOMIA

6. BIBLIOGRAFIA

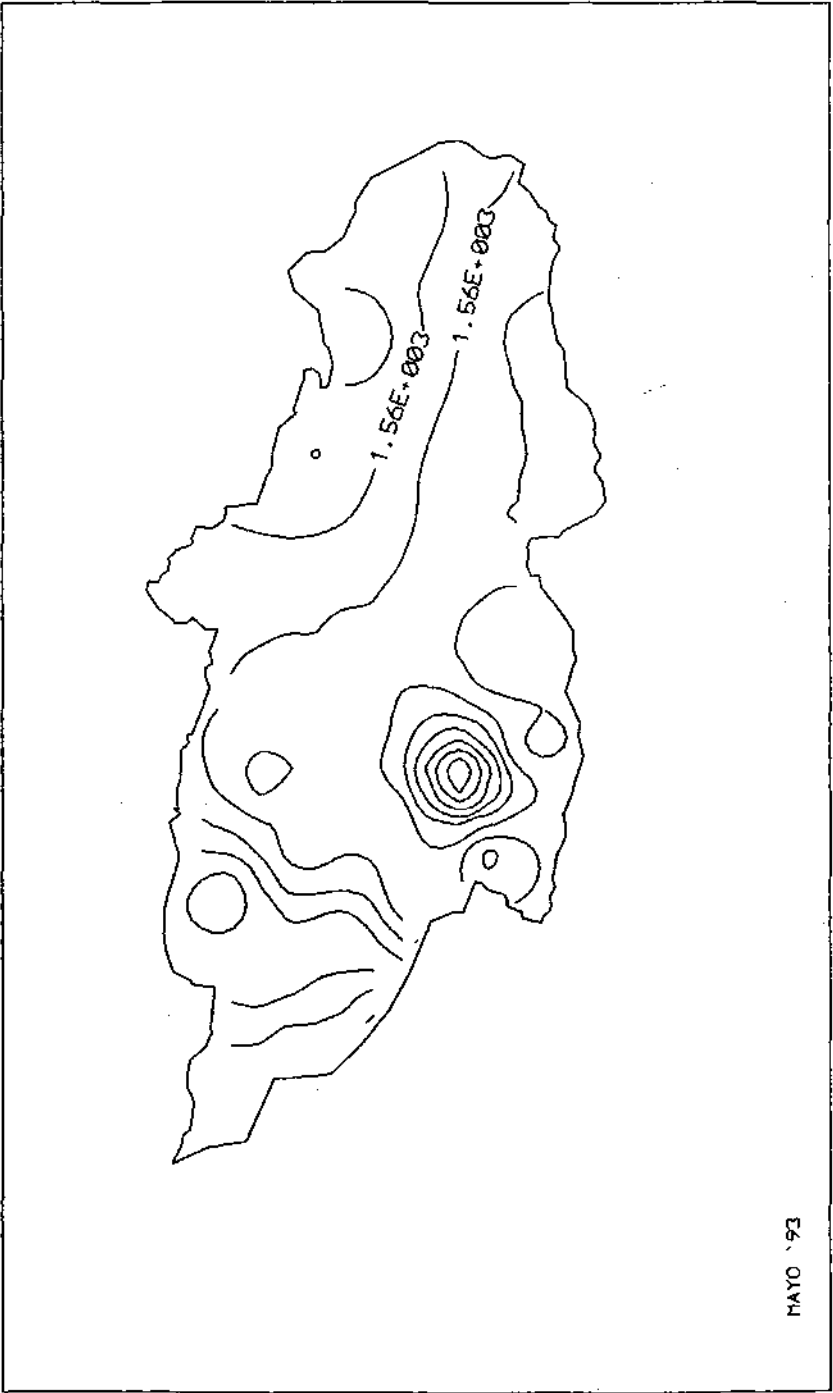
- 1.- APARICIO M., F. 1989. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa.
- 2.- DEPARTAMENTO de Agricultura. 1975. Medición del Agua de Riego. Ed. Diana.
- 3.- DEPARTAMENTO de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica. 1977. Suelos Salinos y Sódicos, Diagnóstico y Rehabilitación. Ed. Limusa.
- 4.- GERENCIA Nacional de Distritos de Riego. 1991.
- 5.- ISRAELSEN, W.I. 1965. Principios y Aplicación del Riego.
- 6.- PALACIOS V., E. 1971. La Planeación del Riego.
- 7.- PALACIOS V., E. 1979. Manual de Operación de Distritos de Riego. Depto. Irrigacional. Universidad Autónoma de Chapingo.
- 8.- SOTELO A., G. 1979. Hidráulica General. Vol. 1. Editorial Limusa.
- 9.- SPRINGALL, R. 1970. Hidrología. Instituto de Ingeniería. UNAM.

