

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

LA SOBREEXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA SUBCUENCA DEL RIO LAJA  
(San José Iturbide-Dr. Mora, Gto.)  
Y LA REPERCUSION DE ESTA PRACTICA  
EN SU AGRICULTURA.

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO AGRONOMO**  
P R E S E N T A  
**JOSE ZARATE MADRIGAL**

GUADALAJARA, JAL.

1985



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

EXPEDIENTE .....

NUMERO .....

Agosto 31, 1984.

## C. PROFESORES

**ING. ARTURO CURTEL BALLESTEROS, Director.**

**ING. JUAN MANUEL SANCHEZ GOMEZ, Asesor.**

**ING. J. JESUS SEPULVEDA NEJIA, Asesor.**

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

**"LA SOBREEXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA SUBCUENCA DEL RIO LAJA (San José Iturbide-Dr. Mora, Gto.) Y LA REPERCUSION DE ESTA PRACTICA - EN SU AGRICULTURA."**

presentado por el PASANTE JOSE ZARATE MADRIGAL 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.

"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

hlg.



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**Escuela de Agricultura**

Expediente .....

Número .....

Agosto 31, 1984.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_  
**JOSE ZARATE MADRIGAL** titulada,

**"LA SOBREEXPLORACION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA SUBCUENCA DEL RIO  
LAJA (San José Iturbide-Dr. Mora, Gto.) Y LA REPERCUSIÓN DE ESTA-P  
PRACTICA EN SU AGRICULTURA."**

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.

**ING. ARTURO CORTÉS BALLESTEROS**

ASESOR.

~~ING. JUAN MANUEL SANCHEZ GOMEZ~~

ASESOR.

~~ING. J. JESUS SEPULVEDA MEJIA~~

hlg.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

## AGRADECIMIENTOS

A Unidades de Riego 511, por haberme concedido la oportunidad para desarrollarme como profesionista.

Al Ing. Arturo Curiel Ballesteros, por el apoyo y consejos -  
brindados en la dirección de esta tesis.

A mis asesores Ings. J. Jesús Sepulveda Mejía y J. Manuel --  
Sánchez Gómez, por sus valiosas sugerencias, observaciones y consejes  
en la revisión de el trabajo.

Muy especialmente al Ing. Ricardo Rodríguez Hernández, por -  
su gran apoyo y consejos.

DEDICATORIAS

Con infinita gratitudud por sus  
sacrificios, cariño, apoyo y  
consejos a mis padres:

José Zárate Velázquez

Ma Guadalupe Madrigal Avila

Con especial cariño por sus consejos  
y gran apoyo a mi hermano:

Heliodoro Zárate Madrigal

Con mucho amor por su cariño y  
apoyo a mi esposa:

Ofelia

Con mucho cariño por alimentar en mi  
el deseo de superarme a mi hija:

Claudia Azucena

A mis hermanos que de alguna forma  
me brindaron todo su apoyo:

Carlos

Gabriel

Juan-Manuel (D.E.P.)

Raúl

Ricardo

Freylán

Por la gran oportunidad de superarme -  
en la vida a mi Escuela de Agricultura

A mis maestros

A mis compañeros y amigos

A todas aquellas personas que colaboraron de una  
u otra forma en la realización de este trabajo

## CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1. Factores hidrológicos	4
3.1.1. El ciclo del agua	4
3.1.2. Infiltración	5
3.1.3. Movimiento del agua en el subsuelo	7
3.1.4. Recarga natural de acuíferos	8
3.1.5. Diferentes tipos de acuíferos	8
3.1.6. Clases de sobreexplotación de acuíferos	10
3.1.7. Recarga artificial de acuíferos	12
3.2. Factores de orden sociopolítico	13
4. MATERIALES Y METODOS	17
4.1. Descripción de la zona de estudio	17
4.1.1. Localización y extensión del área	17
4.1.2. Usos del suelo	17
4.1.3. Factores físicos y ecológicos	18
4.1.4. Aspectos socioeconómicos	26
4.1.5. Infraestructura hidráulica	29

4.2.	Geohidrología regional	30
4.2.1.	Piezometría	30
4.2.2.	Configuración de los niveles está- ticos	31
4.3.	Hidrometría de las obras extractivas	31
4.4.	Determinación de la eficiencia de conduc- ción y pérdidas en las redes de distribución	32
4.5.	Factores sociopolíticos	33
5.	RESULTADOS	37
5.1.	Análisis de la configuración de la elevación al nivel estático	37
5.2.	Análisis de la configuración de la evolución del nivel estático	38
5.3.	Análisis de la configuración de la profundi- dad al nivel estático	39
5.4.	Resultados hidrométricos de las obras extrac- tivas	39
5.5.	Eficiencia de conducción y pérdidas en las redes de distribución	40

5.6.	Análisis de los factores sociopolíticos	41
6.	DISCUSION	43
6.1.	Conclusiones	43
6.2.	Recomendaciones	46
	BIBLIOGRAFIA	49
	APENDICE	51



INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figuras	Pág.
1 Localización geográfica del área	Apéndice
2 Desviación estandar precipitación 1962-1966	"
3 Desviación estandar precipitación 1979-1983	"
4 Hidrología superficial	"
5 Perfil litológico sección central	"
6 Perfil litológico sección oriental	"
7 Configuración de la elevación al nivel estático	"
8 Configuración de la evolución del nivel estático	"
9 Configuración de la profundidad al nivel estático	"
 Cuadros	
1 Usos del suelo subcuenca San José Iturbide-Doctor Mora	18
2 Cultivos principales en el área San José Iturbide-Doctor Mora ciclo agrícola 1983-1984	28
3 Eficiencia de conducción y pérdidas de agua en las redes	

de distribución

40

- 4 Cálculo del valor total del volumen de agua perdido en canales de tierra

41



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## INTRODUCCION

Hace aproximadamente 49 años se llevó a cabo la primera perforación (pozo profundo) en la subcuenca del río Laja (San José Iturbide-Dr Mora), con el fin de aprovechar las aguas del subsuelo con fines de riego, desde entonces a la fecha ha ido incrementándose paulatinamente el número de explotaciones de este tipo hasta llegar en la actualidad a 285 captaciones u obras de extracción en activo en una área de 289.8 km<sup>2</sup> cultivables, lo que nos da en promedio un pozo profundo por cada un kilómetro cuadrado. Lo anteriormente descrito ha creado un creciente problema el cual se acentúa con el transcurso del tiempo, este grave problema es el progresivo abatimiento del acuífero en el subsuelo de la región, provocado éste por una sobreexplotación de estos mantos y la escasa recarga natural de los mismos.

Considerando lo anterior y aunándole las necesidades que implica el desarrollo integral del país, más la explosión demográfica, se hace necesario buscar soluciones a los problemas de producción de alimentos y de otras materias primas básicas, para lograr un desarrollo sano y firme, sobretodo en el medio rural que es el que en forma más apremiante lo requiere. Por lo antes expuesto es de primordial interés conservar nuestros recursos acuíferos mediante un uso ordenado y planificado, especialmente donde la producción ha sido raquítica por estar condicionada a las escasas e irregula-

res llúvias.

Conociendo las necesidades de agua, la utilización que le den y deberán darle a éste recurso en el futuro, además de su renovación y conservación previa, se tendrán las bases para llevar a cabo una planificación y ordenamiento en su uso y explotación acordes - para evitar mayores transtornos en los acuíferos, que como ya se - mencionó, dichos cambios o daños son provocados por la sobreextracción en los mismos.

Debemos añadir que debido a este sobreuso, se estima que sobre pasamos muy fácilmente a la recarga, ocasionando fuertes abatimientos en los niveles piezométricos de los acuíferos, dichos abatimientos pueden desembocar en daños irreversibles en los mismos al alterar su balance hidrológico.

Con la finalidad de hacer un análisis general del problema, - de las causas que dieron origen al mismo e intentar encontrar soluciones adecuadas a dicha problemática, se iniciaron trabajos en el año de 1984, encaminados a determinar los volúmenes extraídos del subsuelo de la subcuenca por año, conocer los volúmenes de agua - perdidos en las redes de conducción (riego) y recopilación de información complementaria básica para el desarrollo del mismo.

## OBJETIVOS

-Estudiar los efectos directos e indirectos de la sobreexplotación acuífera de la zona en la agricultura de riego local, a corto, mediano y largo plazo.

-Analizar las medidas establecidas por las autoridades del ramo para controlar el problema descrito, su eficacia y efecto sobre el mismo.

-Estudiar alternativas tendientes a aliviar el problema mediante métodos de restitución y conservación de los mantos, así como -- del uso y manejo del agua.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Factores hidrológicosEl ciclo del agua

G. Castany (1971), menciona que en la naturaleza el agua realiza un vasto ciclo bajo dos estados principales: gaseoso y líquido-sólido. El vapor de agua atmosférica se condensa en las nubes que engendran las precipitaciones en forma de lluvia, nieve o granizo. Al llegar al suelo, una parte de las precipitaciones circula en superficie hacia la red hidrográfica y las extensiones de agua libres (lagos, mares, océanos), a las que alimenta (escurrimiento). Otra porción (infiltración), atraviesa la superficie, penetra en el suelo y subsuelo alimentando a las aguas subterráneas que constituyen la reserva de agua del suelo y los depósitos de los mantos acuíferos.

Bajo la acción de la temperatura, el agua recupera el estado de vapor en el curso de todas las etapas de su ciclo, pero sobre todo es en la superficie del suelo, donde la "evaporación" juega un papel importante, su acción se extiende a la superficie del suelo, cobertura vegetal, aguas de escurrimiento y superficies de agua libre. A esta acción viene a añadirse la transpiración de plantas. La transpiración y evaporación suelen ser agrupadas en un solo fenómeno, "evapotranspiración". El vapor de agua así formado vuel

ve a la atmósfera para condensarse de nuevo y reconstituir las nubes.

### Infiltración

G. Castany (1971), indica que el agua de las precipitaciones después de haber sufrido pérdidas por evapotranspiración y absorción por el manto vegetal, llega a la superficie del suelo, donde se reparte en dos fracciones; el escurrimiento en superficie y la infiltración.

La infiltración representa la cantidad de agua que penetra en el suelo y en el subsuelo donde pasa a alimentar las aguas subterráneas: agua de retención, circulación y reconstitución de las reservas acuíferas. La evapotranspiración consume una parte importante de las reservas de humedad, de este modo solamente una fracción de las precipitaciones alimenta a los mantos.

### Cálculo de la recarga acuífera por infiltración

Según indica G. Castany (1971), en los casos más complejos podemos utilizar las fórmulas de G.W. Thornthwaite y de L. Serra. El cálculo por este método se basa en la evaluación de la evapotranspiración potencial mensual, después se calcula la evapotranspiración real mensual, después partiendo de algunas estimaciones, la principal de las cuales es la evaluación de la cantidad máxima de agua almacenada en el suelo para saturación del mismo.

