

01162



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

MODELACION HIDRODINAMICA DEL  
ACUIFERO VALLE DEL VERANO EN  
PARRAL, CHIHUAHUA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERIA HIDRAULICA

Presenta:

**CARLOS DANIEL ALONSO GUZMAN**

ASESOR DE TESIS:

M.C. CARLOS GUTIERREZ OJEDA



CAMPUS MORELOS, MEXICO

2005

m. 344668



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

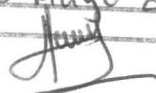
## *A G R A D E C I M I E N T O S*

**A** Dios por ser el guía en mis acciones

**M**i más sincero agradecimiento al M.C. Carlos Gutiérrez Ojeda, por su acertada dirección en la elaboración de este trabajo, así como por sus comentarios siempre objetivos y claros para enriquecerlo.

**Q**uiero externar mi agradecimiento a la Dra. Graciela Herrera Zamarrón, al Dr. Aldo Iván Ramírez Orozco, al M.I Víctor Manuel Arroyo Correa y al M.C Manuel Martínez Morales, por sus acertados comentarios en el desarrollo de este trabajo.

**A** todas aquellas personas que incondicionalmente me manifestaron su apoyo y confianza en la culminación de una meta más en mi desarrollo profesional.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Carlos Daniel Alonso  
Gutmán  
FECHA: 13 Mayo de 2005  
FIRMA: 

## *DEDICATORIA*

### **A** MI ESPOSA

**Raquel**, por el incondicional apoyo que me brindaste en cada momento para la terminación de tan apreciado anhelo.

### **A** MIS HIJOS

**Karla, Dany y Carlitos**, por que ustedes son el motor y mi razón de ser.

### **A** MIS PADRES

Por que con su ejemplo de superación me inculcaron el habito de la dedicación y el esfuerzo.

---

# INDICE

## RESUMEN

<b>I</b>	<b>GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes	1
1.1.2	Fuentes de abastecimiento	2
1.2	Justificación	3
<b>II</b>	<b>MARCO FISICO</b>	<b>5</b>
2.1	Localización y descripción del área del estudio	5
2.2	Clima de la región	6
2.3	Vegetación	9
2.4	Suelo	9
2.5	Red Hidrográfica	9
2.5.1	Río Parral	10
2.5.2	Río Santa Bárbara	10
2.6	Geología	11
2.6.1	Marco geológico regional	11
2.6.2	Geología estructural	12
2.6.3	Geología histórica	14
2.7	Fisiografía	17
2.7.1	Orografía	17
2.7.2	Geomorfología.	17
	2.7.2.1. Morfología.	17
2.7.3	Litoestratigrafía.	19
	2.7.3.1.- Introducción.	19
	2.7.3.2. Mesozoico.	19
<b>III</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	<b>21</b>
3.1	Geofísica	21
3.1.1	Generalidades	21

3.1.2	Fundamentos físicos básicos	21
3.1.3	Interpretación	22
3.2	Unidades hidrogeológicas	23
3.3	Extensión del acuífero	26
3.4	Hidrometría de las aguas subterráneas	26
3.4.1	Piezometría	26
3.4.2	Historia de bombeo	30
3.5	Características hidráulicas del acuífero	32
3.6	Funcionamiento geohidrológico del acuífero	34
<b>IV</b>	<b>CONSTRUCCION DEL MODELO DE FLUJO</b>	<b>36</b>
4.1	Modelo conceptual	36
4.2	Balance de aguas subterráneas	38
4.2.1	Recarga vertical	39
4.2.1.1	recarga natural	39
4.2.2	Infiltración por riego	40
4.2.3	Evaluación de las entradas horizontales	42
4.2.4	Evaluación de las salidas de agua	43
4.2.5	Resumen	45
4.3	Generalidades del modelo Visual Modflow	48
4.4	Estructura del modelo	49
4.4.1	Selección del área modelada	49
4.4.2	Tipo de modelo	50
4.4.3	Discretización espacial	51
4.4.3.1	Definición de la malla	51
4.4.3.2	Dominio de solución	52
4.4.3.3	Definición de las capas del modelo	52
4.4.4	Discretización temporal	53
4.4.5	Asignación de los parámetros hidráulicos	54
4.4.5.1	Conductividad hidráulica	54
4.5	Calibración del modelo	56

4.5.1	Calibración de la conductividad hidráulica	61
4.5.2	Calibración del rendimiento específico	62
4.5.3	Calibración del balance de agua	62
4.6	Validación del modelo	63
4.7	Simulación predictiva	66
4.7.1	Problemas analizados	66
4.7.1.1	Dejando las tasas de extracción por bombeo como se ha extraído hasta el año 2000, obteniendo el máximo abatimiento en la zona para el año 2020	66
4.7.1.2	Aumentando la extracción en un porcentaje similar al incremento de la población, es decir de 2.6% por año, en un periodo de 20 años	68
4.7.1.3	Reducción de la extracción del volumen de agua para uso agrícola, respetando el porcentaje del incremento para uso urbano. Conservando en equilibrio el volumen total de extracción con el volumen de la recarga para el mismo periodo de 20 años	69
4.8	Análisis de sensibilidad	71
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
5.1	Qué reveló el modelo	73
5.2	Limitaciones del modelo	76
5.3	Recomendaciones para trabajos futuros	77
<b>VI</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>79</b>
<b>VII</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>

## INDICE DE FIGURAS

2.1	Localización del acuífero Valle del Verano	6
2.2	Variación de la temperatura media mensual en la zona de influencia del acuífero	7
2.3	Precipitación media mensual en el área del acuífero	8
3.1	Extensión del acuífero	28
3.2	Dirección de flujo del acuífero Valle del Verano	29
3.3	Localización de pozos donde se realizaron las pruebas de bombeo	33
4.1	Modelo conceptual del acuífero Valle del Verano	37
4.2	Cálculo de las entradas horizontales al acuífero	42
4.3	Área de modelación	50
4.4	Malla empleada en el modelo	52
4.5	Dominio de solución	53
4.6	Asignación de las condiciones de frontera en el modelo	56
4.7	Zonificación de conductividad hidráulica	57
4.8	Piezometría medida vs simulada para el año 1988	58
4.9	Piezometría medida vs simulada para el año 1994	59
4.10	Gráfica del error cuadrático medio para el año 1988	60
4.11	Gráfica del error cuadrático medio para el año 1994	61
4.12	Zonas con valores finales de conductividad hidráulica	62
4.13	Piezometría medida vs simulada para el año 2000	64
4.14	Gráfica del error cuadrático medio para el año 2000	65
4.15	Configuración piezométrica 1er escenario planteado	67
4.16	Configuración piezométrica 2do escenario planteado	69
4.17	Configuración piezométrica 3er escenario planteado	70
4.18	Gráfica de los parámetros que intervienen en el análisis de sensibilidad	72



## INDICE DE TABLAS

2.1	Estaciones climatologicas en la zona de estudio	7
3.9	Laminas de riego	31
3.10	Valores de transmisividad obtenidos de las pruebas de bombeo	32
3.11	Valores de conductividad hidráulica obtenidos de las pruebas de bombeo	34
4.1	Precipitación promedio anual para cada periodo	40
4.2	Recarga vertical por lluvia	40
4.3	Volumen de agua de riego	41
4.4	Cálculos de las entradas horizontales al acuífero para los tres periodos de evaluación.	43
4.5	Cálculos de las salidas horizontales del acuífero para los tres periodos de evaluación.	44
4.6	Volumen total para cada periodo	45
4.7	Volumen drenado para cada periodo	45
4.8	Balance volumétrico	46
4.9	Recarga vertical para periodo	47
4.10	Balance de masa global	47
4.11	Periodo de esfuerzo	54
4.12	Valores de la zonas de conductividad hidráulica	55
4.13	Comparación entre el balance de agua subterránea (calculado y simulado) para el esfuerzo 1988-1994.	63
4.14	Comparación entre el balance de agua subterránea (calculado y simulado) para el esfuerzo 1994-2000	65

## **I GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

La ciudad de Hidalgo del Parral, es una de las poblaciones más importantes del Estado de Chihuahua, situada en la parte sur de dicho estado, es un polo de desarrollo económico y una puerta de acceso importante para penetrar a la sierra Madre Occidental (Sierra Tarahumara). Fue fundada en el año de 1631, con el nombre de San José del Parral, como un centro minero, a raíz del descubrimiento realizado por el alférez real Juan Rangel de Biezma.

Actualmente la Ciudad de Hidalgo del Parral cuenta con una población de 121,608 habitantes, 25,874 viviendas, un índice de hacinamiento de 4.7 habitantes/vivienda, densidad de población 56.18 hab/km<sup>2</sup>, y una tasa de crecimiento anual de 2.86 %.

Sus principales actividades son la industria de la transformación sobre todo la silvicultura, la ganadería y en pequeña escala, la minería actividad fundamental durante muchos años.

En la última década, la precipitación promedio anual en el norte de México ha sido muy por debajo de la media, específicamente en el estado de Chihuahua y en lo particular en el municipio Hgo. del Parral. La precipitación promedio es de 481 mm y en los últimos 10 años de 446 mm, en varios años no alcanzó los 400 mm. Por lo consecuente se ha dispuesto demasiado del agua subterránea para satisfacer las necesidades en los diferentes usos como el agrícola, industrial y el abastecimiento a las poblaciones. Esto se ha visto acentuado en esta zona que no cuenta con recursos hidráulicos superficiales suficientes para satisfacer dichas demandas. Lo anterior ha originado que en la actualidad el abastecimiento de agua se realice a costa del almacenamiento de los acuíferos.

La dotación de agua potable para la población de la ciudad ha sido un problema por mucho tiempo, las llamadas fuentes tradicionales de abastecimiento que eran las minas de la "Esmeralda", "Cabadeña", "Veta Colorada" y la "Prieta" (estas dos últimas anteriormente), y de reciente incorporación la mina "Vesper", en conjunto con aquellos

caudales que aportaba la "La Presa Parral", hacían el abastecimiento inconstante e inseguro. En vista de lo anterior, a principios de los ochentas, las autoridades solicitaron a la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos que explorara el Valle del Verano, ubicado al sur de la ciudad, con el propósito de que fueran usados caudales extraídos del mismo para complementar el abastecimiento y dar seguridad a la ciudad, en este aspecto. La explotación del acuífero con este propósito se inició en el año de 1985, con lo cual se resolvió momentáneamente el problema.

La población se abastece del acuífero Valle del Verano el cual cuenta con una batería de 15 pozos que aporta un caudal aproximado de 310 lps. Cabe mencionar que cuando se inició la explotación del acuífero, se contaba con tres pozos los cuales aportaban cada uno un promedio de 80 lps, y el nivel estático se encontraba entonces a 14 m de profundidad. En la actualidad el pozo de mayor caudal es de 40 lps, y el nivel estático se encuentra a los 60 m de profundidad.

### **1.1.2 Fuentes de abastecimiento**

La ciudad de Hgo. del Parral se divide en dos sectores para su abastecimiento. El primero es el denominado "Valle del Verano" que consiste en una batería de 15 pozos, los cuales aportan en total un caudal de 310 lps que representa aproximadamente el 65 % del caudal total, y abastece al 65% de la población por lo que es congruente lo aportado por lo cubierto. El otro sector denominado planta potabilizadora aporta un caudal de 170 lps, cubre el 35% restante, y se alimenta a su vez de las llamadas "fuentes tradicionales" como son las minas "Esmeralda" y "Cabadeña". La mina "Vesper", de reciente incorporación, y por último la presa Parral, de donde se extrae durante un promedio entre cinco a seis meses, dependiendo de las precipitaciones que se presenten en el ciclo de lluvias.

Por lo que respecta al valle del Verano como lo mencionamos, son un total de 15 pozos profundos los cuales tienen una longitud de perforación de 200 a 250 m promedio. El nivel estático promedio se localiza a los 60m, el dinámico a los 115 m aproximadamente. Los caudales van desde los 12 lps a los 40 lps en promedio.

Lo que respecta a la planta potabilizadora, podemos mencionar que a la planta potabilizadora se alimenta del agua de las llamadas fuentes tradicionales, como son la Presa Parral y las minas "Cabadeña" y "Esmeralda". La Presa Parral fue construida en el año de 1951 y desde entonces abastece a la ciudad de Parral. Aunque su construcción fue precisamente como una fuente de abastecimiento, y para el control de las avenidas del río Parral con el antecedente de la inundación catastrófica del año 1944. Pero hoy la presa Parral se encuentra demasiado enzolvada(al 88%). Pero aun así aporta un caudal de 65 lps durante cinco o seis meses, dependiendo del comportamiento del ciclo de lluvias, y se alterna con la mina "Cabadeña" que aporta 65 lps promedio durante todo el año. Cuando a la Presa Parral no se le extrae agua se pone en operación la mina "Esmeralda" que aporta también 65 lps durante seis meses, cabe mencionar que de estas fuentes necesitan un tratamiento terciario debido a su calidad. Por ultimo, complementa el suministro la mina "Vesper", la cual abastece a un sector densamente poblado. Dicha fuente, aporta un caudal promedio de 35 lps el cual se inyecta directamente a la red dado que la calidad del agua cumple con las normas Oficiales Mexicanas vigentes. Y solo se le inyecta gas cloro.

## **1.2 Justificación**

El presente trabajo tiene como objetivo principal construir un modelo de flujo para evaluar diferentes opciones de manejo del acuífero a futuro, y las condiciones futuras que se puedan presentar para diferentes escenarios, esto en base a la obtención de parámetros y variables que intervienen para la evaluación del mismo mediante un modelo de simulación numérica. Para ello se requiere de la generación de una base de datos resultado del acopio de información existente. Y con ella se diseñó un modelo matemático de flujo, el cual una vez calibrado permitió realizar simulaciones, de diferentes escenarios planteados de acuerdo a las necesidades actuales y futuras de agua.

Para la calibración del modelo se utilizaron las cargas hidráulicas de los periodos 1982-1988, 1988-1994, mientras que para la validación las cargas hidráulicas del periodo

1994-2000; las predicciones incluyeron un periodo de 20 años con los siguientes escenarios planteados:

- ▶ Dejando las tasas de extracción por bombeo como se ha comportado hasta el año 2000, obteniendo la distribución de cargas hidráulicas para el año 2020.
- ▶ Aumentando la extracción en un porcentaje similar al incremento de la población, es decir de 2.6% por año, en un periodo de 20 años
- ▶ Otro escenario es la reducción de la extracción del volumen de agua para uso agrícola, respetando el porcentaje del incremento para uso urbano. Conservando en equilibrio el volumen total de extracción con el volumen de la recarga para el mismo periodo de 20 años

Para lograr estos objetivos el trabajo se desarrolla en seis capítulos, los dos primeros describen las generalidades de la zona, así como las características fisiográficas del área de estudio determinante en el comportamiento del flujo subterráneo, en el capítulo posterior se integra el modelo de simulación de flujo, con las características particulares del mismo, así como el desarrollo del balance de masa. Una vez que se tiene el capítulo del modelo con las entradas y salidas de datos y resultados respectivamente, otro capítulo es respecto a la calibración del modelo para los periodos 1982-1988 y 1988-1994, seguidamente su validación para el periodo 1994-2000, una vez que se constata que el modelo reproduce con cierta confiabilidad los resultados medidos con los simulados, se integra un capítulo sobre las predicciones, las cuales se plantearon anteriormente, complementándose por último, se complementa este trabajo con las conclusiones y recomendaciones del mismo.