7. APENDICE





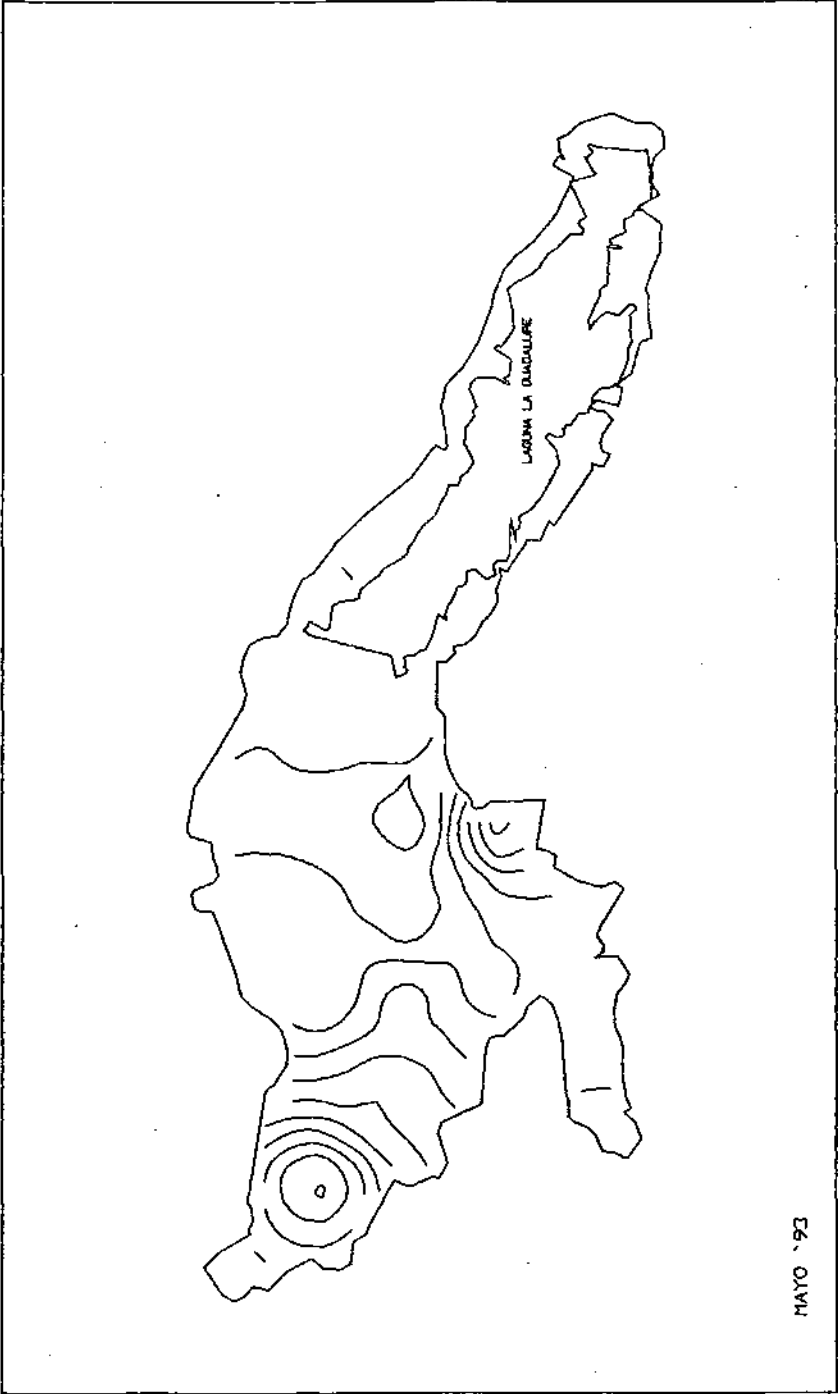
DISTRITO DE RIEGO 099 UNIDAD LA MAGDALENA PLANO DE ISOHYPASAS



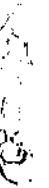
MAYO '93

70

DISTRITO DE RIEGO 099 UNIDAD QUITUPAN PLANO DE ISOHYPASAS



MAYO '93



COMISION NACIONAL DEL AGUA
 DIRECCION DE DISEÑOS DE RIEGO
 SUBDIRECCION DE INGENIERIA DE RIEGO Y DISEÑO

DISTRITO DE RIEGO Nº 11 UNIDAD LA MASALENA

CLAS. MAX. EN 24 HRS. (cm) : 119
 No. DE HORAS DE INUNDACION : 24

NOMBRE DEL DREN	CALCULO DEL GASTO ACTUAL MAXIMO DE EVACUACION DEL DREN												ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL			
	FENDIENTE (m/100)	TIR. (m)	B. L. (m)	TALUD (1/2)	A. P. (m)	n	V (m)	V' (m)	AREA H. (m ²)	R. H. (m)	VEL. (cm/s)	D max. (m ³ /S)	C	SUP. C. (ha)	V. E. (cm)	S. SUP. (m ³ /S)
ANTIGUO SID EDICIA	0.001	2	1	1.5	4	0.04	3.75	15.2	35.094	2.08	1.2	48.193	0.53	72	59.6	10.4929
DREN HUARDO	0.001	1	0.6	1.15	5.5	0.04	1.3	2.59	9.1611	0.96	0.6	7.0437	0.53	334	59.6	12.0979
DREN TEJAMANZL	0.0006	1.2	0.5	1.5	4.5	0.04	1.55	9.15	10.579	1.05	0.6	3.6863	0.53	75	59.6	0.5176
DREN REMAHENTES	0.00015	1.4	0.6	1.05	5.4	0.04	1.7	8.97	12.215	1.13	0.6	4.1819	0.53	262	59.6	1.8081
DREN SANTA URSULA	0.0005	1.8	0.6	1.44	2.2	0.04	2.15	6.39	11.336	1.17	0.7	7.7386	0.53	258	59.6	1.7805
BAMAL TACATEQUARD	0.00055	1.3	0.6	1.5	3	0.04	1.4	7.6	6.34	0.99	0.6	5.0159	0.53	121	59.6	0.335
DREN AGUA CALIENTE	0.0035	10.7	0.6	1.9	5	0.04	1	6.6	6.9	0.74	1.3	9.7185	0.53	91	59.6	0.628
DREN LAS CRUCES	0.0005	1.2	0.6	1.5	2	0.04	1.55	6.65	6.7037	0.88	0.6	3.7795	0.53	121	59.6	0.835
DREN LA HIZUERA	0.001	0.9	0.6	1.1	10.5	0.04	1.35	13.3	14.244	1.04	0.6	12.076	0.53	114	59.6	3.7857
DREN AYLLBA	0.0026	2	0.6	1.1	2.9	0.04	0.35	5.07	12.89	1.3	1.5	19.609	0.53	148	59.6	1.0214
DREN BAMAL SOTELO	0.0012	1	0.6	1.1	1	0.04	1.35	3.97	3.3548	0.67	0.7	2.2225	0.53	177	59.6	1.2215

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
 GERENCIA DE DISTRITOS DE RIEGO
 SUBGERENCIA DE INGENIERÍA DE RIEGO Y DRENAJE