La cantidad máxima de agua almacenada en el suelo hasta su -

saturación depende de la naturaleza de la composición litológica y del espesor de la capa superficial del terreno, así como del clima y de la profundidad del nivel piezométrico del manto acuífero. Influye asimismo el tipo de manto vegetal. Sin embargo, es posible fijar unos valores medios, aunque éstos son variables, G. W. Thornthwaite considera que el suelo está saturado cuando ha absorbido una capa de agua equivalente a una precipitación de 100 mm.

Método de cálculo. La evapotranspiración potencial mensual se determina según las fórmulas empíricas de G. W. Thornthwaite y L. Serra.

La evapotranspiración real mensual está ligada al volumen de las precipitaciones, por lo que podemos considerar dos casos:

- La altura de precipitación mensual es igual o superior a la evapotranspiración potencial mensual.
- La altura de precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual.

Caso Nº 1

Cuando  $P \geq E_p$

Entonces  $E_r = E_p$

Aporte a las reservas de agua =  $P - E_r$

El aporte alimenta la reserva de agua almacenada por el suelo

Siendo absorbido. Ahora bien, según G. W. Thornthwaite, el máximo de retención del suelo equivale a una capa de agua de 100 mm, por lo que únicamente el excedente constituirá el volumen de recarga a los mantos subterráneos.

#### Caso Nº 2

Si la altura de precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual, la evapotranspiración real mensual consume las precipitaciones mensuales y el déficit es suministrado por las reservas en agua subterráneas del suelo, hasta su agotamiento. Si la reserva del suelo es suficiente para colmar el déficit de las precipitaciones entonces:

$$E_r = E_p \text{ conduciendonos ésto al primer caso.}$$

Si por el contrario la reserva del suelo es insuficiente, entonces:

$E_r = P$  por consiguiente la reserva del suelo se agota y el faltante constituye el "déficit" de humedad.

$$\text{Siendo } P < E_p$$

$$\text{Entonces } P - E_p = \text{déficit de humedad.}$$

#### Movimiento del agua en el subsuelo

Leet & Judson (1984), establece que el agua subterránea es libre de moverse indefinidamente a través de un material uniformemente permeable de extensión limitada e ilimitada. Algunas capas de roca son más permeables que otras y a veces el agua tiende a mover

se rápidamente a través de estas capas en una dirección más o menos paralela a los planos de estratificación. Aún en una roca que sea esencialmente homogénea, el agua subterránea tiende a moverse en una sola dirección preferente.

#### Recarga natural de acuíferos

G. Castany (1971), considera que la infiltración compensa las pérdidas que sufren las aguas subterráneas. Una fracción está destinada a la renovación de la cantidad de agua contenida en el suelo y en el subsuelo, que sufre variaciones en función de diversos factores, los más importantes de ellos son la evapotranspiración y la salida de agua hacia otras cuencas.

Las variaciones de las reservas a lo largo de muchos años se compensan y tienden hacia la estabilidad, claro está si no se modifica el equilibrio a consecuencia de una explotación intensiva de las reservas subterráneas, de derivaciones superficiales o profundas hacia otras cuencas o por un déficit pluviométrico.

Otra captación de agua importante de los acuíferos, es la que se obtiene a causa de la circulación subterránea de unas cuencas hacia otras.

#### Diferentes tipos de acuíferos

Según Longwell y Flint (1974), un acuífero es un cuerpo de roca o sedimento permeable a través del cual se mueve el agua subterránea.

A. M. Alanís (1979), clasifica los acuíferos en cuatro tipos:

a). Acuíferos freáticos colgados. Aquellos que yacen a escasa profundidad bajo el nivel del terreno, generalmente en la zona de aereación, siendo su nivel freático independiente del nivel freático general.

b). Acuíferos freáticos. Estos se encuentran descansando sobre la primera capa impermeable más o menos continua, a unos cuantos metros o decenas de metros de la superficie (zona de saturación)

c). Acuíferos confinados sin presión. Son aquellos que se encuentran entre dos capas impermeables continuas. Su alimentación o recarga se efectúa no sobre toda la extensión del manto, sino solamente en el lugar en que aflora a la superficie.

El agua que se encuentra en este tipo de acuíferos no lo llena totalmente, no teniendo contacto el agua con el techo impermeable, caracterizándose por tener una superficie libre exenta de presión.

d). Acuíferos confinados artesianos. El agua está contenida entre capas permeables, el acuífero está inclinado de tal manera que queda un extremo expuesto para recibir agua en la superficie, el agua está confinada de modo que evita su escape por debajo o los lados, teniendo carga hidrostática suficiente para forzar al agua por encima del acuífero en cualquier lugar que éste sea perforado.

## Clases de sobreexplotación de acuíferos

A. M. Alanís (1979), menciona que una fuente de agua en el subsuelo presenta dos aspectos:

- El agua subterránea semeja a una corriente que se recarga naturalmente en ciertas áreas, fluye através del acuífero y se descarga en alguna salida natural.

- Un acuífero también se parece a una enorme presa de almace-  
namiento que en un momento dado contiene cierta reserva de agua al  
macenada.

También menciona que es útil distinguir entre las reservas de  
agua subterráneas arriba de la salida natural (reservas dinámicas)  
y las reservas que están debajo de la salida natural.

Cuando las reservas dinámicas de un acuífero se agotan, cesa  
el flujo natural de agua subterránea que sale através de las sali-  
das naturales. Las reservas dinámicas y las que están por debajo -  
de la salida natural, forman las reservas totales del acuífero.

Para llevar a cabo una explotación planificada y ordenada del  
acuífero, es necesario saber cuanta agua se puede extraer cada año  
permanentemente. Esta cantidad sería el rendimiento seguro o máxi-  
mo rendimiento seguro sostenido. El límite superior del rendimiento  
seguro, es obviamente indicado por el promedio anual de recarga. El  
rendimiento seguro real de un acuífero debe ser casi siempre menor

al promedio anual de recarga.

Es importante darse cuenta de que la explotación de un acuífero al nivel de rendimiento seguro, necesariamente disminuye las reservas de agua subterránea causando el abatimiento de los niveles piezométricos del agua. En el caso de la explotación bajo el rendimiento seguro, los niveles de agua se abatan lentamente hasta alcanzar una posición final de equilibrio. Además cuando las reservas dinámicas han disminuido, el flujo de agua subterránea se reduce a través de las salidas naturales. Este proceso puede durar muchos años, en el orden de décadas, durante este tiempo una parte de las reservas dinámicas se desperdicia. Se sugiere llamar a las reservas de agua que se pierden cuando se practica la explotación bajo rendimiento seguro, reservas de desperdicio.

Desde un punto de vista hidrológico, se pueden distinguir en principio tres clases de sobreexplotación acuífera (con la práctica a menudo es difícil precisar las fronteras que dividen a las tres clases):

a). La explotación de las reservas de desperdicio, cuando el acuífero ha sido sobreexplotado a un ritmo de 2 a 5 veces más que el rendimiento seguro, hasta que los niveles del agua alcancen el equilibrio, medidos con el mismo rendimiento seguro. De ahí en adelante la explotación del acuífero debe reducirse al rendimiento seguro. La parte de las reservas de desperdicio pueden ser usadas sin perjudicar de ninguna manera la fuente de agua subterránea.

b). Cuando la sobreexplotación del agua subterránea va más allá de los límites, surge algún daño, pero mientras la extensión del daño se mantenga dentro de los límites controlables y mientras sea factible repararlo a la larga, podemos hablar de sobreexplotación no destructiva del acuífero.

La fuente de agua subterránea no debe explotarse inmediatamente hasta su rendimiento seguro, pues es necesario cierto tiempo de recuperación (quizá acompañado de recarga artificial), para reconstruir los niveles de agua. Después del período de recuperación el acuífero puede ser explotado de nuevo hasta el nivel de rendimiento seguro.

c). Si la sobreexplotación continúa por mucho tiempo, ciertos factores físicos limitantes (niveles de agua bajos, salinidad, etc.) vuelven al acuífero prácticamente inexplorable por un cierto tiempo imprevisible, en este caso ha tenido lugar la sobreexplotación destructiva del manto subterráneo.

#### Recarga artificial de acuíferos

A. M. Alanís (1979), nos muestra que atendiendo al proceso que sirve para equilibrar el sistema hidráulico de un acuífero después de que se le impone una descarga por pozos profundos, es necesario establecer la diferencia entre recarga rechazada y no rechazada en la zona de alimentación de un acuífero. Si el agua es rechazada por el acuífero en su zona de recarga, entonces el bombeo a través de pozos profundos permitirá la entrada de más agua al a--

cuífero. Por otra parte sin importar que tan grande sea la recarga natural, si nada de ésta es rechazada por el acuífero, no habrá posibilidad de equilibrar la descarga del pozo por medio del incremento en la recarga, excepto por el uso de procesos artificiales - tales como infiltración de agua por medio de presas construidas en las zonas de recarga que permitan aprovechar los exedentes de agua superficial que puedan existir en una zona determinada. También es posible pensar en la recarga artificial de acuíferos con aguas negras a las que se les de una rehabilitación mediante un tratamiento primario, éstas se pueden infiltrar directamente al acuífero por medio de pozos de doble propósito, o bien regándolas en formaciones arenosas que constituyen un filtro natural bastante efectivo.

#### Factores de orden sociopolítico

El gobierno federal conocedor y conciente al mismo tiempo del grave problema de la sobreextracción hidráulica que sufre el acuífero local, y la repercusión de esta práctica sobre las diferentes actividades económicas y sociales de la zona, ha tomado una serie de medidas urgentes, apoyadas y fundamentadas en la legislación existente sobre la materia. Parte de estas medidas son algunas vedas impuestas para la totalidad de la región. Estas vedas fueron establecidas por medio de decretos presidenciales, los cuales como ya dijimos, están encaminados a darle un giro al problema en cuestión.

A continuación citaremos los puntos más importantes de la "Ley Federal de Aguas", los cuales están relacionados precisamente con

las normas establecidas para el buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales del subsuelo.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos (1972) decreta, Ley Federal de Aguas:

Título primero

Capítulo primero

Del objeto de la ley :

Artículo 1º.- A fin de realizar una distribución equitativa de los recursos hidráulicos y cuidar de su conservación, la presente ley reglamenta las disposiciones en materia de aguas, de los párrafos quinto y sexto del artículo 27 de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, y tiene por objeto regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas propiedad de la nación, incluidas aquellas del subsuelo libremente alumbradas mediante obras artificiales, para que se reglamente su extracción, utilización y veda, conforme lo exija el interés público.

Título segundo

Capítulo octavo

De las aguas del subsuelo

Artículo 107.- La Secretaría llevará un registro nacional permanente, por zonas o regiones, de las obras de alumbramiento, de los brotes de agua del subsuelo para conocer el comportamiento de los acuíferos y regular su explotación, uso o aprovechamiento.