**Nota:** el porcentaje de incremento promedio de la población del 2.6% para un periodo de 20 años en el segundo escenario planteado, fue tomado del estudio del plan parcial de desarrollo realizado por la empresa IEP Consultores en el año 2004, para los municipios medios (entre ellos Hgo. del Parral) del estado de Chihuahua,

## II MARCO FISICO

### 2.1 Localización y descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza en la porción sur del estado de Chihuahua, en las inmediaciones de la ciudad de Hidalgo del Parral (ver figura 2.1), coordenadas aproximadas 26° 39' 07" a 26° 58' 00" de latitud norte, 105° 32' 00" a 105° 54' 00" de longitud oeste. Cuenta con una extensión aproximada de 188.46 km<sup>2</sup>

Las principales vías de comunicación con las que cuenta para su acceso al área son: la carretera federal No. 45, que la cruza aproximadamente de norte a sur, comunicando a la ciudad de Parral, con Villa Matamoros, Chih., y mas allá, con Villa Ocampo, Durango. Continuando hasta Durango, Dgo. Con una desviación hacia Gómez Palacio, Dgo.; la carretera No.12, que une a Parral con las poblaciones mineras de San Francisco del Oro y Santa Bárbara, y la derivación de esta (Carretera No. 24) que establece la comunicación con el Vergel y la región de Guadalupe y Calvo, Chih.

La zona se encuentra comunicada también por vías de ferrocarril, con la cd. de Jiménez, Chihuahua, al NE y sur con Villa Orestes Pereyra, Dgo. Dentro del área, el ferrocarril comunica a la cd. de Hidalgo del Parral con Santa Bárbara y San Francisco del Oro.

Cuenta con dos aeropuertos para vuelos regionales, uno cercano a la carretera a el Vergel denominado Frisco, que permite vuelos a la cd. de Chihuahua y a la zona serrana del estado de Chihuahua. El otro denominado el Refugio, con vuelos a la sierra de Durango.

El área de interés está formada por un valle, denominado "Valle de Verano" y parte del valle del río Parral, el cual se encuentra bordeado al Norte por las sierras Las Hoyas y La Boca, al Suroeste por la sierra Los Azules-Roncesvalle y al Este por los cerros las Tinajas, Borregos, Mata Vacas, La Mesilla y Loma Alta, estos dos últimos al SE, y al Sur por las lomas aledañas a Villa Matamoros, que fungen como parte aguas con la cuenca del río Primero (Río Florido).

De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección general de Geografía del Territorio Nacional y del INEGI, el río Santa Bárbara forma parte de subcuenca del río

Valle de Allende y junto con la subcuenca del río Parral forman parte de la cuenca del río Florido el cual se unirá al río Conchos para desembocaren el río Bravo (Región hidrológica RH – 24) con destino final para sus aguas en el Golfo de México.

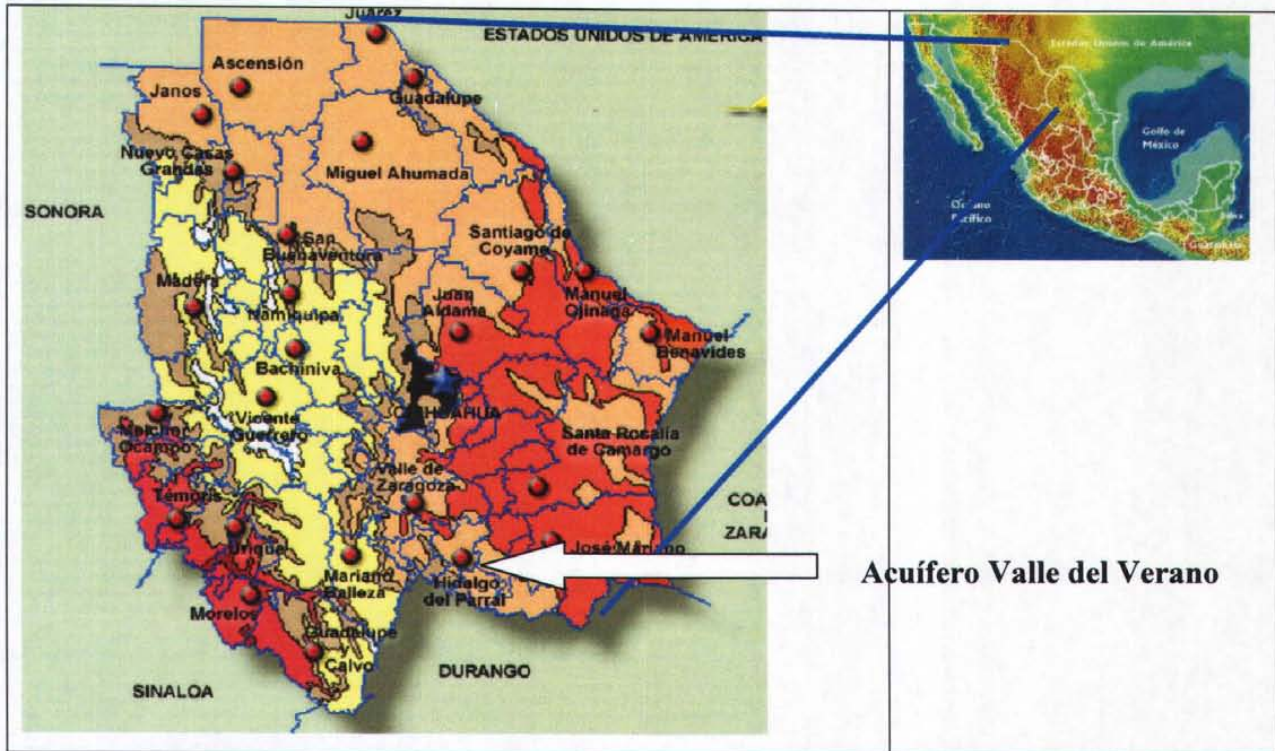


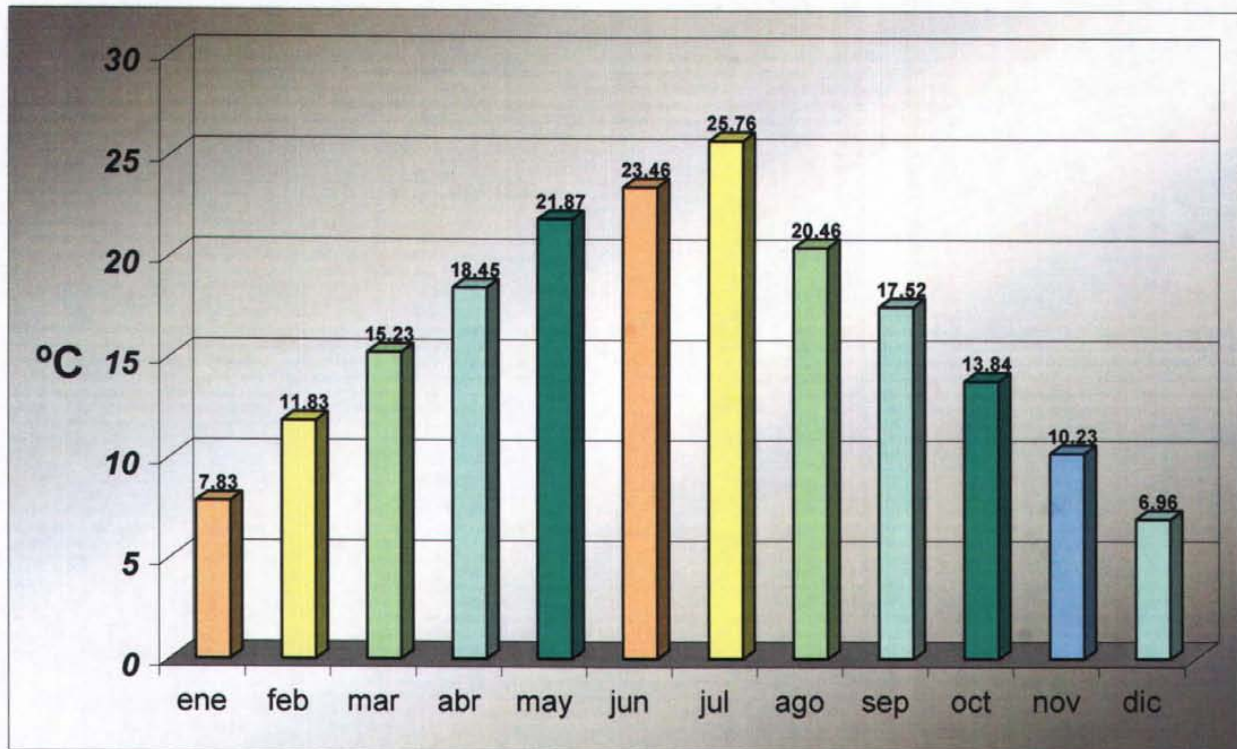
Figura 2.1 localización del acuífero Valle del Verano.

## 2.2 Clima de la región

El clima de la región en estudio, se clasifica como de transición a semihumedo, templado. De acuerdo con la clasificación de Koppen, modificado por E. García (1973), el clima del Valle del Verano es BSLkw (w): subtipo semiseco templado, lluvias de verano. La precipitación invernal es menor de 5% del acumulado promedio anual y verano calido.

La temperatura media anual es de 15.70 °C, temperatura máxima de 39 °C, y mínima de -12 °C según se muestra en la figura 2.2, obtenida de la tabla de registro histórico de

temperatura datos proporcionado por el Servicio Meteorológico Nacional división Chihuahua (ver anexo)



**Figura 2.2** .- Variación de la temperatura media mensual en la zona de influencia del acuífero.

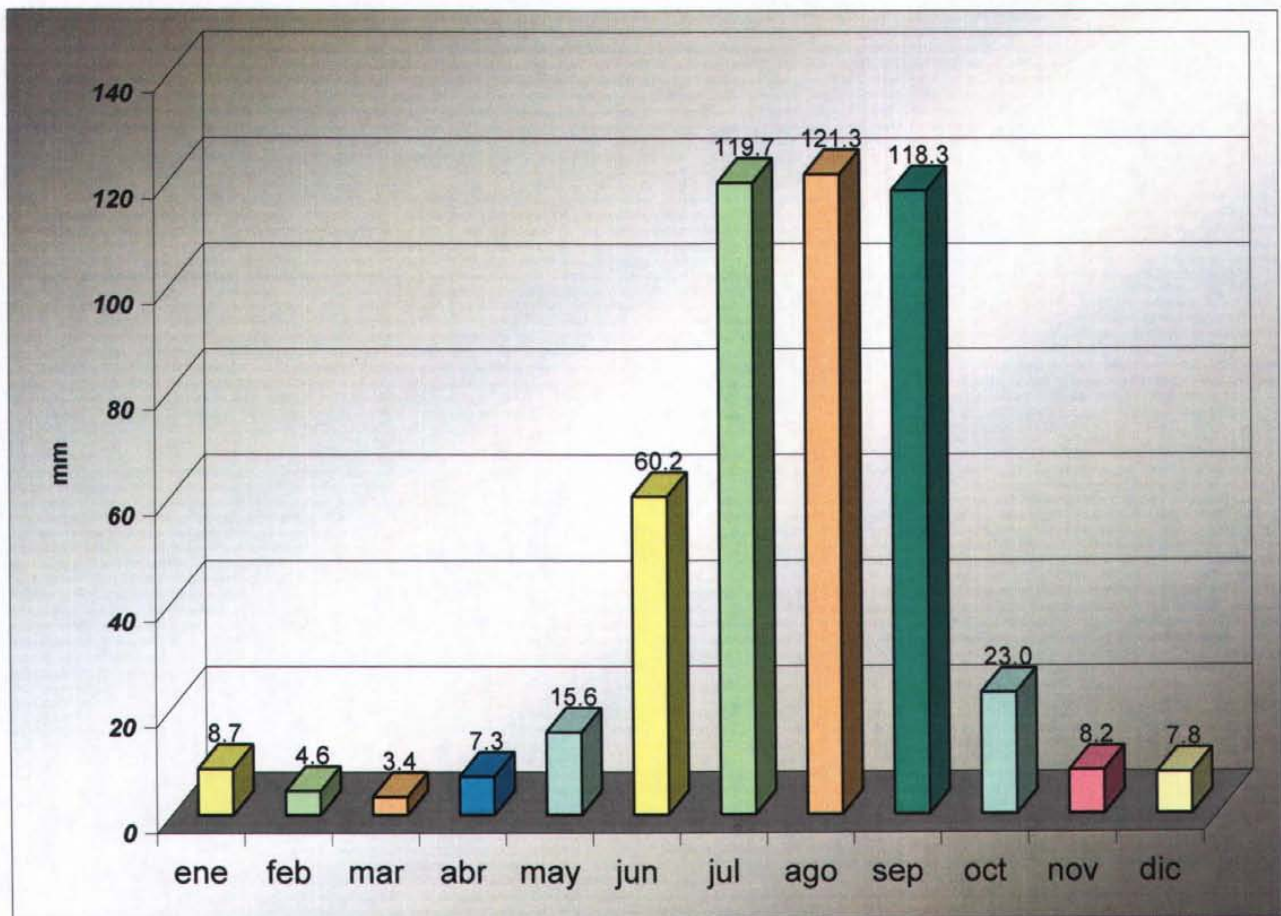
La precipitación media anual en las estaciones cercanas al área de estudio se muestra en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1** .- Estaciones climatológicas en la zona de estudio.

NOMBRE DE LA ESTACION	UBICACIÓN			TEMP °C	PRECIPIT. Mm	
	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD			
Hgo. Del Parral (08078)	Parral	26° 56' 15"	105° 40' 30"	1714 m.s.n.m.	16.47	489
Santa Bárbara (08130)	Sta Bárbara	26° 52' 40"	105° 14' 10"	1784 m.s.n.m.	15.73	516
Sn Fco del Oro (08054)	Sn Fco.	26° 24' 20"	105° 25' 50"	1645 m.s.n.m.	16.12	505
Allende (08260)	Allende	26° 51' 10"	105° 23' 10"	1610 m.s.n.m.	16.87	476
Matamoros (D4301)	Matamoros	26° 46' 00"	105° 36' 20"	1675 m.s.n.m.	16.34	498



De estas cinco estaciones se obtiene una precipitación media anual aproximada de 497.49 mm/año con un promedio anual de 72 días lluvia y una humedad relativa del 65%. Los vientos dominantes son del suroeste. En la figura 2.3 se ilustra el comportamiento de la precipitación en la zona del acuífero. Dicha figura se construyó con los datos obtenidos en la tabla 2.2 del registro histórico de las precipitaciones según anexo I.



**Figura 2.3.-** Precipitación media mensual en el área del acuífero.

La evapotranspiración real media anual en milímetros es del orden de  $\pm 480$  (INEGI, 1983).

En la cuenca se encuentran presentes las isotermas medias anuales de  $10^\circ$ ,  $14^\circ$  y  $16^\circ \text{C}$ ; así como las isoyetas medias anuales de 600, 500 y 400 mm (INEGI 2002).

Como se demuestra en los planos 2.1 y 2.2 respectivamente (ver anexo II).

### **2.3 Vegetación**

La flora está constituida por pastizales, matorrales, aile, abeto, chaman, ciprés, y diferentes encinos, táscate, confieras, y pinaceas. Dentro de la agricultura destaca la producción de avena forrajera, trigo, maíz, papa, avena, hortalizas, pera, durazno y manzana. Las hierbas medicinales tienen un uso generalizado para algunos malestares humanos. Las más comunes son : copalquin, cuasia, chuchupastle, diente de león, encinilla, estiafate, fresno, gordolobo, hierbabuena, hierbabuena de la golondrina, hierba de la víbora, hierba de la piedra, hinojo, hoja de laurel, de nogal, de senjarilla, lanten, manzanilla, mezquite, orejano, orejuela de ratón, palo colorado etc.