DISTRITO DE RIEGO 099 II UNIDAD LA MAGDALENA

NOMBRE DEL DREN	CALCULO DEL ESCURRIMIENTO SUBSUPERFICIAL																	
	ZONA CON 1.75 m DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO									ZONA CON 2.5 m DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO								
	TEXTURA LIGERA			TEXTURA MEDIA			TEXTURA PESADA			TEXTURA LIGERA			TEXTURA MEDIA			TEXTURA PESADA		
	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)
ANTIGUO RIO COTIJA							0.05	0.2	200									
DREN HUARJO																		
DREN TEJMANIL																		
DREN REMANENTES																		
DREN SANTA URSULA																		
RAMAL TACATZCUARO																		
DREN AGUA CALIENTE																		
DREN LAS CRUCES																		
DREN LA HIGUERA																		
DREN AYUMBA																		
DREN RAMAL SOTELO																		

COMISION NACIONAL DEL AGUA
 GERENCIA DE DISTRITOS DE RIEGO
 SUBGERENCIA DE INGENIERIA DE RIEGO Y DRENAJE

DISTRITO DE RIEGO 099 II UNIDAD LA MAGDALENA

NOMBRE DEL DREN	COMPARACION DE GASTOS (m ³ /s)		
	GASTO ACTUAL	GASTO REQUERIDO	RESULTADO DEL ANALISIS
ANTIGUO RIO COTIJA	46.198	0.497	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN HUARIO	7.049	2.098	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN TEJAMANIL	6.686	0.518	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN REMANENTES	4.182	1.808	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN SANTA URSULA	7.739	1.780	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
RAMAL TACATZCUARO	5.016	0.835	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN AGUA CALIENTE	8.718	0.628	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN LAS CRUCES	3.780	0.835	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN LA HIGUERA	12.078	0.787	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN AYUNBA	19.609	1.021	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN RAMAL SOTELO	2.223	1.221	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD

COMISION NACIONAL DEL AGUA
GERENCIA DE DISTRITOS DE RIEGO
SUBGERENCIA DE INGENIERIA DE RIEGO Y DRENAJE

DISTRITO DE RIEGO 099 I UNIDAD QUITUPAN

LLUVIA MAX. EN 24 HRS. (mm) : 113

No. DE HORAS DE INUNDACION : 24

NOMBRE DEL DREN	CALCULO DEL GASTO ACTUAL MAXIMO DE EVACUACION DEL DREN												ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL			
	PENDIENTE (%/100)	TIR. (m)	B. L. (m)	TALUD (1/2)	A. P. (m)	n	V (m)	T (m)	AREA H. (m ²)	R. H. (m)	VEL. (m/s)	Q max. (m ³ /S)	C	SUP. C. (ha)	V. E. (mm)	Q. SUP. (m ³ /S)
DREN COLGRADO	0.0028	1.9	0.6	1.45	5	0.04	2.28	11.6	18.938	1.45	1.7	32.141	0.53	80	59.6	0.5521
DREN EL FRESNO	0.0009	1	0.35	0.8	2.3	0.04	1.05	3.98	3.297	0.66	0.6	1.876	0.53	271	59.6	1.8702
DREN EL CUERVO	0.011	2.8	0.6	1.78	5.5	0.04	3.1	16.5	34.156	1.88	4.0	136.47	0.53	128	59.6	0.8833
DREN ARROYO BLANCO	0.001	2.3	0.6	1.58	3.58	0.04	2.6	11.8	19.989	1.5	1.0	20.731	0.53	57	59.6	0.3934
DREN LA HUIZACHERA	0.0005	0.5	0.35	1.1	1	0.04	0.6	2.32	0.996	0.36	0.3	0.2806	0.53	36	59.6	0.2484
DREN SAN ONOFRE	0.0026	0.4	0.6	1.55	4.17	0.04	0.75	6.5	3.9994	0.58	0.9	3.5316	0.53	108	59.6	0.7453
SAN ANTONIO	0.001	2.7	1	1.6	4	0.04	3.45	15	32.844	1.93	1.2	40.248	0.53	175	59.6	1.2077
DREN EL RINCON	0.0045	1	0.6	1.5	2	0.04	1.35	6.05	5.4338	0.79	1.4	7.7956	0.53	103	59.6	0.7108
DREN LA UNION	0.0038	1	0.6	1.4	2	0.04	1.35	5.78	5.2515	0.79	1.3	6.9177	0.53	46	59.6	0.3174

COMISION NACIONAL DEL AGUA
 GERENCIA DE DISTRITOS DE RIEGO
 SUBGERENCIA DE INGENIERIA DE RIEGO Y OPENAJE

DISTRITO DE RIEGO 099 I UNIDAD QUITUPAN

NOMBRE DEL DREN	CALCULO DEL ESCURRIMIENTO SUBSUPERFICIAL																		GASTO (m ³ /s)
	ZONA CON 1.75 m DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO									ZONA CON 2.5 m DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO									
	TEXTURA LIGERA			TEXTURA MEDIA			TEXTURA PESADA			TEXTURA LIGERA			TEXTURA MEDIA			TEXTURA PESADA			
	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)	i	K	L (m)	
DREN COLORADO							0.05	0.2	200										1.2E-05
DREN EL FRESNO																			
DREN EL CUERVO																			
DREN ARROYO BLANCO																			
DREN LA HUTZACHERA																			
DREN SAN DIONISIO																			
SAN ANTONIO																			
DREN EL RINCON																			
DREN LA UNION																			

COMISION NACIONAL DEL AGUA
 GERENCIA DE DISTRITOS DE RIEGO
 SUBGERENCIA DE INGENIERIA DE RIEGO Y DRENAJE

DISTRITO DE RIEGO 099 I UNIDAD QUITUPAN

NOMBRE DEL DREN	COMPARACION DE GASTOS (m ³ /s)		
	GASTO ACTUAL	GASTO REQUERIDO	RESULTADO DEL ANALISIS
DREN COLORADO	32.141	0.552	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN EL FRESNO	1.876	1.870	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN EL CUERVO	136.467	0.883	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN ARROYO BLANCO	20.731	0.393	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN LA HUIZACHERA	0.281	0.248	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN SAN ONOFRE	3.532	0.745	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
SAN ANTONIO	40.248	1.208	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN EL RINCON	7.796	0.711	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD
DREN LA UNION	6.918	0.317	SIN PROBLEMAS DE CAPACIDAD