Para estos efectos, los usuarios del recurso agua están obligados a dar aviso a la Secretaría de las obras de perforación y alumbramiento existentes y de las que se realicen o que pretendan realizar. A su vez la Secretaría solicitará los mismos datos a los propietarios en zonas no vedadas.

Artículo 108.- Los decretos de veda de aguas del subsuelo a que se refiere el artículo 7º contendrán:

- La declaratoria de interes público
- La ubicación y delimitación de la zona vedada.
- Las características de la veda.

Artículo 109.- Los usuarios de aguas del subsuelo en zonas vedadas están obligados a:

- Instalar en las obras medidores y demás accesorios para determinar gastos, volúmenes y niveles.
- Permitir la inspección de las perforaciones y obras de alumbramiento y la lectura y verificación de los medidores, para comprobar el comportamiento del acuífero.

Artículo 110.- En los reglamentos para cada una de las zonas vedadas, se fijarán los volúmenes de extracción que se autericen y las disposiciones especiales que se requieran.

Artículo 111.- La Secretaría podrá realizar obras de infiltración para abastecer los acuíferos. Los organismos públicos o los particulares podrán realizar estas obras mediante permiso que les otorgue la Secretaría, previa aprobación de los proyectos que en todos los casos deberán contener medidas para evitar la contaminación del acuífero.

La Secretaría supervisará la ejecución de las obras y cancelará el permiso si no cumplen con los requisitos establecidos en el proyecto aprobado.

#### Vedas

A continuación enlistaremos los diferentes decretos de veda, conforme a su fecha de publicación:

1º Decreto de veda que incluye parte de la zona norte del Estado de Guanajuato, (3 de Enero de 1958).

2º Decreto de veda para la región noreste del Estado de Guanajuato, (7 de Mayo de 1964).

3er Decreto de veda, para el total o resto del Estado de Guanajuato, inclusive la zona estudiada en el presente trabajo, (14 de Noviembre de 1983).

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción de la zona de estudio

#### Localización y extensión del área

El área de estudio comprende los municipios de San José Iturbide y Dr Mora (subcuenca del río Laja), se localiza en el noreste del estado de Guanajuato, limita al norte con los municipios de San Luis de la Paz y Victoria, al sur con el estado de Querétaro, al oriente con el municipio de Tierra Blanca y al poniente con el municipio de San Miguel de Allende (fig. 1).

La zona se encuentra situada en las coordenadas geográficas;  $20^{\circ} 54'$  y  $21^{\circ} 12'$  de latitud norte y  $100^{\circ} 33'$  y  $100^{\circ} 18'$  de longitud oeste, teniendo una altura media sobre el nivel del mar de 2 095 mt. Su extensión territorial bruta es de 76 810 ha, lo que representa el 2.5 % de la superficie total con que cuenta el estado.

#### Usos del suelo

La superficie total de la subcuenca, es de 76 810 ha y según los usos del suelo, está dividida y destinada de acuerdo al cuadro Nº 1.

CUADRO 1 USOS DEL SUELO SUBCUENCA SAN JOSE ITURBIDE-DR MORA

U S O	SUPERFICIE TOTAL (ha)
Agostadero y cerril	41 941.0
Agricultura de temporal	20 447.0
Agricultura de riego	8 536.0
Otros usos	5 886.0
-----	-----
Total	76 810.0

### Factores físicos y ecológicos

#### Clima

El clima se determinó según sistema de "Thornth Waite", dándose el siguiente resultado:

Fórmula (PH,SA,TD,VA), la cual nos indica; Clima seco, con poca o nula demasía de agua, según su temperatura, templado-frío con baja concentración térmica.

Hacemos notar que para definir las características climatológicas de la zona, se seleccionó una sola estación, la cual se encuentra ubicada en un sitio representativo de la misma. Lo anterior por motivo de que las demás estaciones existentes en la región no cuentan con la información necesaria y confiable para los fines de este trabajo.

Precipitación pluvial. La precipitación pluvial de acuerdo a los resultados obtenidos en un intervalo de 22 años (1962-1983), revelan una notable variación de 346.5 a 744.6 mm por año.

De un año a otro la precipitación anual presenta grandes variaciones, años con precipitación aceptable en cuanto a volumen - llovido y años de sequía, presentándose estos últimos con mayor frecuencia. Así por ejemplo en los años de 1963 y 1976 se registraron precipitaciones anuales entre 40 y 45 % mayores que la media anual del intervalo 1962-1983; en cambio en años secos como 1962 y 1982, la precipitación fue entre 30 y 35 % menor que la media del periodo total (510.7 mm/año).

El periodo de lluvias abarca los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, siendo los más lluviosos éstos, presentándose el resto del año precipitaciones de relativa importancia.

Análisis estadístico e interpretación de resultados de los periodos de lluvia 1962-1966 y 1979-1983 (coeficiente de variación).

Considerando que el factor "lluvia" siendo la fuente principal de agua disponible para aprovecharse en forma superficial o del subsuelo después de infiltrarse, es de suma importancia la realización de un análisis a este fenómeno, el cual nos indique el comportamiento de dicha precipitación y la confiabilidad que existe de que el fenómeno ocurra en un periodo o fecha determinada (básico para la programación de las diferentes actividades agrícolas). La importancia que tiene este análisis para el presente trabajo, es el correlacionar el fenómeno lluvia con la recarga natural de el acuí

fero de la zona, y las alternativas de solución a el problema de la sobreexplotación del mismo, siendo este el objetivo principal del estudio.

Se calculó el coeficiente de variación en base a la "desviación estandar" con relación a medias de precipitación pluvial ocurridas en la región durante los periodos de 1962-1966 y 1979-1983, mes por mes y comparando ambos periodos para detectar posibles variaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos del mencionado análisis y resumiendo estos, podemos decir que la precipitación pluvial en esta subcuenca hidrológica es sumamente irregular y poco confiable, sobre todo para los agricultores que siembran en base a las lluvias (temporal). La variabilidad se refleja en que en un día determinado puede llover un gran volumen de agua y posteriormente no llover en dos o más meses. También en base a los resultados del análisis diremos que ningún mes es confiable completamente para esperar una lluvia o lámina determinada, ni siquiera durante los meses considerados como de "época de lluvia".

Para una mejor comprensión del anterior párrafo, se elaboraron unas gráficas que nos muestran en una forma objetiva lo antes expuesto (figuras 2 y 3).

Temperatura. La temperatura media anual varía en la zona entre 13.6 y 21.1° C, no habiendo a lo largo del año uniformidad en este aspecto.

Los meses más fríos son Diciembre, Enero, Febrero, sin embargo el periodo durante el cual suelen presentarse heladas es de Septiembre a Marzo, y en algunas ocasiones este periodo se extiende hasta el mes de Abril.

Abril, Mayo y Junio son los meses más cálidos.

Evaporación potencial. La evaporación potencial media varía en la región entre 1 503.0 y 2 095.9 mm anuales. Durante el año los meses de mayor evaporación son Abril y Mayo con más de 200 mm, los de menor evaporación Noviembre y Diciembre, fluctuando entre 96 y 105 milímetros.

#### Hidrología superficial

No existen ríos y arroyos de caudal permanente, los arroyos con caudal en temporada de lluvias con alguna importancia son: El Capulín, El Salitre, La Canela, El Arenal, Las Adjuntas, El Jovero, Piedras de Amelar, La Plata, Arroyo Charcas, El Zorrillo, El Sáuz, Carbajal etc. Existen en la zona también dos presas las cuales son la Melchor Ortega, alimentada por los arroyos El Salitre, La Canela Arroyo Charcas y La Plata; Presa el Jovero, la cual se surte de los arroyos El Jovero y Piedras de Amelar, (figura 4).

Como complemento diremos que la zona contando con una precipitación anual media de 510.7 mm y el coeficiente de escurrimiento para la zona siendo igual a 0.12, el volumen total escurrido se calcula en 92.17 millones de metros cúbicos, en una área de 768,1 km<sup>2</sup>.

## Geología

Geología superficial. Casi la totalidad de la superficie de la zona en estudio se compone de suelos de origen "Aluvial", con intercalaciones de rocas Igneas extrusivas en grandes proporciones, siendo las ácidas (Riolita), el 29.08 % de la superficie total; las intermedias como la Andesita forman el 3.25 % y las básicas (Basalto) el 2.22 % de la zona.

Las rocas Sedimentarias componen el 7 % de la superficie total predominando los tipos "Arenisca-conglomerado", "Conglomerado" y "Lutita-arenisca".

En cuanto a rocas Metamórficas, éstas existen en tan solo un 1.7 % de la superficie total de la región, predominando el "Esquistos".

El resto de la superficie (56.75), no presenta afloramientos de tipo rocoso.

Litología. Con el objeto de inferir la geología interior de la zona, se utilizaron para ello estudios litológicos existentes en base a pozos profundos construidos por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos con fines exploratorios en diferentes puntos de la región. Por lo tanto y en base a la gran importancia que tiene para el presente trabajo el conocer y estudiar la morfología interna del valle, a continuación haremos una descripción de la misma, apoyándonos en los estudios citados (figuras 5 y 6).

Los materiales principales que componen la estructura acuífera del valle son:

**Riolita.**- (Roca Ignea ácida impermeable), es el material principal componente de la fisiografía accidentada con origen tectónico. Este material lo encontramos en la totalidad del subsuelo de la zona y su espesor alcanza aproximadamente de 150 a 200 mt.

**Basalto.**- (Roca Ignea básica impermeable), este material está condicionado a mesetas de origen volcánico, aflora en varios puntos del valle.

**Toba.**- (Roca de origen sedimentario semipermeable), este material lo encontramos en las fisiografías poco accidentadas del valle.

Se estima que existe una dinámica interna fuerte, lo que provoca movimientos y fracturamientos de las rocas más superficiales, lo cual hace semipermeables ciertas partes del subsuelo, de ahí que los mantos se comporten de manera semejante en todos los tipos de roca existentes en el subsuelo del valle.

Se infiere también que el estrato que soporta el manto freático, es de origen riolítico, encontrándose éste aproximadamente, a 200 mt de profundidad.

## Caracterización física y química de los suelos

Existen una gran cantidad de suelos en los diferentes puntos del valle; en la parte norte de la zona predominan los suelos tipo "Phaeozem Háptico" con "Ltosol", con textura de media a ligera y según su topografía, pendientes hasta del 20 % y montañoso. En las partes bajas se tienen suelos tipo "Phaeozem Lúvico" con textura de media a ligera (mig. arcilloso y mig. arc. arenoso) y pendientes menores del 8 %. En la parte sur tenemos también suelos tipo "Phaeozem Háptico" con "Litosol", con textura de media a ligera y según su topografía, ésta es en algunas secciones fuertemente disectada y montañosa y hacia el centro, ondulada y quebrada. En la región oriental del valle, existen suelos tipo "Phaeozem Háptico" con textura de media a gruesa o ligera y topografía plana a suavemente ondulada. En el occidente de la zona existen suelos tipo Phaeozem Lúvico con Planosol Mólico y Vertisol Pélico, la topografía es plana, predominando los suelos con textura de media a ligera.