### **2.4 Suelo**

En su parte occidental, predominan los suelos tipo Kastañozems luvicos, con textura media en pendientes de nivel o cerril, con asociación de litosoles, sin inclusiones y en base lítica en el resto del municipio predominan los xerosoles haptico de textura media en pendientes que van desde el cerril, hasta la fuertemente disectada; se encuentra asociados con yermosoles y Kastañosems con inclusiones de litosoles en su fase lítica.

### **2.5 Red hidrográfica**

La cuenca del río Santa Bárbara pertenece a la vertiente del Golfo, bajando de las vertientes septentrionales de la sierra Azules – Roncesvalles, pasando al municipio de Matamoros, y posteriormente al de Allende. Las aguas que caen al sur de la sierra mencionada forman el río Florido en territorio de Durango el cual penetra después a Chihuahua por el municipio de Coronado como se ilustra en el plano 2.3 (anexo II)

El río Florido desciende también de las sierras Azules – Roncesvalles, atravesando los municipios de Parral, Allende y Camargo; en este último se une al río Florido, para derivar posteriormente al río Conchos. Ya se mencionó que el área que ocupa este trabajo, por necesidades de interés geohidrológico alcanza parte de la cuenca del río Santa Bárbara y parte de la del río Parral.

Inicialmente se describirá en forma somera los aspectos relativos al río Parral y posteriormente será descrita con amplitud la cuenca del río Santa Bárbara, que es propiamente la zona de interés.

### **2.5.1 Río Parral**

La cuenca del río Parral, en el área que cubre en parte este estudio, presenta un patrón de drenaje de tipo dendrítico con una densidad media, que se acentúa aguas arriba, en la zona montañosa (Sierra de los Azules).

Las principales corrientes que confluyen hacia el río Parral son los arroyos de la Laja, El Pino, Santa Rosa, en la parte norte del área, mientras que en la porción sur drenan los arroyos: Agua Fría, Santo Domingo, San Francisco, Santiaguito, Toro y Casa Colorada. Al suroeste de la población de Hidalgo del Parral, aguas arriba del río Parral, fue construida la presa Parral sobre el cauce del río, la cual permite almacenar volúmenes de agua (en forma estacional) con propósitos de almacenamiento para abastecer a la población.

### **2.5.2 Río Santa Bárbara**

#### **a ) Modelo de drenaje**

La cuenca del río Santa Bárbara presenta un modelo de drenaje de tipo dendrítico, con una densidad media mayor hacia la porción que ocupa la sierra los Azules - Roncesvalles, en donde además se observan localmente variaciones en el modelo de drenaje como radial divergente con colectores de tendencia anular, tal como se puede apreciar en el cerro Sombrero, al sur del poblado de Santa Bárbara , o bien modelos en abanico que se desarrollan en las partes más elevadas de la cuenca. Generalmente en las subcuencas los centros de dispersión del escurrimiento no coinciden con el centro de simetría de la subcuenca. La densidad de drenaje va siendo más baja cuanto más se distribuye el drenaje hacia el valle, debido a que atraviesa materiales más permeables.

## **b).- Cauces principales**

La cuenca cuenta con dos colectores o cauces principales que son el río Santa Bárbara y el río Roncesvalle, ambos fluyendo del suroeste al noroeste para unirse en el poblado de El Verano, captan a su paso numerosos tributarios sobre todo en las porciones que corresponden a la sierra.

En algunos casos puede apreciarse un claro control estructural y litológico del drenaje; como los arroyos: Charco Azul, El Cura, Los Solis, Chicanaya, etc. que presentan un cierto paralelismo entre ellos; o una distribución sensiblemente radical como en Cerro Los Magueyes (cuerpo intrusivo) al Oeste del poblado de Roncesvalles.

Por otro lado, el parte aguas entre los ríos Santa Bárbara y Roncesvalle, tiene una orientación este-oeste en el tramo que corresponde a la sierra, y es el límite sur de la extensión de los flujos basálticos. Puede apreciarse que en la cuenca del Roncesvalle, estos últimos no están expuestos.

Los cauces de los ríos principales, son generalmente estrechos hacia sus cabeceras; y anchos y trezados, incluso más sinuosos, hacia la planicie aluvial, con bancos de unos dos a tres metros de altura.

## **2.6 Geología**

### **2.6.1 Marco geológico regional.**

El área de estudio se ubica justo en la zona de transición entre la provincia fisiográfica de Sierras y Valles, al oriente, y la provincia de la Sierra Madre Occidental. De esta manera en el sitio de interés participan las características fisiográficas y geológicas de ambas provincias, que en cierta forma hacen más complejo su estudio.

Dentro de una región eminentemente de naturaleza volcánica, afloran importantes secciones de rocas sedimentarias del Cretácico, siendo las más antiguas de la región. Comprenden generalmente una secuencia rítmica de sedimentos terrígenos tipo

"flysch" caracterizadas por capas delgadas de lutitas, en ocasiones apizarradas y de color gris verdoso, y areniscas calcáreas de grano variable y de color gris a pardo oscuro. En ciertas partes de la sección aumenta el contenido de estratos delgados de calizas gris oscuro. Esta unidad sedimentaria constituye un potente espesor; al cual se le ha asignado localmente el nombre de Formación Parral, que corresponde a la parte superior del Grupo Mezcalera.

De acuerdo con sus características litológicas, el Grupo Mezcalera se depositó en un ambiente de cuenca de post-arco (Mar Mexicano), limitada durante el Cretácico, por la Plataforma de Aldama -Coahuila (Soc. Geol. Mex. 1993). La formación Parral se encuentra afectada por numerosos diques y sillós riolíticos y andesíticos que produjeron en gran parte la mineralización de las zonas mineras de Parral, Santa Bárbara y San Francisco del Oro.

Sobre una amplia discordancia erosional, la lutita Parral fue cubierta por una importante secuencia volcánica del Terciario Medio y Superior, siendo su base de composición andesítica, constituida principalmente por derrames y tobas. La andesita y las rocas subyacentes (Lutita Parral), fueron intrusionadas por los diques andesíticos y riolíticos anteriormente citados. Descansando sobre la andesita, o la Lutita Parral, se encuentra una serie de ignimbritas y tobas.

### **2.6.2. Geología estructural.**

Estructuralmente hablando, el rasgo más notable lo constituye la Sierra San Francisco del Oro-Roncesvalle, donde afloran las rocas más antiguas de la región, estando representadas por lutitas a calizas intercaladas que componen la Formación Parral. La estructura general que muestra esta formación es un anticlinorio muy complejo (Escandón, F., 1968), sin embargo, Sánchez et al 1981, describen la estructura como un anticlinorio buzante cuyo eje tiene un rumbo N 28° W con buzamiento de 10° al N; conformado por varios tipos de pliegues asimétricos recumbentes, así como fallas y fracturas que comprenden las estructuras mayores.

La deformación y fallamiento que sufrió la Lutita Parral, se considera como consecuencia de los esfuerzos compresiotectónicos, acaecidos durante la Revolución Laramide. La orientación preferencial de los diques es aproximadamente N 30° W, de manera que los esfuerzos compresionales debieron actuar con rumbo noreste -suroeste.

Hacia el sureste de Santa Bárbara y hasta el arroyo Roncesvalle, la Formación Parral, muestra la continuidad de la estructura antes mencionada, hacia el sureste. Muchas de las fracturas y fallas provocadas por la intensa deformación, fueron posteriormente (Cenozoico) mineralizadas formando vetas conspicuas en la región las cuales tienen un rumbo preferencial casa norte-sur.

Otro rasgo estructural notable en el área de estudio comprende un cuerpo ígneo intrusivo granodiorítico, emplazado dentro de la Formación Parral; y que se localiza hacia la margen derecha del arroyo Roncesvalle, mostrando elevaciones máximas de 2140 msnm, y una extensión de aproximadamente 10 km<sup>2</sup> cerca de la zona de contacto; la Formación Parral, presenta cierta deformación y metamorfismo de contacto.

El Valle del Verano, prácticamente está limitado por sendas fallas normales o de tensión producidas durante la etapa de distensión tectónica cuya máxima intensidad se suscitó en el Oligoceno y que empiezan a crear los rasgos de la provincia fisiográfica de "Sierras y Valles". El límite sur del Valle del Verano y del área vecina del río Parral, es una falla de rumbo aproximado noroeste-sureste, conocida como falla Santiago, la cual se prolonga hacia el sureste hasta las inmediaciones del poblado de Roncesvalle (El Chilicote). Los rasgos geomorfológicos sugerentes de la presencia de la falla Santiago son más notables en la porción noroeste del área de estudio, expresadas principalmente por el frente escarpado y el cambio brusco de la sierra al valle; en tanto que en la porción sureste del área, la presencia de la falla es apenas inferida por restringidos afloramientos de brechas silicificadas, como la que se encuentra cercana al rancho La Tapia .

La falla norte de el Valle del Verano parte desde las estribaciones volcánicas situadas al oeste de Parral, con un rumbo oeste-noroeste, al este-sureste pasando un poco al norte

de la Presa Parral; aquí la falla parece ser desplazada hacia el sur por una falla de rumbo norte-sur; para ser desplazada nuevamente hacia el norte y proseguir por el arroyo El Negro en dirección al Refugio. De esta manera queda limitado el valle de origen tectónico de El Verano, el cual fue rellenado por un potente espesor de sedimentos clásticos continentales.

Otro rasgo geomorfológico estructural notable en el área de estudio se expresa por medio de una serie de mesetas coronadas por 9 corrientes basálticas que a juzgar por sus afloramientos y extensión indican que parte de la región fue cubierta por erupciones basálticas procedentes principalmente de fisura, estas últimas se encuentran principalmente en la Sierra San Francisco- Ronesvalle, manifestadas en la forma de diques básicos. Sin embargo también se encuentran rasgos de vulcanismo central, evidenciado sobre todo por el cono volcánico de Cerro Prieto.

La posición topográfica de las mesetas basálticas y su contacto con las rocas subyacentes, sugieren que la región fue prácticamente peneplaneada antes del vulcanismo basáltico con un relieve muy bajo, si acaso, con suaves ondulaciones.

### **2.6.3 Geología histórica.**

En la porción oeste y suroeste del Estado de Chihuahua, se encuentra el accidente topográfico más importante de la República Mexicana, cuyo origen se debe al gran arco magmático continental que desde el Triásico viene progradando de occidente a oriente por la subducción de la placa tectónica del Pacífico (Farallón) debajo de la placa Norteamericana.

Durante el Jurásico Medio, en el Calloviano, los mares empiezan a invadir la mayor parte del norte de México, quedando como tierras emergidas. Por lo que respecta al estado de Chihuahua, la región de la Sierra Madre Occidental y la península de Aldama y la isla de Coahuila. Para el Cretácico Inferior la gran invasión marina cubre ya todo el estado de Chihuahua, formándose ambientes marinos de sedimentación bien definidos por los elementos paleo geográficos del Mar Mexicano (occidente del estado), la Plataforma de

Aldama-Coahuila, la Cuenca de Chihuahua y la Plataforma del Morrión, al oriente del estado de Chihuahua. (SGM,1993).

De esta manera, las rocas sedimentarias más antiguas que afloran en la región de Parral-El Verano, pertenecen al Mesozoico Superior (Cretácico), siendo depositadas en la Cuenca del Mar Mexicano, caracterizada por la presencia de sedimentos terrígenos con influencia vulcano clástica, a medida que son más antiguas. Este grupo de sedimentos de la Cuenca del Mar Mexicano, ha sido definido como Grupo Mezcalera, y por las características que presenta desde Valle de Zaragoza hacia Parral-Santa Bárbara, el depósito de este grupo se originó en un ambiente de cuenca de post- arco (Mar Mexicano), limitada durante el Cretácico por la Plataforma de Aldama-Coahuila, y concretamente, hablando de la Formación Parral, se depositó en un ambiente nerítico profundo a batial de profundidades moderadas, y durante una etapa de estabilidad tectónica que motivó la acumulación de un potente espesor, previo a la fase diastrófica de los movimientos Laramidicos.

Durante la primera fase de la Orogenia Laramide, en el Cretácico Superior, empieza la regresión de los mares y se inicia el plegamiento y deformación de la formación Parral. El plegamiento intenso y el fallamiento intenso de bajo ángulo que se manifiestan en los sedimentos de la Formación Parral son típicos de los depósitos terrígenos de la cuenca (Soc. Geol. Méx., 1993).

En el Terciario Inferior la Formación Parral, una vez plegada y levantada sufre erosión siendo posteriormente afectada por un vulcanismo de composición predominantemente andesítica. Evidencia de esto última se manifiesta por la presencia de un conglomerado - brecha de color rojo-morado cuyos cantos son mayormente de naturaleza andesítica y lutítica. Este conglomerado, aunque no persiste en toda la región, representa la base de la secuencia volcánica riólitica de edad terciaria (Oligoceno), la cual comprende un fuerte espesor de ignimbritas, tobas y riolitas fluidales que cubrieron totalmente a las estructuras laramidicas.



El vulcanismo que afectó a la región se inicia y prosigue durante los eventos tectónicos de tipo distensivo que ocurren durante el Terciario, y estos provocan una serie de fallas normales y transcurrentes que seccionaron las estructuras laramidicas, motivando a la vez la serie de fallas y sierras que actualmente dominan el relieve topográfico; es decir, es en esta época cuando se forman los bloques estructurales afallados de rumbo NO-SE, provocados por la última fase de distensión tectónica del Cenozoico, que imprime al paisaje los elementos orográficos actuales clásicos de la provincia fisiográfica de Sierras y Valles, hace unos 17 millones de años.

El valle tectónico del Verano, fue rellenado en esta época por un fuerte espesor de sedimentos clásticos en ambientes principalmente fluviales; ocasionalmente se identifican rocas volcánicas interestratificadas dentro de estos sedimentos (esto muestra algún vulcanismo intermitente). El fuerte espesor del relleno aluvial sugiere una subsidencia continua del bloque hundido del valle, y a la vez el aporte ininterrumpido de sedimentos. Durante este tiempo las sierras son casi devastadas y peneplaneadas, iniciándose una reactivación tectónica de la zona, que se manifiesta por la presencia de fracturas que dan origen a un vulcanismo basáltico caracterizado por profusas y extensas emisiones lávicas que cubren a las rocas anteriores y acusando la geomorfología actual de la región sobre todo expresada bajo la forma de extensas mesetas; que sobreyacen a las lutitas en las sierras San Francisco del Oro- Roncesvalle, y a los conglomerados en el valle.

Este episodio de vulcanismo basáltico ocurre casi a finales del Terciario, y de acuerdo con fechamientos radiométricos efectuados en estas rocas, la edad varía de 8.8 a 4.8 millones de años, situándolos en el Mioceno Superior-Plioceno, aunque es posible que se extienda hasta el Pleitoceno. Posterior a esta actividad volcánica se reanuda la erosión y la acumulación de los productos en el Valle del Verano dejando una delgada cubierta aluvial. Esta erosión; como se puede ver en las sierras, ha sido intensa, y corta profundamente las rocas más nuevas (basaltos) hasta las más antiguas (lutitas de la Formación Parral).

## **2.7 Fisiografía**

### **2.7.1.- Orografía.**

El Valle del Verano se encuentra enclavado en las estribaciones orientales de la Sierra Madre Occidental, constituyendo uno de los tantos valles intermontanos característicos de la fisiografía de esta última. Por esta razón, los valles generalmente son de mayor elevación que los valles situados cada vez más al oriente de la Sierra mencionada, con los que contrastan en altitud y extensión, siendo más estrechos y elevados cuando más próximos se encuentran a la Sierra Madre Occidental.

El Valle del Verano, está limitado hacia el suroeste por notables elevaciones montañosas que conforman una cadena de rumbo noroeste-sureste, con altitud máxima de 3020 m precisamente en la localidad denominada Cerro Alto, que constituye la parte más occidental de la cuenca hidrográfica del Valle del Verano; justamente en la cabecera del río Santa Bárbara. La porción sur de la cuenca está limitada parcialmente por la Sierra Roncesvalle con altitud máxima de 2540 m donde nacen algunos tributarios del río Roncesvalle, afluente del río Sta. Bárbara.

Por el contrario, las elevaciones principales que limitan al noreste al Valle del Verano, son más bajas y un tanto discontinuas, formando prominencias aisladas como la de Cerro Borregos con 2020 metros sobre el nivel del mar(msnm) que constituye la porción norte de la cuenca; y la de Cerro Mesilla, al oriente de la cuenca, con 1840 msnm de aquí podemos apreciar que los desniveles de las sierras, con respecto al valle, son fuertes, del orden de 1300 m al suroeste (Cerro Alto) y 300 m al noreste (Cerro Borregos; esto último, considerando una altitud para el piso del valle del orden de 1700 m.

### **2.7.2. Geomorfología.**

#### **2.7.2.1. Morfología.**

El rasgo morfológico sobresaliente del área de estudio está representado por el flanco nor-oriental de la Sierra Roncesvalle -Los Azules; que muestra un relieve sumamente escarpado hacia las partes altas de la sierra generalmente desarrollado sobre una secuencia ignimbrítica riolítica. Prácticamente bordeando la curva de 2250 msnm se

presenta la base de la secuencia volcánica, de esta manera arriba de esta cota el relieve muestra escarpes de fuerte pendiente con cantiles muy frecuentes que se manifiestan sobre rocas resistentes a la erosión, y que en conjunto constituyen barrancas profundas de difícil acceso.

Generalmente, por debajo de los 2250 msnm, el relieve es relativamente más suave, ya que se encuentra desarrollado sobre lutitas-areniscas y calizas de la Formación Parral; de naturaleza más suave comparada con las ignimbritas sobreyacente sobre la lutita Parral (lutita, por ser el material predominante). Las formas más comunes son lomeríos más o menos suaves ligeramente arredondados, aunque los parteaguas de las lomas en general se presentan como aristas. Dependiendo del material que predomine o entre en la constitución de la Formación Parral, se desarrollan lomas de pendientes más fuertes incluso escarpadas, donde el material dominante es caliza o arenisca.

Se puede apreciar claramente que desde los 1900 msnm (cambio de pendiente de la sierra al valle) hasta los 2250 msnm, predominan los lomeríos desarrollados sobre la Formación Parral, aunque localmente existen lomeríos desarrollados sobre diferente roca; como en la zona situada entre el río Roncesvalle y el arroyo Los Obligados, donde en gran parte de ella aflora un cuerpo intrusivo de naturaleza granítica; formando lomeríos escabrosos.

Tocante al relieve del Valle del Verano, este es suavemente ondulado; apenas acusándose algunas lomas que sobresalen ligeramente sobre el terreno que en su mayor parte están constituidas por un conglomerado pobremente cementado y por ende poco resistente a la erosión. Estos lomeríos son más comunes en la zona de transición o cambio de pendiente del valle a la sierra; sin embargo, tanto al oriente de El Verano, como al noroeste de Casa Colorada, los conglomerados ocupan casi toda la extensión del valle, salvo en los arroyos y ríos, donde domina el material aluvial.

En las áreas arriba mencionadas, el conglomerado presenta su expresión más característica en la forma de lomas suaves y arredondeadas en un acomodo

marcadamente rectangular controlado por un sistema de fracturas de rumbo, NE-SO y otro NO-SE, que además controla al patrón de drenaje.

### **2.7.3. Litoestratigrafía.**

#### **2.7.3.1.- Introducción.**

La definición de las unidades litoestratigráficas en la zona de interés estuvo ligada tradicionalmente al desarrollo de la actividad minera en la región, como un apoyo para la exploración de los yacimientos minerales, a través de varios siglos, inclusive la primera mitad del siglo veinte.

En la segunda mitad del siglo veinte los trabajos geológicos siguen siendo preferentemente mineros, sin embargo otros enfoques interpretativos se comienzan a dar, como los trabajos cartográficos realizados por CETENAL (1977), en 1982 la compañía ALAS, S.A. por encargo de la Sria. de Agricultura y Recursos Hidráulicos realiza el "Estudio Geohidrológico de Hidalgo del Parral-Cd. Jiménez, Chih.", posteriormente en 1983 la misma secretaría ejecuta a través de la Residencia de Geohidrología y Zonas Áridas en el Estado de Chihuahua el Estudio Geohidrológico para el abastecimiento de Agua Potable a la Cd. de Parral.

En el año de 1993 la Sociedad Geológica Mexicana, Delegación Chihuahua realizó la Illa. Excursión Geológica al Mesozoico de Chihuahua (Chihuahua-Parral-Jiménez-Chihuahua), donde se esbozan conceptos litoestratigráficos.

#### **2.7.3.2. Mesozoico.**

##### **Formación Parral (Kp).**

Se denomina así, en forma local, a los afloramientos de lutitas, calizas y areniscas interestratificadas que se encuentran ampliamente distribuidas en el área de estudio (vea planos No. 3.1a y 3.1b). Esta unidad corresponde a la parte superior de la secuencia sedimentaria terrígeno-carbonatada, que ha sido denominada; Grupo Mezcalera (S.G.M., 1993), y que tiene amplia distribución en la porción sur-central del Estado de Chihuahua.

Al Grupo Mezcalera le ha sido asignada una edad Cretácico Inferior al Superior y en la Sierra Mezcalera ubicada en el área del Lago Toronto (S.G.M. 1993), se manifiesta como una unidad constituida por mudstone-wackestone arcilloso, areniscas y lutitas gris oscuro a negro con un contenido faunístico con bivalvos (*Inoceramus*, sp.) gasterópodos (*Actaconella*, sp. y turritelas) y cefalópodos (*Amonites*). (S.G.M., 1993).

Se piensa que el depósito de esta unidad se llevó a cabo en un ambiente nerítico profundo con influencia terrígena.

En el área de estudio la Formación Parral o Lutita Parral, como es conocida formalmente corresponde en edad a la parte superior del grupo Mezcalera (Turoniano) (S.G.M., 1993).

### **III.- HIDROGEOLOGÍA**

#### **3.1 Geofísica**

##### **3.1.1.- Generalidades.**

En la zona de interés se han realizado un total de 20 sondeos eléctricos verticales, dichos sondeos se realizaron con el fin de determinar las características geohidrológicas del subsuelo en la zona del Valle del Verano, Chihuahua. Dos de los sondeos se localizaron en el valle del río Parral, porción noroeste del área de estudio.

Los sondeos eléctricos verticales se distribuyeron casi en su totalidad en el Valle El Verano (18 de ellos). La localización de los mismos estuvo condicionada por las características geológicas del área, de tal manera que en cada uno de ellos se obtuviera el espesor del aluvión y el conglomerado que constituyen el acuífero del área de estudio.

Algunos sondeos, se realizaron en o cerca de unidades litológicas expuestas; con el objeto de obtener su respuesta geoelectrica, y poder correlacionarlos hacia otras zonas del valle, sobre todo en su porción central.

##### **3.1.2.- Fundamentos físicos básicos.**

El método de resistividad, proporciona una medida cuantitativa de las propiedades conductoras del subsuelo. En condiciones favorables, esta técnica puede ser empleada para hallar las profundidades a que se encuentran capas del subsuelo, que tienen conductividad eléctrica anómalamente baja o alta. El procedimiento básico consiste en medir el gradiente de potencial en la superficie del terreno, asociado a una corriente de intensidad conocida que circula por el subsuelo.

Las irregularidades de la conductividad por debajo de la superficie confluyen en la relación entre la corriente y la caída de potencial en la superficie. En las rocas sedimentarias, debido a la gran resistividad de los minerales detríticos comunes en ellas (cuarzo, feldespatos, calcita) la mayor parte de la corriente eléctrica circula a través de los fluidos intersticiales, por lo que la resistividad de tales rocas depende en gran parte de su porosidad y de la composición química de los fluidos saturantes. La presencia de

arcillas, en rocas o sedimentos, disminuye sensiblemente su resistividad, debido a que cuando están saturados, las partículas de arcilla están rodeadas por películas de iones parcialmente móviles que se desplazan bajo la acción de un gradiente de potencial; determinando un aumento de la conductividad.

La utilización de los sondeos eléctricos verticales en la exploración del agua subterránea, es día con día imprescindible. En la práctica real se emplean varias configuraciones diferentes en la superficie para los electrodos de corriente y de potencial. En todas estas disposiciones, ambas series de electrodos son colocados a lo largo de una línea.

Cada sondeo consiste de la medición de la resistividad aparente del terreno para diferentes aberturas electródicas. A mayor abertura, mayor es la influencia de los estratos profundos del subsuelo en el valor de la resistividad aparente que se mide en la superficie.

### **3.1.3.- Interpretación.**

Los sondeos eléctricos verticales realizados en el valle del Verano, fueron interpretados mediante la aplicación del método de superposición acompañados de la técnica del punto auxiliar pudiéndose apreciar que en su mayoría las curvas de campo se componen cuatro capas, descontando las que tienen un espesor delgado o resistividad semejante a otras adyacentes .

En este sentido se puede observar en el plano 3.1a (anexo II) que generalmente los sondeos localizados hacia los bordes del valle, cercanos a la sierra, presentan curvas de resistividad del tipo H, los sondeos localizados en el valle del río Parral (Casa Colorada) tiene curvas tipo K y los ubicados en la porción central del valle del Verano tienen curvas de resistividad tipos Q.

Con el fin de apoyar de una manera más fuerte la interpretación de las curvas, se vaciaron estas en un plano, el cual se puede superponer al plano geológico del área (plano 3.1b del anexo II), y de esta forma correlacionar más claramente las características geológicas del área, a cada uno de los sondeos tomando en cuenta las

variaciones de la resistividad aparente con la profundidad, la semejanza de la curva con los sondeos adyacentes. Así mismo fueron de gran ayuda para la interpretación algunos cortes litológicos de pozos del área.

### **3.2.- Unidades Hidrogeológicas.**

En el área de estudio han sido identificadas varias unidades litológicas (ver plano 3.1a y 3.1b anexo II), las cuales tienen diferentes características hidrogeológicas, y se agruparon en unidades hidrogeológicas, cuando fue posible hacerlo.

Inicialmente se describirán características particulares de las unidades identificadas y posteriormente se discutirá sobre otras singularidades y las relaciones que tienen entre sí.

Unidad No. 1 (U1), integrada por conglomerados terciarios, depósitos aluviales y flujos basálticos interdigitados. Se identificaron tres sub-unidades, a saber:

U<sub>1a</sub>' aquí se agrupan aquellas partes del área que ocupa la unidad que tienen los menores espesores, y las conductividades hidráulicas más bajas; se incluyen las zonas de acuñaamiento hacia los bloques montañosos.

U<sub>1b</sub>' en esta subdivisión de la unidad, se tendrán los valores intermedios de conductividad hidráulica, esto debido a espesores moderados en los sedimentos, o porque el conglomerado se encuentre mayormente consolidado.

U<sub>1c</sub>' esta zona de la Unidad No. 1, es la que posee los valores más altos de conductividad hidráulica; en ella se han delimitado las zonas, que desde el punto de vista de su explotabilidad aparecen como las más importantes, debido a su mayor espesor y mejores condiciones granulométricas.

Unidad No.2 (U<sub>2</sub>)' esta unidad corresponde con la Formación Parral, compuesta litológicamente por lutitas, calizas y areniscas interestratificadas, se considera impermeable, salvo en zonas con un fracturamiento intenso, en las cuales puede existir una producción muy baja.



Unidad No.3 ( $U_3$ )' dentro de esta unidad se engloban las rocas volcánicas de composición riolítica que afloran en el área, así como las rocas intrusivas graníticas; ambas son consideradas de impermeables a escasa conductividad hidráulica, esto último cuando se encuentran fracturadas (porosidad secundaria).

Unidad No.4 ( $U_4$ )' compuesta por flujos volcánicos de composición basáltica, que debido a su fracturamiento, y/o a incluir miembros piroclásticos. Llegan a poseer de regulares a buenas conductividades hidráulicas, resultando buenos transmisores; que cuando se encuentran interdigitados con los conglomerados y el aluvión, forman parte del acuífero del valle.

Una vez que se han definido las unidades hidrogeológicas, se pueden establecer las que resultan más favorable para la explotación, es decir: el acuífero ( $U_{1b}, U_{1c}$ ); son aquellas que se componen de: integrada por depósitos aluviales y flujos basálticos interdigitados, depósitos conglomeráticos de fuerte espesor, sobre los que descansa comúnmente una capa de aluvión y que en ocasiones va a contener en forma de interdigitaciones corrientes basálticas, con medios porosos granulares.

Continuando con lo anterior, el acuífero representa en cuanto a los depósitos clásticos continentales, el relleno de un valle tectónico que evolucionó durante el terciario y cuaternario. Dicha cuenca de depósito se encuentra delimitada en la parte suroeste por un bloque montañoso de origen sedimentario, mientras que en la parte nor-noreste el límite lo marca un bloque de naturaleza ígnea volcánica principalmente, donde destaca una ventana sedimentaria con rocas que forman parte de la secuencia pelítica definida para la parte suroeste (F. Parral).

El máximo espesor de los depósitos granulares conglomeráticos, no ha sido definido exhaustivamente, sin embargo la información compilada y la geología superficial observada, permite considerar un espesor mínimo de 600 m en la zona central, los espesores de los basaltos cortados en algunos pozos nos hablan de potencias entre los

20 y 30 m. El aluvión que representa la capa más externa y más joven, puede llegar a medir hasta 30 m.

Concretando, se puede expresar que el acuífero del Valle del Verano, se aloja en un medio poroso granular, salvo cuando las interdigitaciones de basalto están presentes. Sedimentológicamente hablando, el relleno de valle se generó fluvialmente, y hacia la base presenta una granulometría de mayor tamaño en la que privan los clásticos derivados de la erosión de la Formación Parral, y su grado de consolidación es mayor, conforme se asciende estratigráficamente, los clásticos van a tornarse de origen ígneo, derivados principalmente de las rocas riolíticas aflorantes en las sierras que delimitan a la cuenca de depósito y hay una mayor abundancia de finos. Aquí el grado de consolidación es menor y el cuerpo rocoso es más deleznable.

Los depósitos aluviales que forman la capa más joven estratigráficamente hablando, están constituidos por materiales clásticos derivados de todas las unidades más antiguas. Su granulometría es variable, va desde arcilla hasta boleos y representan el efecto del depósito realizado a la largo de los cauces de las corrientes que derivan en el valle y sus planicies de inundación.

En los párrafos anteriores fueron descritas las características hidrogeológicas de las unidades litoestratigráficas (conglomerado, basalto y aluvión) que, constituyen la unidad hidrogeológica más importante ( $U_{1b.1c}$ ), pues constituyen el acuífero del Valle del Verano, a continuación se describirán otras unidades hidrogeológicas identificadas.