En la parte central de la subcuenca, siendo ésta la sección potencialmente agrícola, se tienen suelos tipo "Phaeozem Háptico" y "Lúvico" en su mayoría y predominan las texturas de media a ligera y su topografía es plana casi en su totalidad.

Hacemos notar que dentro de la zona potencialmente agrícola, los suelos o "capa arable", son delgados fluctuando su grosor entre 0.20 y 0.40 mt con baja capacidad de retención de humedad.

Potencial hidrógeno. Los suelos de la región en cuanto a su pH, son de muy ligeramente alcalinos a medianamente alcalinos -- (de 7.4 a 8.3).

Fertilidad. Suelos pobres en contenido de materia orgánica, pobres en contenido de nitrógeno total, de pobres a medianos en cuanto a contenido de fósforo asimilable, en cambio son ricos en contenido de potasio, calcio y magnesio.

Salinidad-sodicidad. Según análisis de suelos no existen problemas aparentes por salinidad o sodicidad en las áreas cultivables (clasificados "normal"), sin embargo debemos hacer notar que las aguas utilizadas para irrigar el área se clasifican según análisis efectuado a las mismas, como condicionadas pero utilizables de acuerdo a su calidad química (C<sub>2</sub> S<sub>1</sub>).

#### Vegetación

El valle está compuesto por los siguientes tipos de vegetación, los cuales son los predominantes; al norte, occidente y oriente de la región: Cardonal, Nopalera y Pastizal natural, en donde -- habitan las siguientes especies: Opuntia imbricata (nopal cardenche) Opuntia cantabrigiensis (nopal cuije), Opuntia robusta (nopal tapán) Myrtillo cactus (garambullo), Acacia farneciana (huizache), Dalea sp (engorda cabra), Agave sp (maguey), Eysenhardtia polystachya (vara dulce), Bouteloua simplex (paso navajilla), Aristida sp (zacate -- tres barbas), Baccharis sp (zacate escobilla), Schinus molle (pirul).

En las fracciones sur y centro de la subcuenca, predominan los tipos vegetativos; Nepalera, Chaparral y Pastizales naturales, y las principales especies que los forman son: Opuntia streptacantha (nopal cardón), Opuntia cantabrigiensis (nopal cuije), Myrtille - cactus (garambullo), Aristida sp (zacate tres barbas), Arctostaphylos sp (manzanita), Baccharis sp (escobilla), Prosopis laevigata (mezquite). Hacemos mención que en la parte sur de la región también existen algunas áreas con bosques de pino y encino en una fracción perteneciente al macizo montañoso de la Sierra Gorda, y las especies más importantes son: Pinus cembroides (pino piñonero) Quercus sp (encino), con intercalaciones de otras especies como Arbutus sp (madroño) y Baccharis sp (zacate escobilla).

#### Aspectos socioeconómicos

##### Poblaciones y comunicación

Los principales núcleos de población de la zona de estudio son las ciudades de San José Iturbide y Doctor Mora, en las cuales se concentran las actividades comerciales e industriales de la localidad.

La zona cuenta con una notable infraestructura de comunicaciones, varias carreteras de primer orden la cruzan y comunican con el resto de la entidad y otras regiones del país. Específicamente podemos citar la carretera federal número 57 (Querétaro-San Luis Potosí), vía de enlace ésta, con la capital de la República; carretera Doctor Mora-San Miguel de Allende, la cual sirve de enlace con el bajío; la carretera San José Iturbide-San Luis de la --

Paz, además de una densa red de carreteras de segundo orden, caminos vecinales y brechas que intercomunican localmente los citados núcleos poblacionales.

En cuanto a vías ferreas la zona cuenta con la Querétaro-San Luis Potosí, la cual sirve de enlace entre el centro y norte del país.

Estando la zona de trabajo cerca de la ciudad de México, no hay vuelos nacionales que hagan escala en la localidad, existiendo solamente una aeropista en las cercanías de la ciudad de San José Iturbide, destinada ésta a usos particulares.

Para complementar lo relacionado con el sistema de comunicaciones, mencionaremos que la zona cuenta con servicios telegráficos, telefónicos y postales en las dos cabeceras municipales.

#### Marco económico

Respecto al punto de vista económico de la zona estudiada, su economía está basada en gran porcentaje en su actividad agrícola, principalmente en la de riego, dominándose actualmente con esta práctica 8 536.9 ha, aprovechando exclusivamente las extracciones de aguas subterráneas mediante pozos profundos. Los cultivos principales de la localidad son variados, siendo los más representativos e importantes económicamente hablando, los que aparecen en el cuadro NR 2, ordenados según el cierre de siembras del ciclo agrícola 1983-1984.

CUADRO 2 CULTIVOS PRINCIPALES EN EL AREA SAN JOSE ITUREIDE-  
DOCTOR MORA CICLO AGRICOLA 1983-1984

SUBCICLO/CULTIVOS	SUPERFICIE SEMBRADA (ha)
<u>Perennes</u>	
Alfalfa	4 314.0
Negal	99.0
Vid	65.0
<u>Otoño-invierno</u>	
Avena (forraje)	579.0
Cebada (forraje)	92.0
Trigo	74.0
<u>Primavera-verano</u>	
Chile	446.0
Frijol	422.0
Maiz (forraje)	1 079.0
Maiz (grano)	1 152.0

FUENTE: Cierre del ciclo agrícola. Unidades de Riego 511, 1984

Después de la agricultura le sigue en importancia la industria, la cual puede clasificarse en tres categorías, las cuales - enunciaremos a continuación:

a). Industria familiar.- Es la más extendida y se refiere principalmente a la confección de prendas de vestir tejidas (chambritas).

b). Industria intermedia.- Es aquella que ofrece hasta 20 em-

pleos por unidad, como tabiqueras, una cerillera y una empacadora de pollo.

c). Gran industria.- Existe una extractora y procesadora de crema para la elaboración de vidrio, una procesadora de cartón y papel y una armadora de tanques especiales para almacenamiento de productos químicos varios.

Otra actividad que al sumarse a las dos anteriores integran el crecimiento económico local, es la ganadería, representada principalmente por la crianza y explotación de ganado vacuno, porcino y avícola.

### Infraestructura hidráulica

#### Obras de extracción

La zona cuenta actualmente con 285 pozos profundos activos, por medio de los cuales se extrae el agua para regar la totalidad de la superficie factible de ser regada. La profundidad media de estas obras fluctúa entre los 150 y 200 mt. Las capacidades de extracción de los equipos de bombeo son de 4, 6, y 8 pulgadas de diámetro, siendo éstos en su mayoría de tipo vertical y algunas veces encontramos de tipo sumergible (bomba).

#### Redes de distribución

En la actualidad se cuenta en la región con 168.9 km lineales de canales de tierra, los cuales tienen una eficiencia de conducción

media del 56.8 %; 31.03 km lineales de canales revestidos (construidos y revestidos con materiales diversos), teniendo éstos una eficiencia de conducción media del 79.38 %.

Hacemos notar que lo anterior tiene una importancia vital en el buen uso y manejo del agua para riego, pues se estima que anualmente se tienen considerables pérdidas por causa de deficiencias en la conducción del preciado líquido.

#### Sistemas especiales de riego

Se tienen en la zona 6 estructuras o sistemas de riego por aspersión, los equipos son en su totalidad de tipo cañón semiportátiles, con ellos se logra una óptima eficiencia de aplicación del agua.

### Geohidrología regional

#### Piezometría

Parte esencial de un estudio geohidrológico es la que se refiere a la posición y evolución de los niveles estáticos. Este aspecto del presente trabajo se basó principalmente en los datos piezométricos (sondeos) obtenidos en un lapso de 13 años (1970-1983), en 82 pozos "piloto", los cuales fueron previamente establecidos y distribuidos en puntos estratégicos de la subcuenca. En estas obras se realizan observaciones periódicas (a veces irregulares), para como ya se dijo, determinar la posición y evolución de los niveles de los almacenamientos hídricos subterráneos.

Hacemos notar que ha habido algunos vacíos de información en algunos pozos pilote, debido a que en su totalidad, éstos son de particulares, por lo que se está expuesto a que las lecturas y observaciones se hagan dependiendo de la accesibilidad a la mencionada obra y sus condiciones propias de funcionamiento. Por lo tanto y para llevar a cabo el estudio, se tomaron los pozos más representativos, por su ubicación e información más completa.

### Configuración de los niveles estáticos

Unas de las representaciones gráficas más útiles de los datos piezométricos son las configuraciones de los niveles estáticos, pues a partir de ellas se infieren; la red de flujo del agua subterránea, el comportamiento de los acuíferos de la zona (recarga-descarga) y la evolución de los mismos.

A continuación citaremos las configuraciones más importantes - a desarrollarse:

- a). Configuración de la elevación al nivel estático.
- b). Configuración de la evolución del nivel estático.
- c). Configuración de la profundidad al nivel estático.

### Hidrometría de las obras extractivas

Con el objeto de conocer los volúmenes de agua extraídos, se recabaron datos respecto al régimen de operación y uso de las obras

(pozos profundos).

Existen en la actualidad 285 pozos profundos activos, de los cuales 275 están dedicados a la agricultura, 4 para usos industriales y 6 para cubrir las necesidades de agua potable de los centros urbanos de la zona.

Para determinar los volúmenes que actualmente se extraen, se consideró el gasto actual de cada uno de los pozos.

Los tiempos de bombeo se estimaron y calcularon en función del uso del pozo. A los de uso urbano se les asignó un tiempo de 5 000 hr durante todo el año; a los de uso industrial se les consideró también operación continua o sea 5 000 hr anuales. Los volúmenes extraídos para uso agrícola se obtuvieron en base a los resultados finales del ciclo agrícola 1983-1984\*\*, considerando para ello todos los cultivos establecidos y el total de los volúmenes de agua aplicados a ellos.

#### Determinación de la eficiencia de conducción y pérdidas en las redes de distribución

Considerándose muy importante y básico para los fines que persigue este trabajo, el poder conocer los volúmenes hidráulicos perdidos en las redes de distribución de la zona, por baja eficiencia

---

\*\* Estadística agrícola, ciclo 1983-1984, Unidades de Riego 511 Celaya (S.A.R.H.).

en la conducción de dichos volúmenes, se llevó a cabo el trabajo correspondiente, siguiendo una metodología práctica para lograr -- tal fin, siendo descrita ésta a continuación:

Se llevaron a cabo un total de 498 afores por medio del método del "flotador", en secciones de diferente longitud y en 13 diferentes puntos representativos de la zona (puntos de control), también se tomaron en cuenta las diferentes texturas en canales de tierra y diferentes materiales de construcción en los revestidos. Para complementar lo anterior debemos agregar que para llevar a cabo el cálculo de la eficiencia de conducción y las pérdidas en los canales, se establecieron dos estaciones por cada punto de control (secciones de canal), determinando en cada estación el gasto en circulación. Las pérdidas se determinaron en base a la diferencia de gasto circulado entre la primera y segunda estación.