La unidad litoestratigráfica denominada Formación Parral ( $U_2$ ), que es la más antigua y se encuentra compuesta litológicamente por lutitas, en su mayoría, se considera prácticamente impermeable, de acuerdo con Custodio y Llamas (1983), con valores de conductividad hidráulica que oscilan entre 0.0001. y 0.000001 m/día. Sin embargo, en las zonas mineras que se encuentran en la parte poniente del área (Santa Bárbara y San Francisco del Oro), se han reportado flujos de agua moderados, asociados exclusivamente a zonas de falla, vetas o fracturas. (Escandon, J.F., 1968)

Otra unidad hidrogeológica es la que se compone por las rocas volcánicas de composición riolítica y de las rocas intrusivas granodioríticas (U3), las cuales son consideradas impermeables, pero pueden adquirir una permeabilidad secundaria debida a fracturamiento y/o fallamiento, lo que en ocasiones permite obtener gastos reducidos cuando son explotadas. Su conductividad hidráulica varía entre 0.0001 y 8.64 m/día, cuando se encuentran fracturadas (Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979), otros autores asignan valores para rocas ígneas masivas de 0.00001 m/día.

Al tratar la unidad hidrogeológica que constituye el acuífero al inicio de este apartado, se mencionó la presencia de flujos basálticos (U<sub>4</sub>) interdigitados que poseen buena conductividad hidráulica. Dichos flujos pueden mostrar conductividades hidráulicas variables, pues fueron identificados cambios en su estructura y textura, como en el caso de el cerro Prieto, al sureste del poblado de Corral de Piedra, en el cual es posible encontrar zonas de rocas masiva (con permeabilidad secundaria por fracturamiento) y horizontes piroclásticos, en los cuales se han desarrollado oquedades; dado lo anterior, se considera que las rocas basálticas poseen características para funcionar como transmisores del flujo de agua.

### **3.3 Extensión del acuífero**

El área de interés se desarrolla en una superficie de 188.46 km<sup>2</sup>, la cual se encuentra delimitada en el oeste por la carretera 12 entre los poblados de San Francisco del Oro y Santa Bárbara, por el norte por el cerro Borregos, hacia el sur se encuentra delimitado por el cerro Prieto y la población de Villa Matamoros, y al este por la presa Talamantes como se ilustra en la figura 3.1

### **3.4.- Hidrometría de las aguas subterráneas.**

#### **3.4.1 Piezometría**

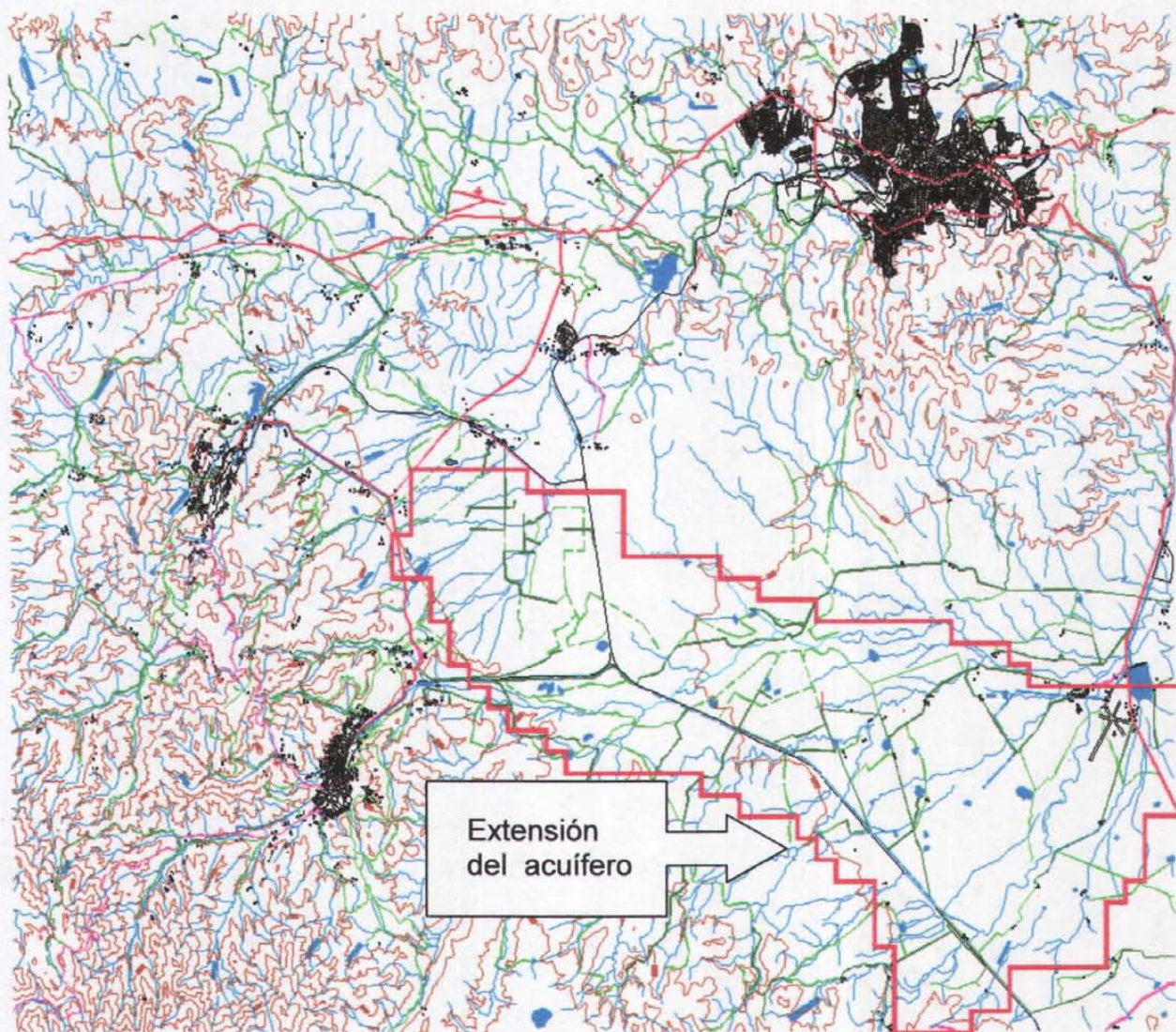
Los datos de la piezometría con que se cuenta para este estudio se consideran buenos, la recopilación de los mismos, nos indican que existen datos de los niveles estáticos para los años 1982, 1988, 1994 y 2000. Como se indica en la tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 respectivamente (ver anexo I), se muestra los datos de los niveles estáticos para los

años mencionados, así como la referencia de la altura de los brocales sobre el nivel del mar (cartográficamente).

La evolución de los niveles estáticos en el acuífero Valle del Verano tendieron a mantenerse casi constantes hasta finales de los años setentas y principios de los ochentas; aunque falta información para precisar con mayor exactitud. Pero los datos recabados indican que en la zona donde actualmente se encuentra la batería de pozos del organismo operador iniciaron a disminuir una vez que se empezaron a explotar con el fin de suministrar a agua a la población de Hgo. del Parral, Chih. Y a su vez se amplió la zona de riego en las inmediaciones de los pozos del organismo operador. Esto contribuyó para que a principios de los años noventa se acelerara el abatimiento en dicha zona, como se muestra en los planos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 (anexo II) respectivamente de las curvas de isovalores de los niveles estáticos de los periodos 82, 88, 94 y 2000, en los cuales se muestran los cambios en las equipotenciales y en la variación de la carga hidráulica.

En el plano de curvas de isovalores del N.E. para 1982, los valores varían desde una elevación de 1880, hasta 1700 msnm, con un gradiente hidráulico de 0.0083 en una distancia de 21.5 km Como se observa en el plano 3.1(anexo II).

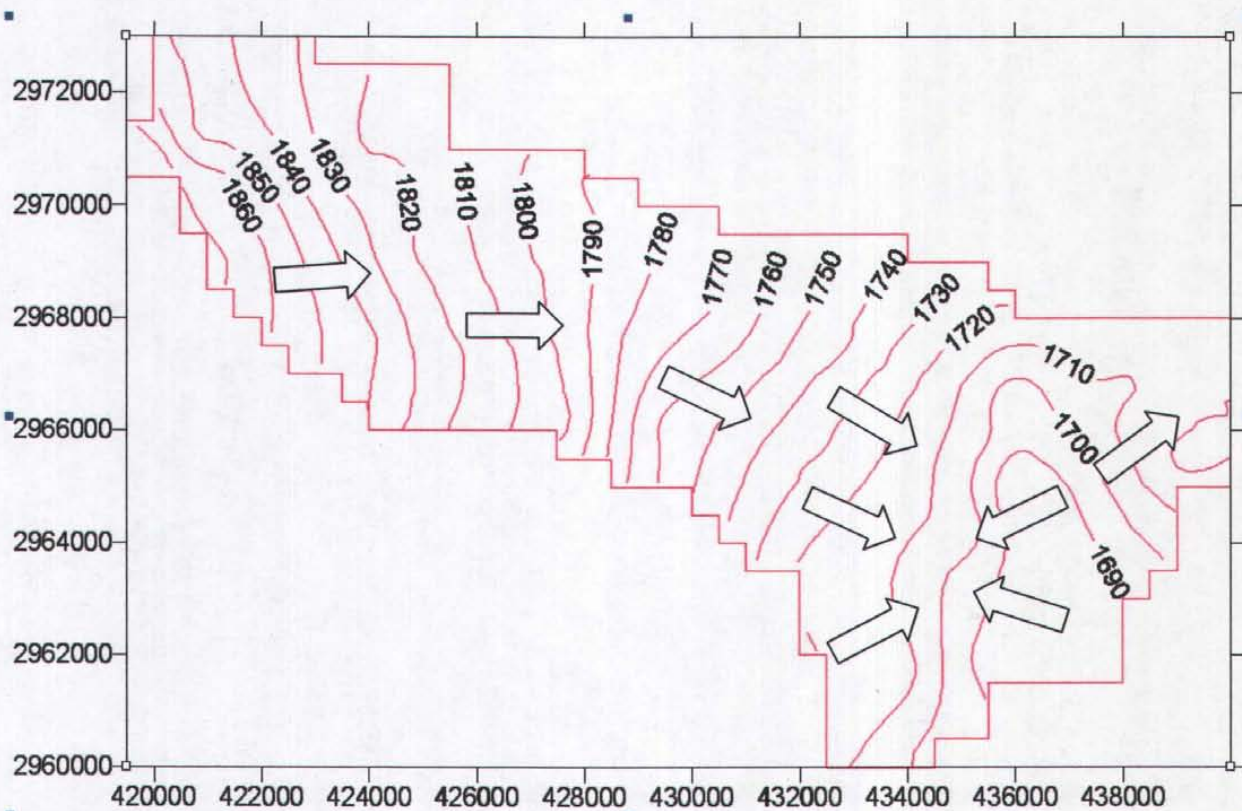
Para el año de 1988, la variación de la carga hidráulica también se muestra entre la curva de 1870 y la de 1700 msnm con un gradiente hidráulico 0.0079 en 21.5 km, según plano 3.2 (anexo II).



**Figura 3.1** Extensión del acuífero.

Para el año 1994 desde la variación de 1870 msnm, hasta la de 1690 msnm, en una distancia aproximada de 21.5 km, mostrando un gradiente hidráulico promedio de aproximadamente 0.0083, como se muestra en el plano 3.3 (anexo II)

Por lo antes expuesto se puede afirmar que la dirección de flujo es hacia el Este con una incidencia en la batería de pozos del organismo operador como se muestra en la figura 3.2.



**Figura 3.2 .-** Dirección de flujo del acuífero Valle del Verano.

Con los datos de profundidad del nivel estático, se elaboraron los planos 3.5, 3.6, y 3.7 respectivamente de las curvas de isovalores de abatimientos, para los diferentes esfuerzos los cuales muestran una variación entre los 2.0 m y los 30.0 m, á través del periodo de los cuatro esfuerzos, los primeros valores se encuentran en la zona aledaña al río Santa Bárbara, los segundos hacia la parte sur del área.

Utilizando información piezométrica, elevación de brocales y plano base elaborado por la SARH, para los años de 1982 y 1988, se elaboraron los planos 3.8 de curvas de isovalores de la evolución de nivel estático para dichos años; así como el plano 3.9 y 3.10 sobre la evolución del N.E para los periodos 1988-1994 y 1994-2000 respectivamente.

En el plano 3.11 se muestra la evolución de los niveles estáticos en el periodo 1982-1988, el cual indica un abatimiento máximo de 12 m, para este periodo, en la parte sur de la zona de interés.

Para el año 2000 el gradiente hidráulico es de 0.0081 con una variación en la carga hidráulica de 170 m en una distancia 21.5 km, los valores varían desde la elevación 1850 hasta 1680 msnm según se indica en el plano 3.13 en el cual se muestra la configuración de las curvas de isovalores del nivel estático para dicho año.

En términos generales los gradientes tendieron a conservarse en el periodo 82-88 en forma regional salvo en la parte sur del área, donde el bombeo mostraba ya para el año de 1988 un mayor abatimiento; para los años 1994 y 2000 se aprecia un marcado abatimiento en la zona sur mencionada como reflejo de la explotación a la que ha estado sujeto el acuífero.

### **3.4.2 Historia de Bombeo**

Los datos recabados respecto al bombeo en los pozos, se obtuvieron de un estudio, que realizó la SARH en el acuífero Valle del Verano para el periodo 1982-1988, y que fueron confirmados por la Subgerencia de Agua Subterránea de la Comisión Nacional del Agua en la ciudad del D.F. Para los periodos subsecuentes los datos se obtuvieron en la Gerencia Regional de la CNA, en la ciudad de Chihuahua, y en el organismo operador de la Ciudad de Hidalgo del Parral, Chihuahua, como también de un estudio geohidrológico sobre el acuífero Valle del Verano realizado en el año 1994 por el Ing. Miguel Royo Ochoa.

En la tabla 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8, según (anexo I), se muestra los datos de las tasas de bombeo para los años 82, 88, 94 y 2000 respectivamente, adicionalmente se complementó la información con algunas mediciones de campo. Cabe mencionar como se ilustra en las tablas citadas, los volúmenes de extracción por bombeo aumentaron en cada periodo, dado que las áreas de riego que se suministran del agua subterránea del acuífero se incrementaron, así como el aumento en el suministro para las poblaciones de Hgo. Del Parral, San Francisco del Oro y Santa Bárbara servidas de la misma fuente.

Para los aprovechamientos en los cuales no se contaba con datos, los volúmenes de extracción fueron calculados para cada uno de los aprovechamientos, tomando en cuenta el uso y el beneficio dado según los siguientes criterios:

### Uso Doméstico

Para aprovechamientos de propiedad privada.

$$\text{Volumen anual extraído} = \text{Numero de hab} \times 200 \text{ lts/hab/día} \times 365 \text{ días/año}$$

Para pozos de uso publico urbano.

$$\text{Volumen anual extraído} = \text{Gasto} \times \text{Num. de horas de operación al día} \times \text{Num. de días de operación por año.}$$

### Uso Agrícola

En campo se registraron el tipo de cultivo y número de hectáreas beneficiadas por el aprovechamiento censado, en base a eso, los volúmenes extraídos anualmente fueron calculados de la siguiente manera.

$$\text{Volumen anual extraído} = \text{Número de hectáreas} \times 10000 \text{ m}^2/\text{ha} \times \text{lámina de riego según cultivo.}$$

Las láminas de riego utilizadas fueron las siguientes:

**Tabla 3.9** Laminas de riego.

Cultivo	Lámina de riego (cm)
Manzano	72
Maíz	30
Trigo	80
Avena	80
Cebada	80
Pradera	80
Frutales	72
Papa	60
Frijol	16
Hortaliza	72



### 3.5.- Características hidráulicas del acuífero

El análisis de la conductividad hidráulica en el acuífero, realizado a partir de las pruebas de bombeo en los pozos que contaban con ellos, permitió identificar sus valores más altos, hacia la porciones centro-este y sur del valle que refleja la mejor clasificación de los sedimentos en esta zona, como son los materiales aluviales, así como una granulometría más apropiada para permitir el flujo del agua. Se considera que a mayor profundidad deben de disminuir estos valores, debido a un mayor grado de compactación producto de la carga litostática.