La longitud entre estaciones en los diferentes puntos de control fué variable, establecida ésta en función de las características particulares de cada uno de los canales elegidos para las pruebas.

#### Factores sociopolíticos

La sobreexplotación de las aguas del subsuelo de la zona, ha sido la causa lógica de que ésta en su totalidad haya sido declarada por decreto presidencial, como "zona de veda". Lo anterior en un intento por salvaguardar los deteriorados recursos hidráulicos subterráneos de la misma.

En base a lo anterior se ha sentido indispensable, hacer un análisis de los aspectos y acontecimientos sociopolíticos que han tenido relación directa e indirecta con el problema en cuestión. Por lo tanto y para lograr una mejor comprensión del mismo, resumiremos el desarrollo de dicho problema y las causas que le dieron origen.

La agricultura de riego es más rentable y atractiva económicamente que la sujeta al comportamiento de la precipitación pluvial, por lo irregular y errática que es esta última sobre todo en las zonas áridas, representando éste claro está, un grave riesgo para aquellas personas que invierten casi el total de sus bienes en sembrar sus tierras en un solo subciclo.

Hablando de esta zona, mencionaremos que de unos cinco años a la fecha, el incierto temporal ha provocado casi siniestros totales, sobre todo en aquellas áreas en donde se siembran cultivos tradicionales (maíz y frijol), los cuales requieren de un determinado volumen de agua para su desarrollo y son poco tolerantes a la sequía.

Lo anterior ha mantenido a los cultivadores de éstos, en la más desesperante de las misérrimas.

Lo antes expuesto ha provocado que un buen porcentaje de los campesinos de la región, intenten contar con agua disponible para irrigar sus tierras en cualquier época del año, y así lograr una agricultura fructífera. Esto aunado a la escasa información y di-

vulgación que existe sobre los riesgos que se corren al sobreusar indiscriminadamente los acuíferos, ha sido la causa de que año tras año se perforen en gran número más pozos profundos (7 en el año de 1984), en su mayoría ilícitos, lo cual redonda en cada vez mayores volúmenes de agua extraídos del subsuelo y el consiguiente aumento en la velocidad de abatimiento de los acuíferos.

Lo anterior claro está, no ha sido en muchos de los casos, - lo beneficioso que aparentemente parecía para los agricultores, - puesto que los costos de perforación, equipamiento y extracción - se elevan cada día más por tener que extraer el agua de estratos cada vez más profundos, y en muchos de los casos estas obras han resultado completamente infructuosas, al obtenerse gastos demasiado reducidos y acuíferos abatidos casi en su totalidad.

A lo anterior debemos añadir que las obras que se localizan en puntos en donde hay una mayor densidad de pozos, éstos requieren constantemente de profundizaciones, reposiciones, aumento de columna y hasta cambios completos de equipos, haciendo más caros los costos de operación y mantenimiento de las mencionadas obras, repercutiendo éste en la comercialización de los productos agrícolas y en algunos casos haciendo incosteable el trabajar con cultivos básicos poco remunerativos.

El Gobierno Federal en un intento por frenar el sobreuso de los acuíferos de la entidad, ha considerado pertinente tomar algunas medidas encaminadas a lograr dicho fin. Parte de esas medidas son algunos "Decretos Presidenciales", basados en la legisla-

ción existente sobre la materia (Constitución y Ley Federal de Aguas). Sin embargo, para concluir cabe mencionar que lo anterior no ha logrado frenar el ritmo de perforaciones en número y mucho menos regular las extracciones de agua del subsuelo de la región.



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

## RESULTADOS

Análisis de la configuración de la elevación  
al nivel estático

La configuración corresponde al año de 1983 y se muestra en - la figura 7, y de su análisis se desprende lo siguiente:

La elevación de los niveles estáticos variaba en el área en - esa fecha, entre 1 980 y 2 050 m.s.n.m. en la parte Norte y Norocci - dental de la misma; entre 2 020 y 2 060 m.s.n.m. en las secciones Central y Suroeste.

Según se puede apreciar, el movimiento o flujo de agua subte - rráneo tiene lugar del Sureste al Noroeste, chocando este flujo en parte, en un accidente tectónico al Suroeste del valle.

En el Este y Sureste del valle, se encuentran las zonas de - alimentación del acuífero, y al Noroeste se encuentra la salida o descarga natural del mismo hacia otras cuencas hidrológicas.

Se puede observar también, que la intensa explotación que - sufre el acuífero, ha distorsionado localmente el esquema natural del flujo subterráneo, siendo especialmente notables los efectos del bombeo al Noroeste de la zona (depresión), en donde se apre - cia claramente el resultado de dicha práctica ( zona con mayor -

número de obras de extracción).

Análisis de la configuración de la evolución  
del nivel estático

Para auxiliarnos en la ilustración del comportamiento de los niveles estáticos, se elaboró un plano (figura 8) que nos muestra las curvas de igual evolución correspondientes a un determinado lapso. Estas curvas de nivel deducidas por medio de la sobreposición de las configuraciones de los años de 1970 y 1983.

Se hace la observación de que se tomó este periodo, por ser el año de 1970, cuando se iniciaron los estudios geohidrológicos - correspondientes a esta zona por parte de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos, de los cuales nos estamos auxiliando para la elaboración de las presentes configuraciones.

Observando la configuración se aprecia un abatimiento total del acuífero, el cual fluctúa entre 10 y 25 metros, siendo este último el mayor, y se localiza en las secciones Central y Occidental de la región, que es en donde existe una mayor densidad de pozos y por consiguiente las extracciones de agua son más intensas.

En el resto de la zona, los abatimientos fluctúan entre 15 y 20 metros en forma general.

Análisis de la configuración de la profundidad  
al nivel estático

La posición de los niveles estáticos con respecto a la superficie del terreno en el año de 1983, se ilustra en el plano de la figura 9, el cual representa lo siguiente:

La profundidad de los niveles estáticos fluctúa en la sección Norte de la zona, entre 40 y 65 metros, y entre 20 y 70 metros en la parte Suroeste, encontrándose los niveles piezométricos más superficiales precisamente en este último sitio.

A causa de la configuración topográfica, la profundidad de los niveles estáticos aumenta gradualmente en la sección Suroeste, hacia las estribaciones de la sierra, encontrándose éstos, entre 50 y 90 metros de la superficie del terreno en el borde del valle.

Resultados hidrométricos de las obras extractivas

En base a los tiempos de bombeo y en función del uso de los diferentes pozos, se pudieron determinar los volúmenes extraídos del subsuelo de la zona estudiada. El volumen total de agua extraída es del orden de los 126 027.52 miles de metros cúbicos al año, con la siguiente distribución: 120 915.52 miles de metros cúbicos se destinan a la agricultura; 2 196.0 miles de metros cúbicos al uso industrial y 2 916.0 miles de metros cúbicos, al uso doméstico urbano.

Eficiencia de conducción y pérdidas de agua  
en las redes de distribución

A continuación en el cuadro 3, se muestran los resultados obtenidos del trabajo realizado en el área de estudio, para determinar la eficiencia de los diferentes tipos de canales al conducir el agua para riego, y las pérdidas de este fluido sufridas durante la conducción del mismo.

CUADRO 3 EFICIENCIA DE CONDUCCION Y PERDIDAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION

TIPO CANAL	LONG.TOTAL (km lin.)	TOTAL VOL.CIRC. EN CANALES MM <sup>3</sup>	% VOL.PERDIDO CANALES MM <sup>3</sup>	EF.PROM. COND.(%)	
Tierra	168.90	102 173.61	84.5	44 136.56	56.80
Revestido	31.03	18 741.91	15.5	3 863.36	79.38
Totales	199.93	120 915.52	100.0	47 999.92	X=68.09

Apreciando los cuantiosos volúmenes perdidos en las redes de conducción sin revestir, se hizo necesario realizar un pequeño análisis económico para conocer el valor de dichas pérdidas y así poder mostrar de una mejor manera, la magnitud del problema de la pésima eficiencia de conducción en los canales de tierra, además de la necesidad de elaborar y promover un programa urgente de revestimiento de canales, a corto, mediano y largo plazo (cuadro 4).

CUADRO 4 CALCULO DEL VALOR TOTAL DEL VOLUMEN DE AGUA PERDIDO  
EN CANALES DE TIERRA

---

Volumen de agua extraído anualmente para usarse con fines agrícolas:	120 915.52 miles de m <sup>3</sup>
Volumen de agua circulado anualmente en canales sin revestir:	102 173.61 miles de m <sup>3</sup>
Volumen perdido en canales sin revestir (eficiencia de cond. 56.8 %):	44 136.56 miles de m <sup>3</sup>
Coste actual del metro cúbico de agua (según cuota por servicio de riego - a Noviembre de 1985):	2.14 pesos
Valor total del volumen de agua perdido anualmente en canales sin revestir:	94 452 238.40 pesos

---

Análisis de los factores sociopolíticos

Revisando la legislación existente sobre el uso y manejo del agua (Ley Federal de Aguas), en sus puntos básicos, los cuales interesan y hacen referencia directa al problema de la sobreexplotación acuífera, conociendo además los decretos de veda que se expedieron para la zona, citaremos las causas y factores sociopolíticos que han influido directa e indirectamente en los malos resultados obtenidos al ponerse en práctica las iniciativas legales por parte de las autoridades federales y el nulo correctivo que ha sufrido el proceso degenerativo de los acuíferos locales.

a). Desinformación sobre el problema en general y escasa divulgación al respecto entre la gente responsable de su control y la afectada directamente por el mismo (usuarios).

b). Baja eficacia y en algunos casos desinterés por parte de las autoridades a quienes les corresponde la solución del mismo - (burocratismo).

c). Falta de capacidad humana y económica por parte de la - institución responsable, para mantener un estrecho control sobre las diferentes zonas de la entidad.

d). Escasa coordinación y poca disposición de parte de algunas de las instituciones ligadas e interesadas en el asunto:

- Instituciones de crédito que otorgan éstos, para perforar y equipar, aún sin tener el permiso correspondiente.

- Instituciones que perforan sin conocimiento y autorización por parte de la S.A.R.H. (CONAZA).

- Algunas veces poca disposición y colaboración de parte de organismos que pueden auxiliar en el freno de la realización de - perforaciones ilícitas, no electrificándolas (C.F.E.).

e). Lo atractivo que resulta la agricultura de riego para los campesinos, en comparación con la superada al pésimo temporal de la zona (reditabilidad).

## DISCUSION

### Conclusiones

Del procesamiento e interpretación de la información disponible, se derivan las conclusiones más importantes, las cuales desglosamos a continuación:

1. El acuífero explotado por la totalidad de los pozos existentes en la zona de estudio, está constituido casi en su totalidad, por materiales ígneos, y ocupa prácticamente todo el valle, siendo su espesor aproximado 200 m.

2. Como parte del estudio quedaron censados en la zona, 285 pozos profundos activos, de los cuales 275 son de uso agrícola, 4 de uso industrial y 6 de uso doméstico y abastecimiento de agua potable.

3. Del subsuelo de la zona se extrae un volumen de agua de unos 126.02 millones de metros cúbicos por año, de los cuales, -- 120.91 millones se destinan a la agricultura, 5.11 millones para uso industrial y doméstico urbano.

4. El agua del subsuelo es la principal y única fuente que sustenta la agricultura de riego de esta región, con los 275 pozos se riegan 8 536.0 ha.

5. La precipitación media anual en la zona es de 510.7 mm, y siendo la superficie total de la subcuenca 768.1 km<sup>2</sup>, se calcula que anualmente escurren 47.0 millones de m<sup>3</sup>, de un volumen total llovido de 391.73 millones de m<sup>3</sup>.

6. En base a un análisis estadístico, se ha podido establecer que la precipitación pluvial en el área es sumamente irregular y errática, el rango de confiabilidad es muy limitado, por lo que existe la posibilidad de incurrir en error al esperar lluvia en un momento o periodo determinado (agricultura de temporal).

7. Siendo la precipitación pluvial media 510.7 mm anuales y la evapotranspiración real 479 mm por año, se infiere que no existen infiltraciones significativas de agua por lluvia hacia el subsuelo, las cuales puedan recargar el acuífero local.

8. El agua subterránea se encuentra cada vez más profunda en el valle, los niveles estáticos alcanzan en algunas secciones del mismo, 40 metros de profundidad y en otras hasta 70 metros.

9. Se ha apreciado en el acuífero un abatimiento en la totalidad del mismo, el menor abatimiento detectado en un periodo de 13 años es de 10 metros, mientras que el mayor abatimiento detectado en el mismo periodo es de 25 metros y se localiza en las secciones Central y Occidental de la región. Agregaremos que el abatimiento promedio por año, es del orden de 1.53 metros.

10. La descarga efectiva o extracción anual de agua del subsue

lo local es de aproximadamente 126.02 millones de metros cúbicos - y se calcula que el volumen de recarga (alimentación subterránea - de otras cuencas) alcanza los 54.0 millones de metros cúbicos por año, por lo que la descarga sobrepasa a la recarga fácilmente, -- existiendo un déficit anual en el acuífero de agua bastante importante.

11. Existen en la actualidad en la región, un total de 199.9 kilómetros lineales de canales o redes de distribución; 169.9 kilómetros son de tierra y 31.03 son construidos y revestidos con materiales diversos. Los primeros tienen una eficiencia de conducción media del 56.8 % y los segundos del 79.3 %.

12. El volumen total circulado en las redes de conducción de la zona por año es de 120.9 millones de metros cúbicos, siendo la eficiencia de conducción media de ambos tipos de canales 68.09 %, y el volumen perdido aproximadamente 47.99 millones de metros cúbicos; 44.13 millones se pierden en canales de tierra y solo 3.86 millones en canales revestidos.

13. Analizando los factores sociopolíticos relacionados con la sobreexplotación del acuífero local, podemos deducir que existe la legislación base propia y adecuada para controlar y regular las extracciones de agua del subsuelo, pero se carece de capacidad económica y humana para lograr un óptimo control y supervisión en cuanto a extracciones y perforación de nuevos pozos.

14. La sobreextracción de agua del subsuelo, ha sido la causa

lógica de que la entidad en su totalidad haya sido declarada por decreto, zona de veda, lo anterior en un intento por salvaguardar los deteriorados recursos hidráulicos subterráneos de la zona.

15. Existe un desconocimiento y desinformación sobre el problema analizado, tanto dentro de las instituciones responsables y con ingerencia en el mismo, como también entre los usuarios y ciudadanos en general afectados directa e indirectamente.

16. Agregaremos además que hay una deficiente coordinación y a veces poca disposición para colaborar por parte de las instituciones interesadas y con responsabilidad en el problema ya citado.

#### Recomendaciones

1. Que las autoridades correspondientes no concedan permisos de perforación de pozos, en donde se considere zona sobreexplotada a excepción de obras para agua potable y siempre y cuando se realicen los estudios de factibilidad correspondientes; lo anterior para no dañar aún más el acuífero.

2. Que haya agilización de trámites para aquellas solicitudes factibles y urgentes por su uso y necesidad, para que los posibles beneficiados no se desesperen e incurran en faltas a las normas establecidas perforando en forma ilícita.

3. Que ninguna institución pública o privada efectúe perforaciones sin la autorización de la S.A.R.H., la cual procederá a ha-

cer el diagnóstico necesario previa solicitud, para posteriormente otorgar el permiso.

4. Condicionar medidores volumétricos a todos los propietarios de obras de extracción, para así llevar un mejor control de los recursos extraídos y existentes en la zona.

5. Que la Comisión Federal de Electricidad no instale energía eléctrica en pozos que no cuenten con el permiso de perforación correspondiente y así auxilie en el freno de esta práctica ilegal.

6. Que las autoridades correspondientes ejerzan mayor vigilancia y control en la zona, para así evitar al máximo, la realización de perforaciones ilícitas.

7. Realizar labores de información, divulgación y concientización entre los usuarios de los recursos hidráulicos y la ciudadanía en general, sobre la problemática y riesgos en general resultantes de sobreexplotar destructivamente los acuíferos; además realizar esta misma labor entre el personal de las diferentes instituciones responsables y relacionadas con el problema.

8. Coordinación entre las diferentes instituciones que tengan injerencia en el problema citado, para así lograr mayor eficacia en el control de las perforaciones ejecutadas ilícitamente y de los volúmenes de agua a extraerse.

9. Recubrimiento o revestimiento de el máximo de redes de dis

tribución, para así lograr una óptima eficiencia en la conducción y aplicación de agua, ahorrando de esta forma, grandes volúmenes - del líquido y por consiguiente reduciendo las grandes pérdidas económicas sufridas por esta causa.

10. Realizar los estudios de factibilidad correspondientes, - sobre la posible recarga artificial del acuífero de la zona, para así tratar de evitar futuros daños en el mismo, los cuales podrían ser irreversibles.

11. Aprovechar al máximo los escurrimientos superficiales, para así contar con otras fuentes potencialmente aprovechables, auxiliando además con estos volúmenes a las futuras extracciones del - subsuelo.



## BIBLIOGRAFIA

- A. MADRID ALANIS & MIGUEL A. G. LEAL.- Primer curso sobre explotación y aprovechamiento de aguas subterráneas para evaluaciones.-Apuntes, FIRA.- Zac. Zac. México, 1979.
- B. ORTIZ-VILLANUEVA.- Edafología.- Chapingo, México, 1971.
- CARLOS M. MARTINEZ.- Estudio geohidrológico preliminar de la zona de riego de la presa Solís.- Tesis profesional, U.A.S.L.P. México, 1981.
- CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.- Ley Federal de Aguas.- México, D.F., 1971.
- G. CASTANY.- Tratado práctico de las aguas subterráneas.- Ediciones Omega.- Barcelona, España, 1971.
- J. RZEDOWSKI & R. McVAUGH.- La vegetación de Nueva Galicia.- University of Michigan, U.S.A., 1966.
- LEET & JUDSON.- Fundamentos de geología física.- Limusa, México, - 1984.
- LONGWELL & FLINT.- Geología física.- Limusa, México, 1974.

PRESIDENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.- Diario oficial del  
lunes 14 de Noviembre de 1983, México.

RAY K. LINSLEY-JOSEPH B. FRANZINI.- Ingeniería de los recursos -  
hidráulicos.- C.E.C.S.A., México.

S.P.P.- Síntesis geográfica de Guanajuato.- Servicios generales de  
estadística, geografía e informática.- México.

UNIDADES DE RIEGO 511.- Estadística agrícola, ciclo 1983-1984.- Ce  
laya, México.