**Tabla 3.10** Valores de transmisividad obtenidos de las pruebas de bombeo en el año 1994, en m<sup>2</sup>/día.

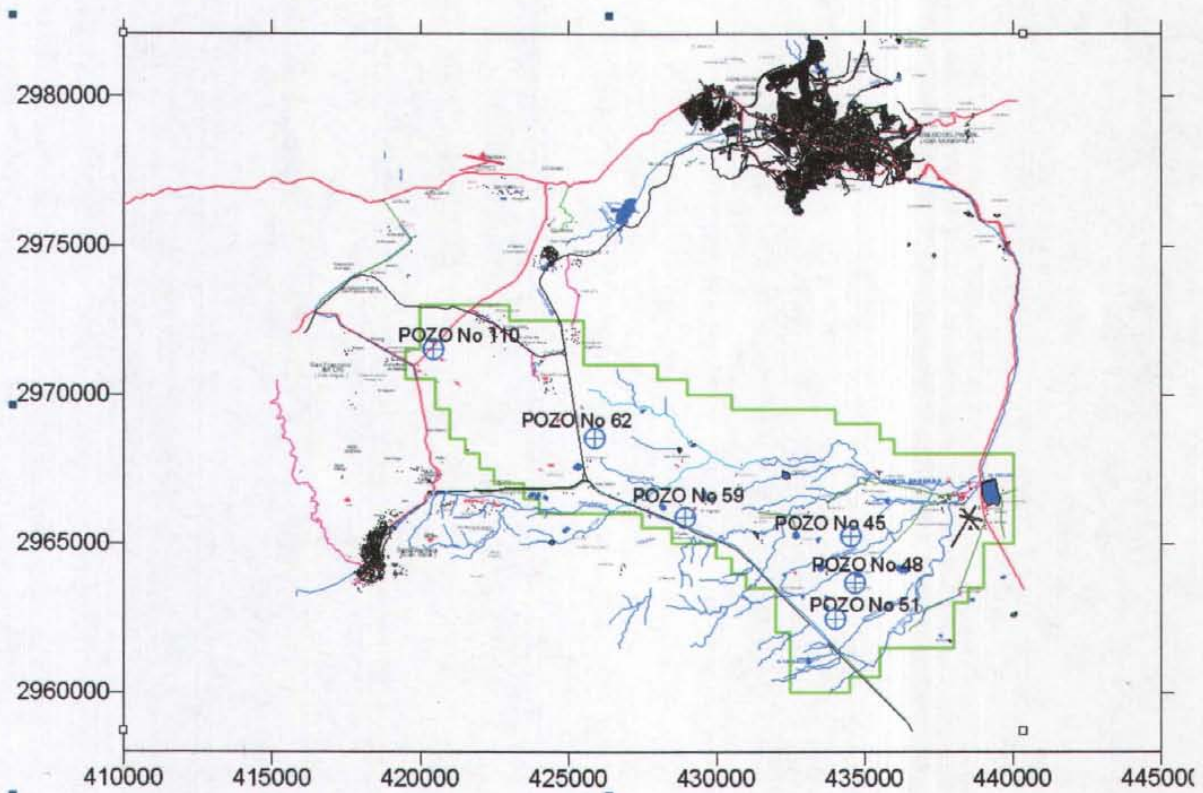
POZO	Jacob	Jacob	$(t+t')/t'$	Thiem	Asignado
JCAS-48	-----	316	474	247	300
JCAS-42	229	254	229	52	230
JCAS-62	186	137	126	24	140
JCAS-59	179	197	-----	444	200
JCAS-110	-----	41	39	43	40
JCAS-51	301	316	421	74	320
JCAS-50					419 *
PCHVM-2					47 *
PCHVM-3					177 *

\* Datos compilados de la SARH (1983).

Los flujos basálticos originados principalmente en los bloques montañosos adyacentes al valle, profundizan dentro de los sedimentos clásticos del valle interdigitándose; y cuando esto sucede forma parte del acuífero, ya que es productor, por lo que se considera que su conductividad hidráulica es buena (ciertas norias están excavadas en basaltos, en Casa Colorada-Porvenir).

Dadas las anteriores consideraciones fue posible delimitar tres regiones con valores parecidos de conductividad hidráulica, en el área de interés. Durante las simulaciones esto también permitió determinar dos zonas potencialmente atractivas para su explotación y los puntos para posibles extracciones.

Durante el desarrollo de este trabajo, se recabó la información de seis pruebas de bombeo que se realizaron en el estudio del Ing. Miguel Royo Ochoa en el año de 1994.



**Figura 3.3** Localización de pozos donde se realizaron las pruebas de bombeo.

Con el objeto de obtener valores de transmisividad. Para ello, se seleccionaron tres pozos del organismo operador de Hidalgo del Parral (Nos. 51, 48 y 45) y tres de agricultores del valle que facilitaron su uso, los números 62, 59 y 110, los cuales se muestran en la figura 3.3. Los valores obtenidos aparecen en la tabla 3.10. y los de la conductividad hidráulica, obtenidos dividiendo entre el espesor de l pozo, se muestran en la tabla 3.11.

**Tabla 3.11** Valores de conductividad hidráulica obtenidos de las pruebas de bombeo.

POZO	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA(m/día)
JCAS -50 (PCHB-82-303)	4.34
PCHB-89-350	0.43
JCAS-49	2.83
PCHVM-2	1.80
PCHVM-3	2.03
JCAS-46	3.01

### 3.6.- Funcionamiento Geohidrológico del acuífero

El acuífero del Valle del Verano ocurre en un medio poroso granular, constituido por depósitos continentales clásticos, principalmente de carácter conglomerático. Debido a lo anterior, desde el punto de vista de su conductividad hidráulica se considera que es heterogéneo y anisotrópico.

Por su condición piezométrica, el acuífero es de tipo libre, con un espesor máximo saturado de 550 m. El flujo subterráneo se da desde el noroeste y oeste franco hacia el este franco, siguiendo la orientación preferencial del valle, como se puede observar en los planos, 3.1 a 3.5 (anexo II).

La recarga del acuífero, proviene principalmente de los escurrimientos e infiltración dados en las cuencas hidrológicas de los ríos intermitentes Santa Bárbara y Parral. Estos flujos llegan y recargan al acuífero del valle del Verano (ríos influentes). Así como se ha identificado una recarga considerable por flujo subterráneo al oeste del acuífero como se aprecia en la piezometría.

Debe mencionarse que el arroyo de Roncesvalles, afluente del Santa Bárbara, representa una importante fuente de recarga debido a la extensión de su cuenca. Otras recargas de menor cuantía se dan a partir de las elevaciones al norte del valle principalmente el área del cerro Borregos.

También debe considerarse que en épocas de lluvias se dá una recarga por infiltración directa de la lluvia, y la que se da por retorno del riego agrícola. La principal descarga es por flujo subterráneo siguiendo el curso del río Santa Bárbara hacia el este. Sin embargo se ha podido identificar una descarga también por flujo subterráneo al sureste hacia la cuenca del río Primero, afluente del río Florido. Otra salida se dá por extracción que se hace a través de pozos y norias.

La falta de precipitación pluvial, que se ha acentuado en los últimos años, influye en que los ritmos de abatimiento del nivel freático sean más pronunciados. Durante la realización de este trabajo se midieron profundidades del N.E. que oscilan entre los  $\pm 2.00$  m. y  $\pm 60.00$ , gobernando la menor profundidad en la cercanía a las corrientes principales.

## IV CONSTRUCCION DEL MODELO DE FLUJO

### 4.1 Modelo conceptual

El acuífero del Valle del Verano en Parral, Chihuahua; se aloja en un medio granular, constituido por depósitos conglomeráticos, a los cuales sobreyacen sedimentos de origen aluvial. Este acuífero es libre en su totalidad y tiene un espesor saturado máximo de 550 m. En la parte central, está compuesto por lutita y en su parte superior por basaltos, presentando pequeñas fallas y posteriormente conglomerados poco consolidados, principalmente con gravas gruesas, gravillas y arenas, adelgazándose hacia las sierras que lo circundan se relaciona con la parte superior del conglomerado terciario. Al acuífero lo soporta su basamento el cual está constituido por rocas volcánicas. Hacia el cerro de los Borregos, localizado al norte del acuífero, se localizan rocas volcánicas. Hacia el lado opuesto del la zona, en los cerros de Roncesvalles y el Negro existen rocas intrusivas ígneas, lutitas, areniscas, y calizas (formación Parral). Esto hace que en las zonas mencionadas sean impermeables, por lo cual se considera que no existe una interacción de flujo con el acuífero en el área, como se demuestra en la figura 4.1 referente al modelo conceptual

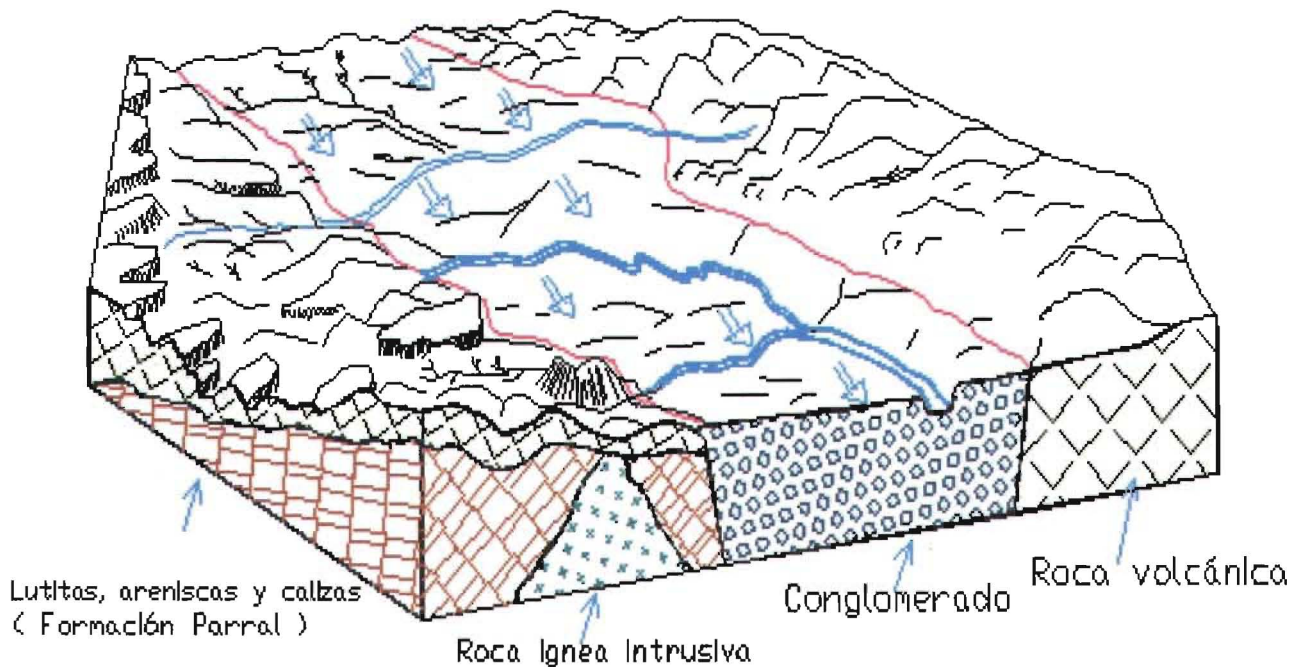
La recarga al sistema acuífero se efectúa principalmente por la entrada de flujo subterráneo proveniente de la parte oeste de la cuenca y de las sierras que circundan al valle; también se cuenta con la recarga proveniente de los escurrimientos de los ríos Santa Bárbara y Roncesvalles.

Una importante forma de descarga del acuífero se da a través de pozos profundos y norias emplazados a lo largo y ancho del área de estudio. En su mayoría, los pozos y norias son destinados para uso agrícola y abastecimiento de agua potable. Otra forma importante de descarga es la que ocurre naturalmente debido al flujo subterráneo. Esta descarga natural se presenta en el acuífero en la porción noreste del área de estudio. Por otro lado, la recarga por flujo subterráneo se da por el lado extremo, es decir por el noroeste.

El flujo del agua subterránea muestra como dirección principal de oeste a este, notándose un abatimiento en la zona donde se encuentran emplazados los pozos destinados al abastecimiento del agua potable para la ciudad de Parral, Chihuahua.; así como los pozos agrícolas de mayor extensión de riego.

El acuífero del Valle del Verano es de tipo libre, por lo cual se consideran las recargas o entradas verticales como son la recarga por lluvia y la recarga vertical por retorno de riego.

### BLOQUE ESQUEMATICO DEL VALLE DEL VERANO HGO. DEL PARRAL, CHIHUAHUA



**Figura 4.1** Modelo conceptual del acuífero Valle del Verano.

Ya que la historia piezométrica no permitió identificar un estado estacionario del sistema acuífero, se considera para este estudio, que el sistema acuífero se encontraba en un régimen transitorio desde el año de 1982. Cabe resaltar que no existe un dato preciso desde qué fecha el acuífero se encuentra en estado transitorio.

#### 4.2- Balance de aguas subterráneas

Los balances de aguas subterráneas son de suma importancia en todo estudio geohidrológico, ya que permiten establecer la situación que guarda el acuífero en cuanto a su disponibilidad de volumen de agua; es decir si se encuentra sub explotado, en equilibrio o sobre explotado.

La recarga vertical que se da de los ríos Santa Bárbara y Roncesvalles, al no contar con información precisa para su cuantificación se incluye en la estimación de la recarga por flujo subterráneo. Por lo que respecta a la recarga natural por la infiltración directa de la precipitación en el área de estudio, se considera que es relativamente baja como se aprecia en el resultado del balance de masa, el cual se presenta en párrafos posteriores a detalles, y se incluye en la simulación.

La descarga natural por flujo subterráneo que se da en la porción noreste, la cual se estima en este apartado, se complementa en el proceso de calibración del modelo numérico.

Una vez que se recabó la información piezométrica, hidrométrica y geohidrológica de la zona de estudio, se procedió a determinar el periodo del balance que fuera significativo optándose por el periodo del año 1982 al 2000. Realizándose periódicamente para 1982-1988, 1988-1994 y 1994-2000 respectivamente.

La metodología aplicada para este fin, fue la propuesta por la Gerencia de Planeación Hidráulica de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1998), para ello se utilizó la ley de conservación de la masa, el balance de aguas subterráneas puede quedar representado por la siguiente ecuación:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Cambio en el almacenamiento en el tiempo} \\ E - S = \Delta V / \Delta t \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

De manera general, las entradas y salidas en un sistema de agua subterráneo, pueden representarse por los siguientes términos:

$$Q_s(t + \Delta t) - Q_s(t) = \Delta Q_s = (\pm Q_N \pm Q_R \pm Q_B \pm Q_L \pm Q_W) \Delta t \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

$$Q_s(t + \Delta t) - Q_s(t) = \Delta Q_s = (\pm (Q_{N^N} + Q_{N^R}) \pm Q_R \pm (Q_{B^{EH}} + Q_{B^{SH}}) \pm Q_L \pm Q_W) \Delta t \quad \dots\dots(4.3)$$

**ENTRADAS TOTALES DEL SISTEMA**

$\Delta Q_s$	= Cambio en el almacenamiento	[ L <sup>3</sup> ]
$\pm Q_N$	= Recarga vertical	[ L <sup>3</sup> /T ]
$\pm Q_R$	= Intercambio con el agua superficial	[ L <sup>3</sup> /T ]
$\pm Q_B$	= Flujo horizontal sobre la frontera	[ L <sup>3</sup> /T ]
$\pm Q_L$	= Componentes de filtraciones que vienen de acuíferos adyacentes	[ L <sup>3</sup> /T ]
$\pm Q_W$	= Extracción o inyección local tales como pozos	[ L <sup>3</sup> /T ]
T	= Tiempo	[ T ]
$\Delta t$	= Incremento de tiempo	[ T ]

El cambio en el almacenamiento es la cantidad de agua ganada o liberada del almacenamiento en un acuífero, es igual al producto del área por el rendimiento específico y las diferencias de cargas tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\Delta Q_s = AS_y [h(t + \Delta t) - h(t)] \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

**4.2.1.- Recarga vertical (Q<sub>N</sub>=Q<sub>N<sup>N</sup></sub>+Q<sub>N<sup>R</sup></sub>)**

El acuífero del Valle del Verano es de tipo libre, por lo cual se consideran las siguientes recargas o entradas verticales

- ⇒ Recarga natural ( precipitación )
- ⇒ Recarga por retorno de riego

**4.2.1.1. Recarga natural (precipitación(Q<sub>N<sup>N</sup></sub>))**

Con el objeto de obtener un volumen probable de recarga por precipitación para la zona de estudio, se utilizaron los datos de precipitación de la tabla 4.1 donde se presentan la precipitación promedio anual por cada periodo y el volumen promedio precipitado, para estimar el volumen que recarga el acuífero. Se determina la cantidad de agua que se



infiltra al subsuelo proveniente de la precipitación, aplicando las siguientes relaciones (CNA, 1998):

$$Q_N^N = Ci * Vp \dots\dots\dots(4.5)$$

$$Vp = ( hp A ) \dots\dots\dots(4.6)$$

Donde:

- $Q_N^N$  = Infiltración por lluvia  $L^3$
- $Ci$  = Coeficiente de infiltración Adimensional
- $Vp$  = Volumen de precipitación  $L^3$
- $A$  = Área de estudio  $L^2$
- $hp$  = Altura de precipitación L

**Tabla 4.1** Precipitación promedio anual para cada periodo.

Periodo	P media (mm)	P media (m)	Área Mm <sup>2</sup>	Volumen M <sup>3</sup> /año	Vol. Mm <sup>3</sup> /año
1982-1988	491	0.491	188.46	92156940	92.16
1988-1994	481	0.481	188.46	90649260	90.65
1994-2000	476	0.476	188.46	89706960	89.70

De la tabla 4.2 se obtiene la recarga vertical por infiltración por lluvia para cada uno de los esfuerzos es la siguiente.

**Tabla 4.2** Recarga vertical por lluvia.

Periodo 1982-1988	$Q_N^N = 92.16Ci \text{ Mm}^3/\text{año}$
Periodo 1988-1994	$Q_N^N = 90.65Ci \text{ Mm}^3/\text{año}$
Periodo 1994-2000	$Q_N^N = 89.70Ci \text{ Mm}^3/\text{año}$

#### 4.2.2.- Infiltración por riego ( $Q_N^R$ )

Constituye el volumen periódico que recibe el acuífero derivado de las practicas de riego y forma parte de la recarga del acuífero. Para obtener este parámetro se planteo como alternativa incluir este término como incógnita en la ecuación de balance (CNA, 1998):

$$Q_N^R = Ci * Vr \dots\dots\dots(4.7)$$

Donde:

- $Vr$  = Volumen en el periodo de riego utilizado  $L^3$
- $Ci$  = Coeficiente de infiltración Adimensional

Con base al padrón de usuarios y considerando el volumen de agua, de origen subterráneo que se destina para satisfacer la demanda de los cultivos que se tienen en la zona de influencia del acuífero Valle del Verano. Cabe mencionar que el 100% de los cultivos se abastece de agua subterránea, dado que en la zona no existe ninguna obra almacenamiento, y las represas de tierra que existen se utilizan exclusivamente para abrevadero

Volumen anual extraído = Número de hectáreas x 10000 m<sup>2</sup>/ha x lamina de riego según cultivo.

Las láminas de riego utilizadas fueron las siguientes:

**Tabla 4.3** .- Volumen de agua de riego.

CULTIVO	SUPERFICIE (HA) 82-88	SUPERFICIE (HA) 88-94	SUPERFICIE (HA) 94-2000	LAMINA DE RIEGO (M )	VOLUMEN DE RIEGO ( m3/año) 82-88	VOLUMEN DE RIEGO ( m3/año) 88-94	VOLUMEN DE RIEGO ( m3/año) 94-2000
Manzano	13	15	19	0.72	93,600	108,000	136,800
Maíz	2067	2146	2202	0.3	6,201,000	6,438,000	6,606,000
Trigo	52	58	48	0.8	416,000	464,000	384,000
Avena	64	87	96	0.8	512,000	696,000	768,000
Cebada	80	102	128	0.8	640,000	816,000	1,024,000
Pradera	128	162	185	0.8	1,024,000	1,296,000	1,480,000
Frutales	34	31	51	0.72	244,800	223,200	367,200
Papa	182	198	234	0.6	1,092,000	1,188,000	1,404,000
Frijol	1874	1948	2000	0.16	2,998,400	3,116,800	3,200,000
Hortaliza	132	146	165	0.72	950,400	1,051,200	1,188,000
<b>TOTAL</b>					<b>14,172,200</b>	<b>15,397,200</b>	<b>16,558,000</b>

**NOTA.** Las láminas de riego se obtienen de la bibliografía (ver referencia 21)

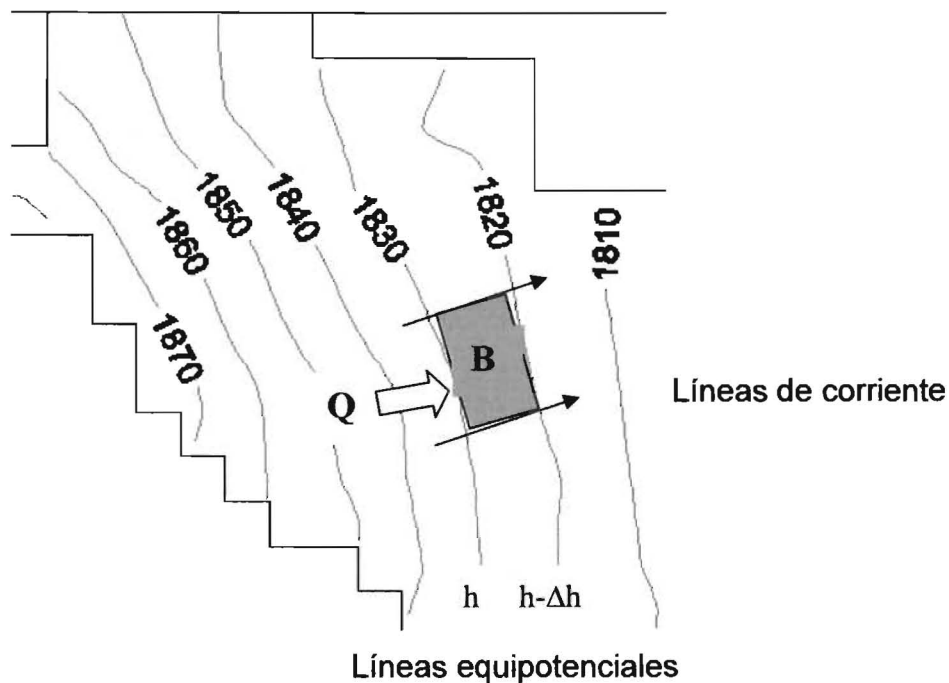
La infiltración por riego para cada uno de los periodos se expresa:

LA RECARGA VERTICAL POR RETORNO DE RIEGO	PERIODO
$Q_N^R = 14.172Ci$	82-88
$Q_N^R = 15.397Ci$	88-94
$Q_N^R = 16.558Ci$	94-2000

### 4.2.3 Evaluación de las entradas horizontales ( $Q_B^{EH}$ )

Las entradas horizontales corresponden a los volúmenes de agua que en forma subterránea circulan hacia la zona donde se plantea el balance de agua. Para realizar esta cuantificación, se tomó como referencia la configuración de las elevaciones del nivel estático para cada uno de los periodos. Trazándose las líneas de flujo correspondientes (CNA, 1998). Después de realizar lo anterior, se subdividió en celdas con un área transversal al flujo, de ancho B, y altura b, igual al espesor del acuífero. Y se aplicó la siguiente ecuación

$$Q_{B^{EH}} = K * \frac{\Delta H}{\Delta L} * (B * b) = K * i * (B * b) \dots\dots\dots(4.8)$$



**Figura 4.2.-** Cálculo de las entradas horizontales al acuífero.

En la tabla 4.4 se muestran los cálculos de las entradas horizontales de agua para cada periodo, considerando un espesor constante de 150 m.

**Tabla 4.4.- Entradas horizontales ( $Q_B^{EH}$ ) al acuífero para los tres periodos de evaluación.**

**PERIODO 1982 – 1988**

K (m/día)	Espesor (b) (m)	Ancho (B) (m)	Gradiente Hco. (I) adimensional	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /día)	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /año)	Total (m <sup>3</sup> /año)
0.6	150	2960	0.0156	4155.84	1516881.6	
1.4	150	6740	0.02657	37607.18	13726620	15,243,502

**PERIODO 1988 – 1994**

K (m/día)	Espesor (b) (m)	Ancho (B) (m)	Gradiente Hco. (I) adimensional	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /día)	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /año)	Total (m <sup>3</sup> /año)
0.6	150	2960	0.0163	4342.32	1584946.8	
1.4	150	6740	0.0268	37932.72	13845443	15,430,390

**PERIODO 1994 – 2000**

K (m/día)	Espesor (b) (m)	Ancho (B) (m)	Gradiente Hco. (I) Adimensional	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /día)	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /año)	Total (m <sup>3</sup> /año)
0.6	150	2960	0.0172	4582.08	1672459.2	
1.4	150	6740	0.0272	38498.88	14052091	15,724,550

Con lo anteriormente planteado se determinó que el volumen de entrada horizontal para el acuífero valle del Verano para el periodo 1982 – 1988, es de 15.24 Mm<sup>3</sup>, 15.43 Mm<sup>3</sup> para el periodo 1988-1994 y 15.72 Mm<sup>3</sup> para el periodo 1994-2000, se considera un espesor del acuífero de 150 m.

**4.2.4. Evaluación de las salidas de agua**

**a).- Salidas subterráneas horizontales ( $Q_B^{SH}$ )**

Corresponden a los volúmenes de agua que en forma subterránea salen del acuífero. Para la evaluación, se empleó la misma metodología utilizada para las entradas. En la tabla 4.5 se detalla los cálculos para cada periodo.

Como se puede apreciar las salidas horizontales se incrementaron, esto debido al gradiente hidráulico cada vez más pronunciado. Debido a los abatimientos que se presentan en la zona

**Tabla 4.5.-** Cálculos de la salidas horizontales del acuífero para los tres periodos de evaluación.

**PERIODO 1982 – 1988**

K (m/día)	Espesor (b) (m)	Ancho (B) (m)	Gradiente Hco. (I) adimensional	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /día)	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /año)	Total (m <sup>3</sup> /año)
2.9	200	3210	0.0173	32209.14	11756336	11,756,336

**PERIODO 1988 – 1994**

K (m/día)	Espesor (b) (m)	Ancho (B) (m)	Gradiente Hco. (I) Adimensional	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /día)	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /año)	Total (m <sup>3</sup> /año)
2.9	200	3210	0.0179	33326.22	12164070	12,164,070

**PERIODO 1994 – 2000**

K (m/día)	Espesor (b) (m)	Ancho (B) (m)	Gradiente Hco. (I) Adimensional	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /día)	Gasto (Q) (m <sup>3</sup> /año)	Total (m <sup>3</sup> /año)
2.9	200	3210	0.0186	34629.48	12639760	12,639,760

**b).- Salidas por bombeo (Q<sub>w</sub>)**

Los datos recabados respecto al bombeo en los pozos, se obtuvieron de un estudio que realizó la SARH, en el acuífero Valle del Verano para el periodo 1982-1988, y confirmado por la Subgerencia de Agua Subterránea de la Comisión Nacional del Agua en la ciudad de México. Para los periodos subsecuentes se obtuvieron en la Gerencia Regional de la C.N.A. en la ciudad de Chihuahua y en el Organismo Operador de la Ciudad de Hidalgo del Parral, Chihuahua, así como también de un estudio geohidrológico sobre el acuífero Valle del Verano en el año 1994, realizado por Ing. Miguel Royo Ochoa. Recalcando que las tasas de extracción por bombeo en el acuífero se incrementaron año con año y por consecuente cada periodo como se detalló en la sección 3.4.2 (ver pagina 29).

La tabla 4.6 muestra un incremento en el volumen de bombeo en cada periodo, esto se relaciona con el aumento en las superficies de riego, al igual que un incremento en el suministro, para las poblaciones que se abastecen del agua subterránea del acuífero Valle del Verano. Donde el incremento en los diversos usos con el desarrollo de la región

se han incrementado notablemente como se demuestra en el bombeo. Los volúmenes totales para cada periodo se muestran en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6 .- Volúmenes totales para cada periodo.**

PERIODO	VOLÚMEN TOTAL
1982 – 1988	34.12 Mm <sup>3</sup>
1988 – 1994	42.34 Mm <sup>3</sup>
1994 – 2000	54.63 Mm <sup>3</sup>

**c) .- Cambio de almacenamiento ( Volumen drenado )**

El cambio en el almacenamiento en los periodos de análisis se determinaron a través del software SURFER. Esto lleva acabo la determinación de la diferencia de las superficies de los niveles estáticos para cada uno de los periodos. El volumen que se obtiene se multiplica por el valor del rendimiento específico obtenido en las pruebas de bombeo que es uniforme en todo el acuífero de 0.12. En la tabla 4.7 se muestra el volumen drenado para cada periodo.

**Tabla 4.7 Volumen drenado para cada periodo**

PERIODO	VOL. DRENADO (Mm <sup>3</sup> /periodo)	VOL. DRENADO (Mm <sup>3</sup> /año)	Abatimiento promedio por periodo (m)	Abatimiento promedio año (m)
1982-1988	138.84	23.14	5.04	0.84
1988-1994	193.26	32.21	8.52	1.42
1994-2000	268.68	44.78	12.00	2.00

**4.2.5. Resumen**

Elementos de la ecuación del balance para los diferentes periodos son:

Periodo 1982 – 1988  $Q_N^N + Q_N^R + Q_B^{EH} - Q_B^{SH} - Q_W = -\Delta V S_y$  .....(4.9)

Periodo 1988 – 1994  $Q_N^N + Q_N^R + Q_B^{EH} - Q_B^{SH} - Q_W = -\Delta V S_y$  .....(4.10)

Periodo 1994 – 2000  $Q_N^N + Q_N^R + Q_B^{EH} - Q_B^{SH} - Q_W = -\Delta V S_y$  .....(4.11)

Donde:

- $Q_{NN}$  Recarga natural por infiltración de lluvia
- $Q_{NR}$  Recarga natural por retorno de riego
- $Q_{BEH}$  Entradas horizontales del acuífero
- $Q_{BSH}$  Salidas horizontales del acuífero
- $Q_W$  Salidas por bombeo
- $\Delta V$  Volumen drenado
- $S_y$  Rendimiento específico

En la tabla 4.8 se presentan los valores de los parámetros conocidos normalizados por año para sustituirse en las ecuaciones 4.9, 4.10 y 4.11.