SECRETARÍA DE AGRICULTURA  
Y FOMENTO

MUNICIPIO

- 1-San Luis de la Paz
- 2-Victoria
- 3-San Miguel de Allende
- 4-Tierra Blanca

ESTADO DE GUANAJUATO

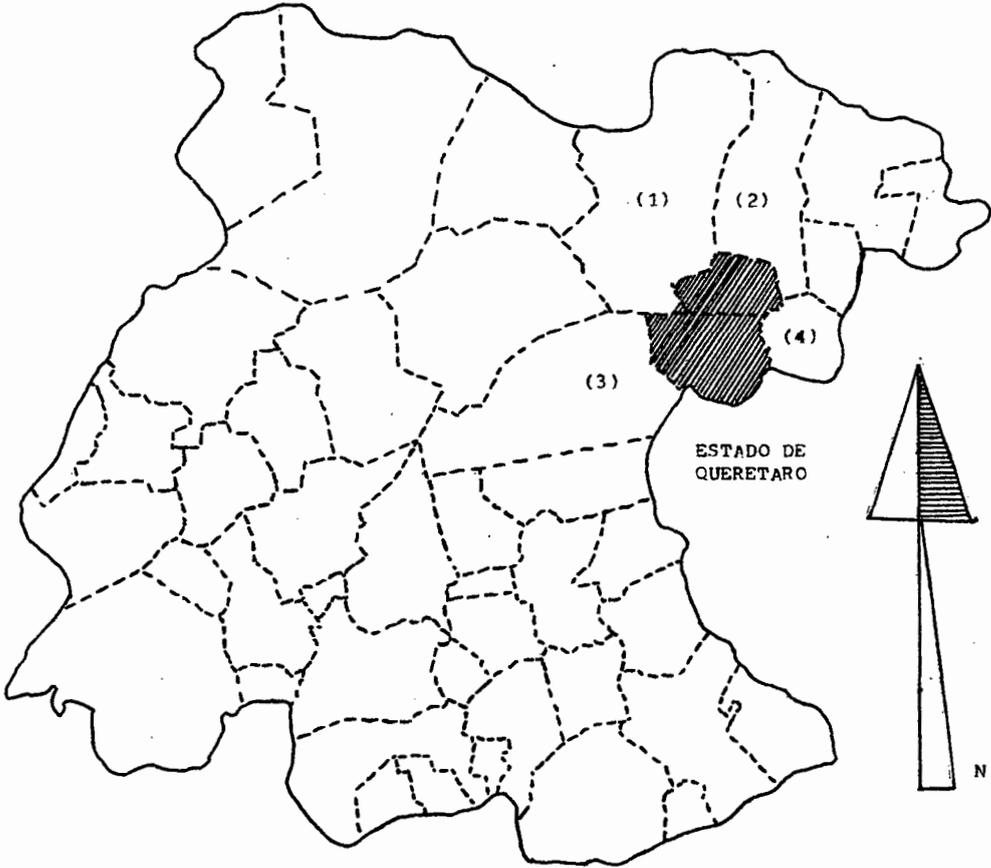
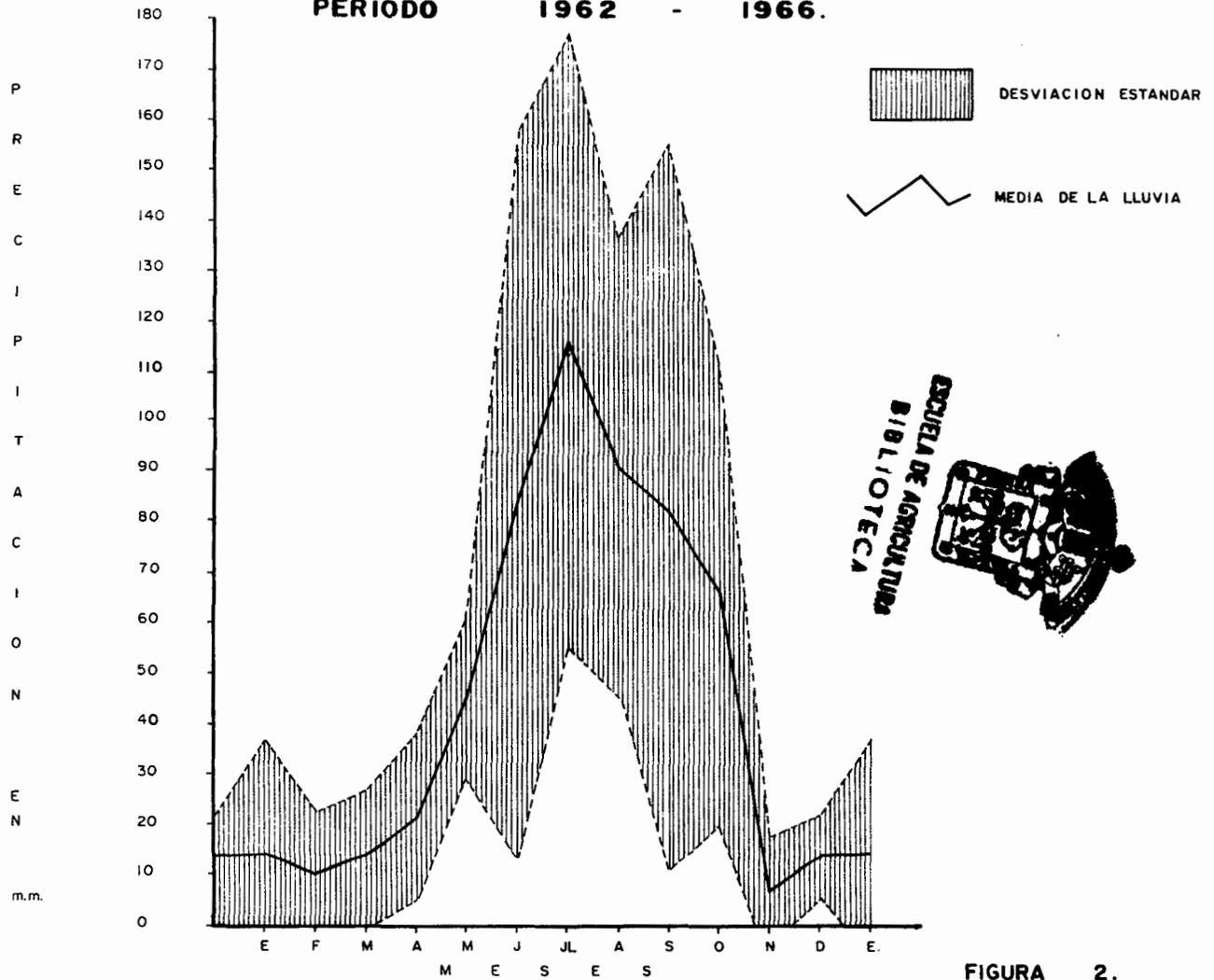


FIGURA 1. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA SUBCUENCA  
HIDROLOGICA SAN JOSE ITURBIDE-DOCTOR MORA

**DESVIACION ESTANDAR PRECIPITACION  
PERIODO 1962 - 1966.**



**FIGURA 2.**

**DESVIACION ESTANDAR PRECIPITACION  
P E R I O D O 1 9 7 9 - 1 9 8 3 .**

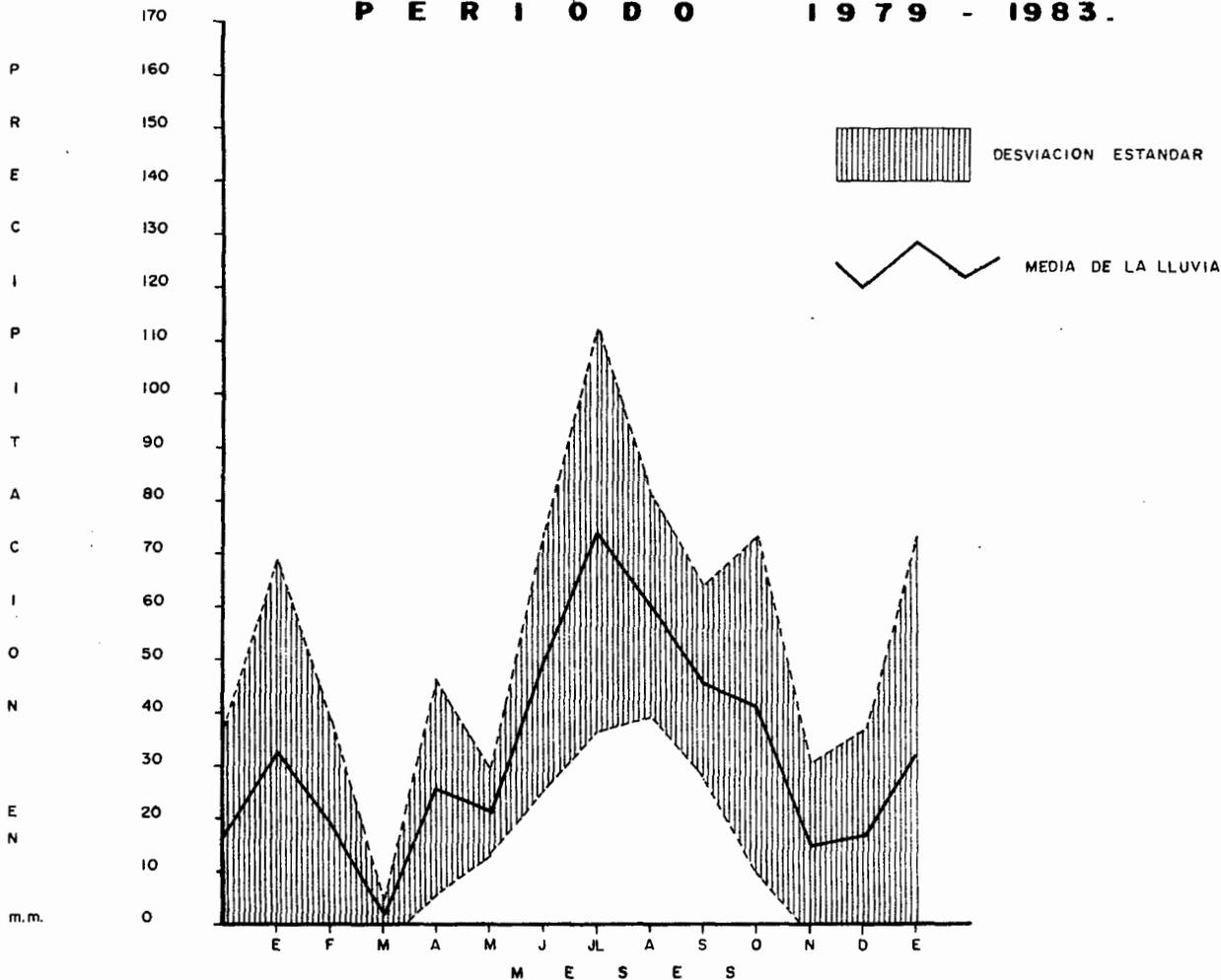
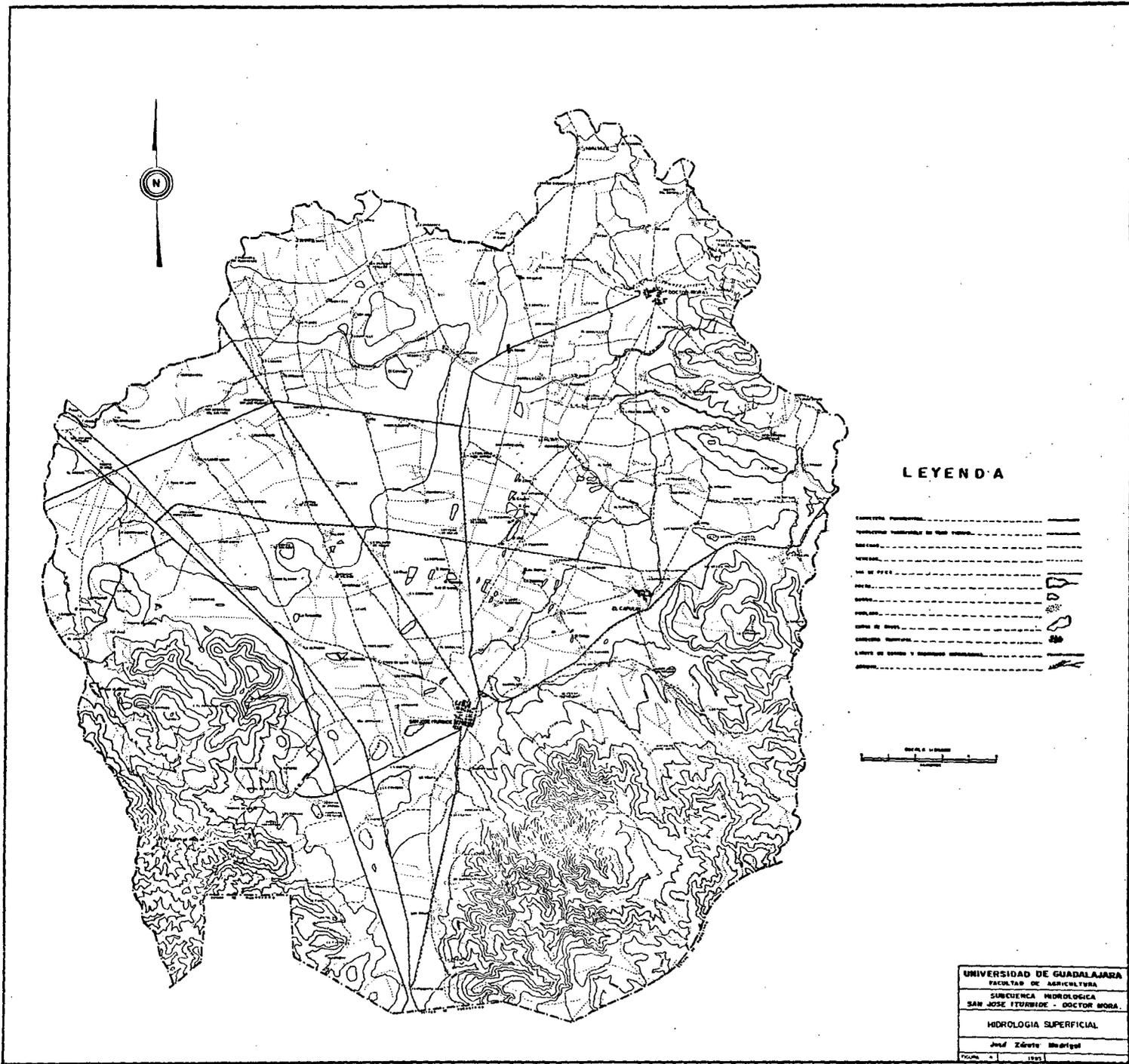
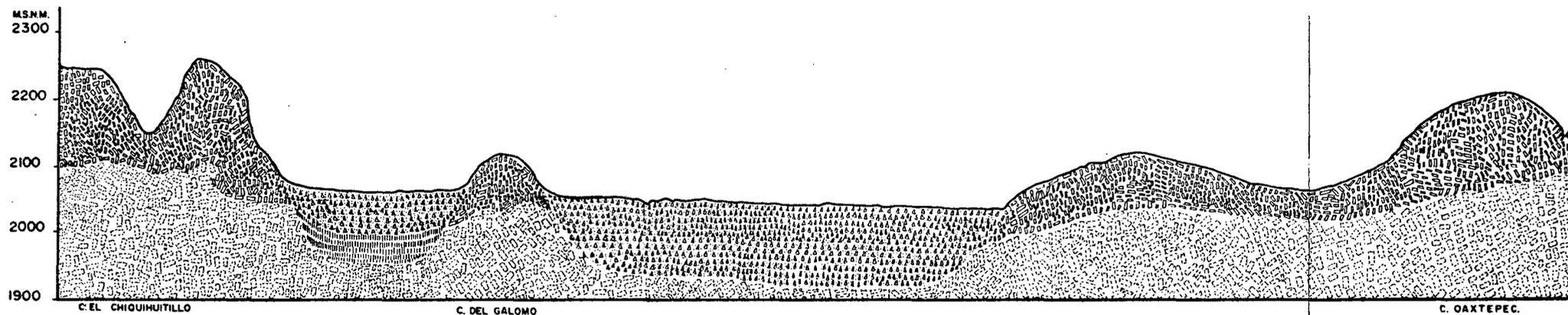


FIGURA 3.



# PERFIL LITOLOGICO DE LOS POZOS 1, 2, 3, 4.



**ESCALA**  
 HORIZONTAL : 1 : 50,000  
 VERTICAL : 1 : 5,000

## LEYENDA



RIOLITA



TOBA



BASALTO

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
 FACULTAD DE AGRICULTURA

SUBCUENCA HIDROLOGICA  
 SAN JOSE ITURBIDE - DOCTOR MORA

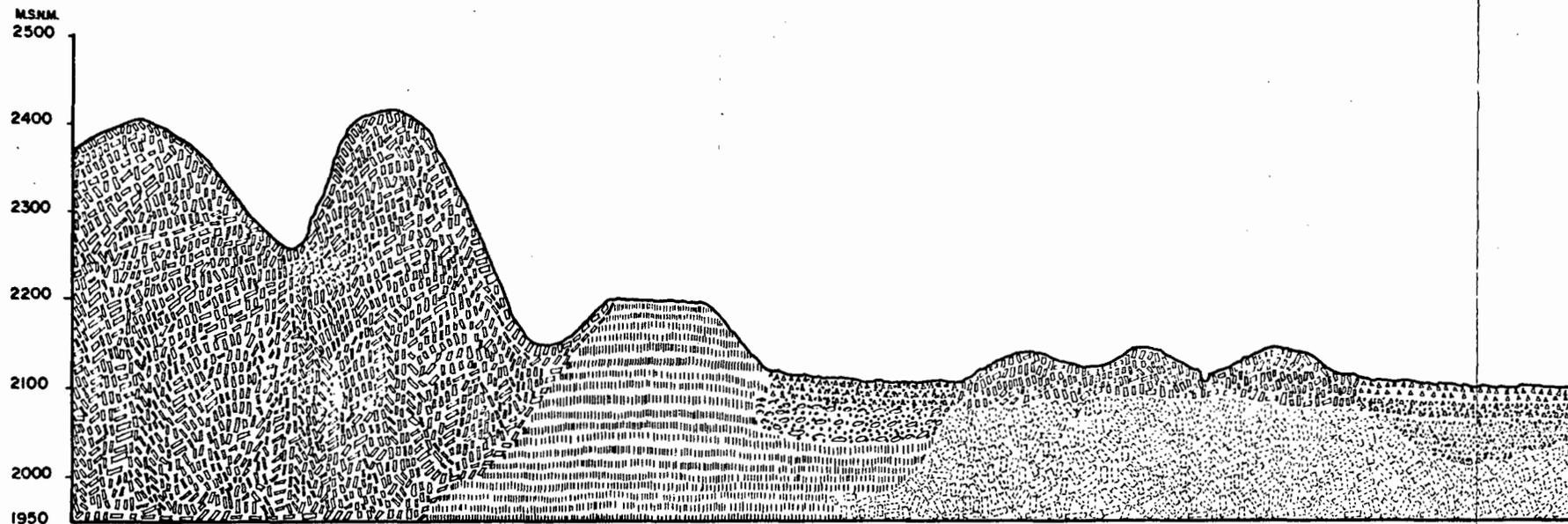
PERFIL LITOLOGICO SECCION CENTRAL.

José Zárate Madrigal

FIGURA Nº 5

1985.

# PERFIL LITOLOGICO DE LOS POZOS 6, 7.



ESCALA  
 HORIZONTAL 1 = 50,000  
 VERTICAL 1 = 5,000

## L E Y E N D A



RIOLITA



TOBA



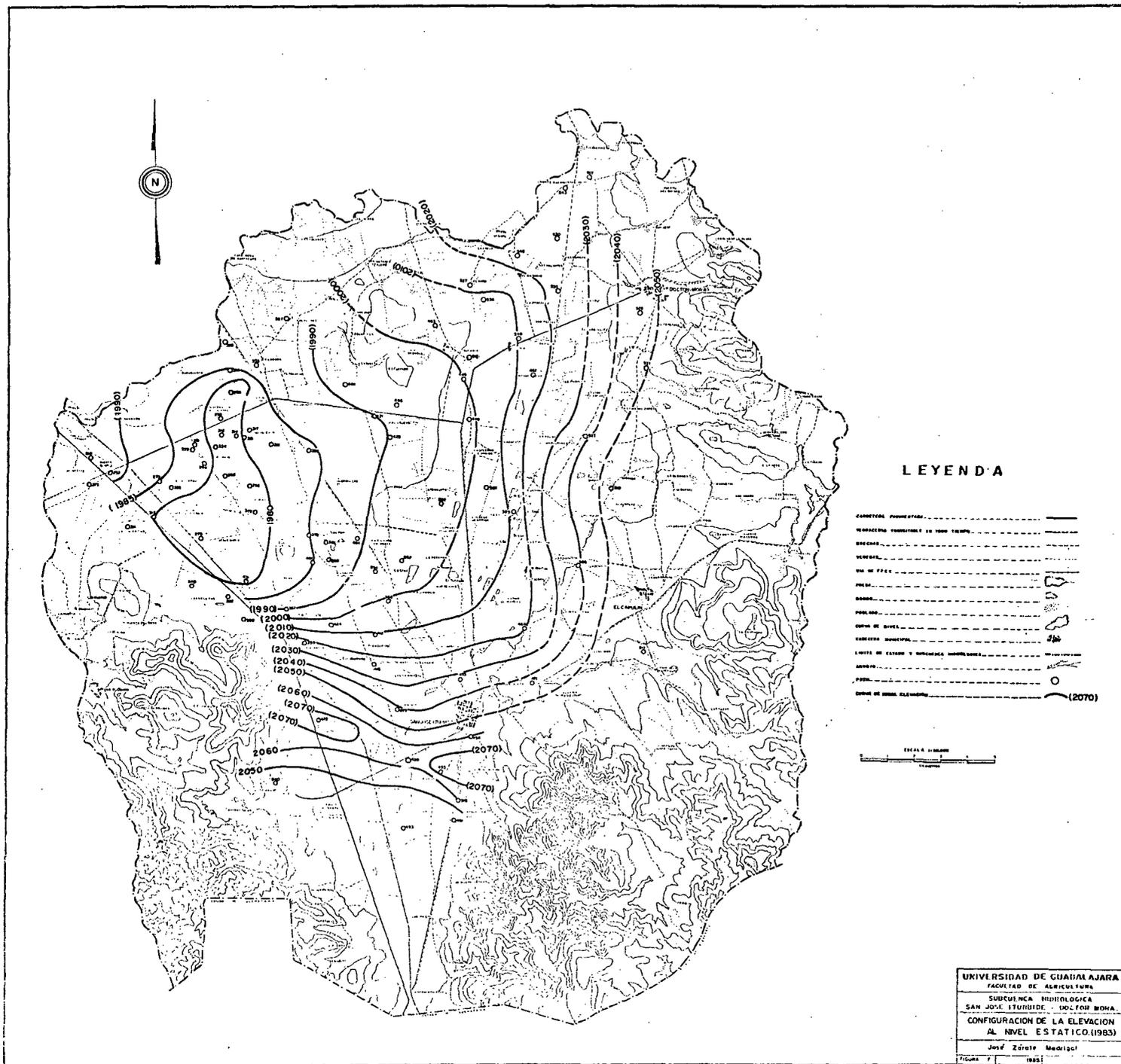
BASALTO

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
 FACULTAD DE AGRICULTURA

SUBCUENCA HIDROLOGICA  
 SAN JOSE ITURBIDE - DOCTOR MORA.

PERFIL LITOLOGICO SECCION ORIENTAL.

José Zárate Madrigal



LEYENDA

- CONTORNOS ELEVACIONES.....
- BOVEDONES PERMANENTES EN TODO TIEMPO.....
- BOVEDONES.....
- VIA DE FERRO.....
- PUENTE.....
- RAMBLA.....
- POBLADO.....
- CORTA DE AGUA.....
- CANALIZACION.....
- LINIA DE ESTACION Y SERVICIOS TELEFONICOS.....
- DAMOS.....
- POZO.....
- OPERA DE BARRIO EL ALMORAN..... (2070)

ESCALA 1:10000

UNIVERSIDAD DE GUADAJALAJARA  
 FACULTAD DE AGRICULTURA  
 SUBSECCION HIDROLOGICA  
 SAN JOSE ITURBIDE, DURANGO, MEXICO  
 CONFIGURACION DE LA ELEVACION  
 AL NIVEL ESTADICO (1983)  
 José Zúñiga Medriaci  
 FIGURA 7 1985