**Tabla 4.8** Balance Volumétrico en  $Mm^3/año$

PERIODO	PRECIPITACIÓN ( $Q_N^N$ )	RIEGO( $Q_N^R$ )	$Q_B^{EH}$	$Q_W$	$Q_B^{SH}$	$\Delta V$
1982 - 1988	92.16	14.18	15.24	34.12	11.76	23.14
1988 - 1994	90.65	15.40	15.43	42.34	12.16	32.21
1994 - 2000	89.70	16.56	15.72	54.63	12.64	44.78

Sustituyendo los datos de la tabla 4.8 en las ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3 y despejando el coeficiente de infiltración para cada periodo se obtiene los siguientes valores.

**Periodo 1982 – 1988**

$$106.34Ci - 30.64 = -23.14$$

$$Ci = \frac{7.5}{106.34}$$

$$Ci = 0.0705$$

**Periodo 1988 – 1994**

$$106.05Ci - 39.07 = -32.21$$

$$Ci = \frac{6.86}{106.05}$$

$$Ci = 0.064$$

**Periodo 1994 – 2000**

$$106.26C_i - 51.55 = -44.78$$

$$C_i = \frac{6.77}{106.26}$$

$$C_i = 0.063$$

El coeficiente de infiltración se reduce en cada periodo, lo cual es consecuencia de los parámetros que intervienen en la ecuación como son la precipitación la cual ha tenido un decremento en el tiempo, consecuentemente se reduce el coeficiente de infiltración.

Se tomó un coeficiente de infiltración promedio de 0.064, considerando que para determinar el coeficiente de infiltración los factores que dependen de las características son constantes en el tiempo excepto la lluvia, tales como las condiciones de la superficie, características del terreno, características de los gradientes de presión y gravitacional del suelo, etc (Campos Aranda, 1998). El coeficiente de infiltración debe ser prácticamente constante, por lo cual se toma un promedio considerando que la variación para los dos últimos periodos es similar.

La recarga vertical natural por infiltración de lluvia y retorno de riego para cada periodo se muestra en la tabla 4.9

**Tabla 4.9** Recarga vertical para cada periodo en Mm<sup>3</sup>/año

Periodo	(Q <sub>N</sub> <sup>N</sup> +Q <sub>N</sub> <sup>R</sup> )
1982 – 1988	7.5
1988 – 1994	6.86
1994 – 2000	6.77

Por lo tanto el balance de masa global resulta, como se ilustra en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10** Balance de masa global en Mm<sup>3</sup>/año

Periodo	(Q <sub>N</sub> <sup>N</sup> +Q <sub>N</sub> <sup>R</sup> )	Q <sub>B</sub> <sup>EH</sup>	Q <sub>W</sub>	Q <sub>B</sub> <sup>SH</sup>	Déficit
1982 – 1988	7.5	15.24	34.12	11.76	23.14
1988 – 1994	6.86	15.43	42.34	12.16	32.21
1994 – 2000	6.77	15.72	54.63	12.64	44.78



El esquema de explotación, que se ha llevado a cabo en el periodo de análisis en el acuífero Valle del Verano, presenta un déficit promedio de 33.27 Mm<sup>3</sup>/año, provoca que se presente una extracción del agua subterránea disponiéndose del almacenamiento del acuífero. Esto origina que los niveles del agua descendieran progresivamente en promedio al orden de 1.42 metro por año;

#### **4.3 Generalidades del modelo Visual Modflow**

El modelo que se empleó para la simulación del flujo en el acuífero del Valle del Verano en Parral, Chihuahua, es el Modflow. Dicho modelo fue elaborado por M.G. Mc Donald y A. W. Harbaugh, del departamento de Estudios Geológicos de los Estados Unidos de América (U.S. Geological Survey, 2000)

Modflow es un modelo numérico que permite la simulación del flujo del agua subterránea en diferencias finitas hasta en tres dimensiones. Utiliza interfaces gráficas como el Argus one y el visual Modflow, en este caso se emplea esta última.

El modelo es modular, esto es, consiste en un programa principal y una serie de subrutinas llamadas "módulos". Cada módulo está agrupado en "paquetes" y cada paquete maneja una condición hidrológica específica. El flujo del agua subterránea se simula mediante un esquema de diferencias finitas centrado en el bloque.

Modflow puede simular el flujo en acuíferos confinados, semiconfinados y libres; así mismo simula el flujo a pozos, drenes, lago, evapotranspiración, etc. La ventaja de que Modflow se encuentre dividido en "módulos" permite examinar las condiciones hidrológicas por separado, y a su vez permite que nuevos módulos sean incluidos en el programa sin modificar los ya existentes.

La solución de las ecuaciones que describen el sistema de flujo en diferencias finitas, se pueden resolver mediante el método implícito o mediante sobrerrelajación sucesiva por secciones verticales.

Tenemos la ecuación de flujo en tres dimensiones:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) + Q = S \frac{\partial h}{\partial t}$$

Donde:

$K_x, K_y, K_z$  conductividad hidráulica en sus respectivas direcciones  $\left( \frac{L}{T} \right)$

$Q$  gastos de extracción o de recarga , por unidad de área producidos por un sistema de pozos  $\left( \frac{L}{T} \right)$

$H$  Carga hidráulica en el acuífero ( L )

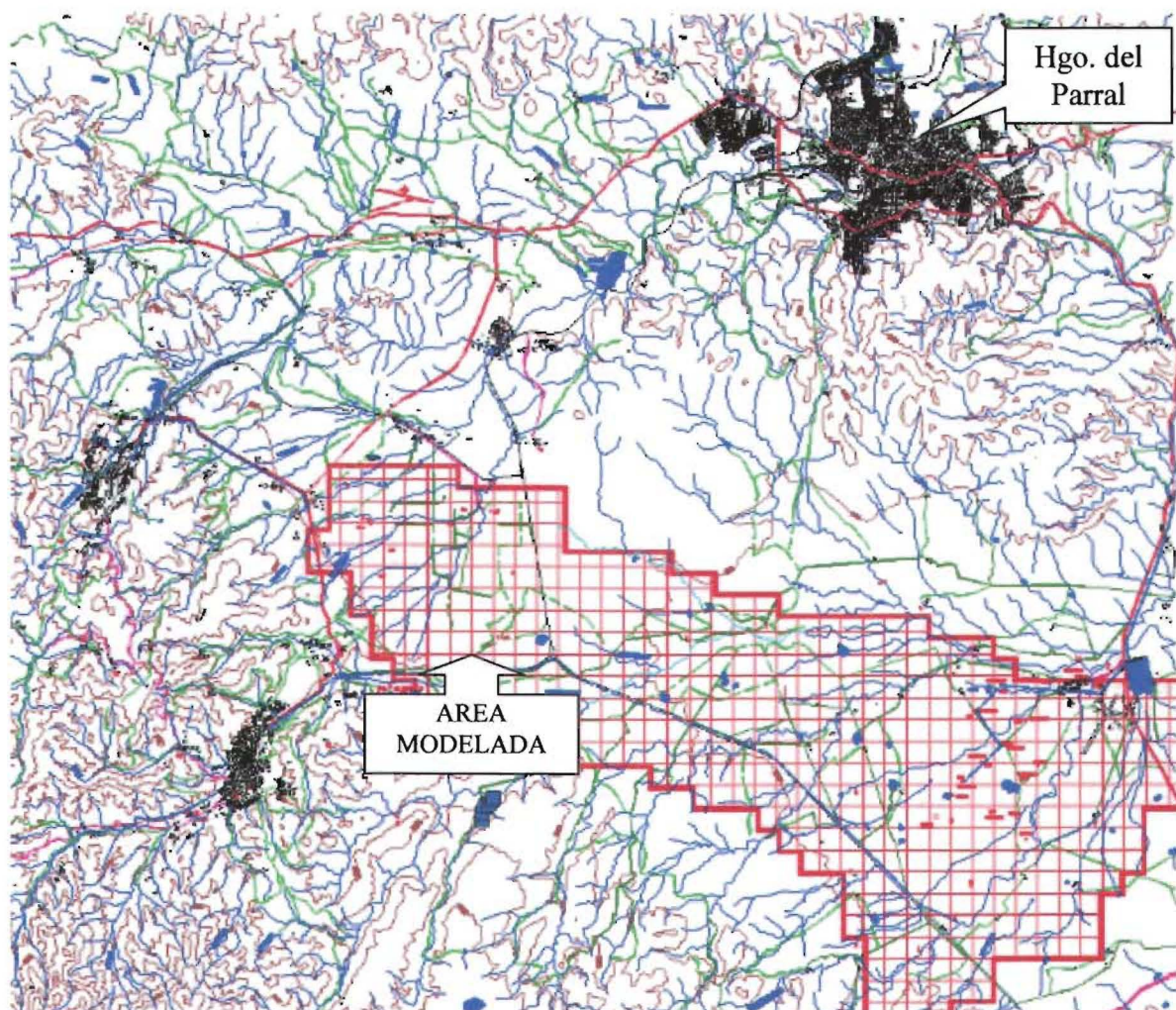
$S_y$  Rendimiento específico del acuífero libre ( adimensional)

#### 4.4 Estructura del modelo

##### 4.4.1 Selección del área modelada

Al delimitar el acuífero en un principio se denotaron los límites topográficos (ver página 28); así como la concentración de los alumbramientos, resultando una superficie 188.46 km<sup>2</sup>. El área se definió dado que en las inmediaciones del acuífero, los límites por el norte y sur se encuentran los cerros de los Borregos y el Negro respectivamente. Mientras que por el oeste y este se delimitó en base a la topografía y la hidrología superficial, donde se marca las entradas y salidas al acuífero. Como se ilustra en la figura 4.3.

Los ríos más importantes en la zona como son el río Santa Bárbara y Roncesvalle, éste último tributario al primero. El río Santa Bárbara atraviesa casi por completo el acuífero en su parte central. Cabe mencionar que ambos son ríos intermitentes por lo que solamente registran caudal en temporadas de lluvia.



**Figura 4.3** Área de modelación.

#### **4.4.2 Tipo de modelo**

Los modelos para la simulación del flujo de agua subterránea se pueden clasificar de diversas maneras, entre las que se encuentran los modelos en régimen transitorio o permanente, confinados o libres, y aquellos que consideran una, dos o tres dimensiones espaciales. Si se toma en cuenta una clasificación en términos de las dimensiones espaciales, se tienen modelos de área y perfil bidimensionales, cuasi tridimensionales y tridimensionales (Anderson y Woessner, 1992).

El modelo seleccionado para la simulación de flujo del acuífero Valle del Verano, Chihuahua es un modelo bidimensional.

#### **4.4.3. Discretización espacial.**

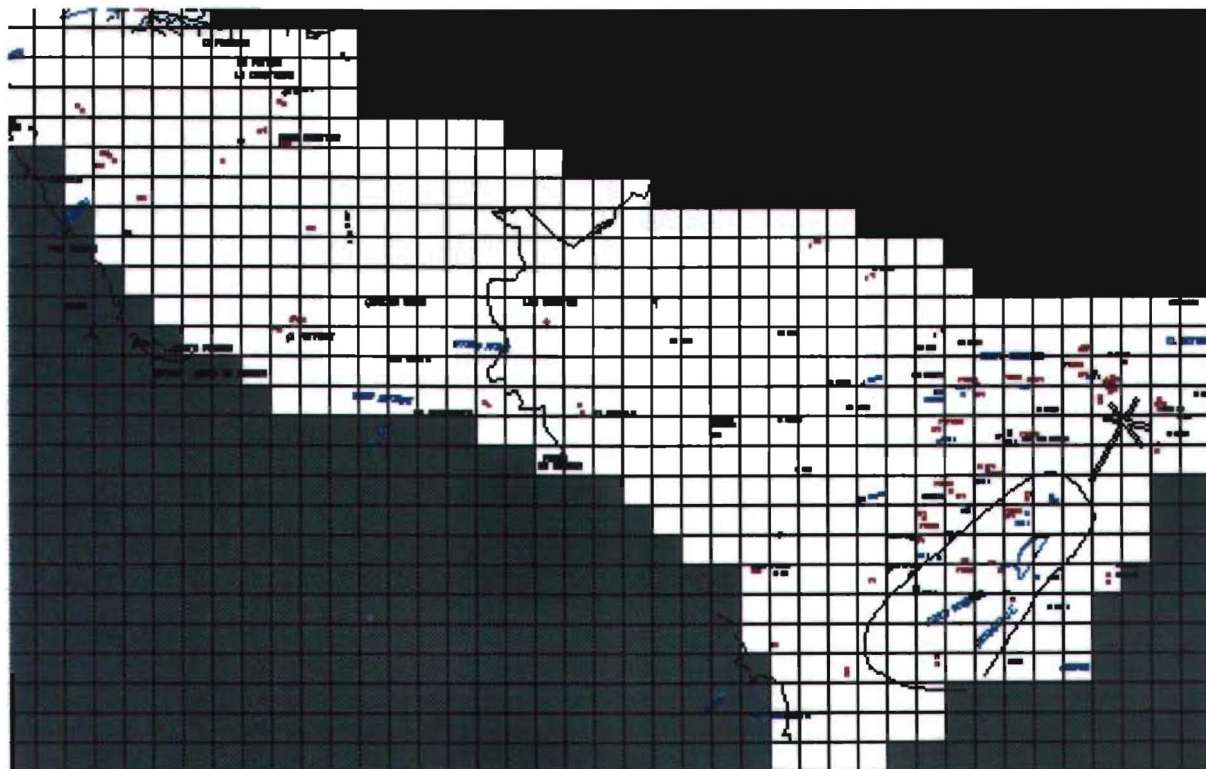
Para la discretización espacial del dominio de solución se plantea una malla en diferencias finitas con elementos cuadrados, lo cual se hace con la ayuda del interfaz gráfica del Visual Modflow. La discretización del modelo se realiza en base a los datos alimentados al mismo definido por el usuario. La malla se alineó en la forma como naturalmente se da el flujo superficial y en la forma de la cuenca, y posteriormente corroborado en el sentido del flujo subterráneo. Las características de la malla se detalla en el tópico posterior 4.4.3.1. En un modelo en diferencias finitas, es importante orientar la malla para que las coordenadas (x,y) sean colineales con las direcciones principales de anisotropía  $K_x$  y  $K_y$ ; el eje vertical del modelo, cuando este se presente debe ser alineado con la dirección de  $K_z$ . Además, se debe buscar minimizar el número de celdas que caen fuera de las fronteras del área modelada. Estas celdas son conocidas como inactivas mientras que las celdas que caen dentro del área modelada son las activas. El área de modelación es de 188.46 km<sup>2</sup>.

##### **4.4.3.1 Definición de la malla**

La malla empleada en la modelación de flujo de agua subterránea, cuenta con 26 renglones y 41 columnas, resultando un total de 1066 celdas. Las celdas son cuadradas de 500 m de lado. De las cuales se encuentra activas 638. Cabe mencionar que el tamaño de la malla se redujo sin tener modificaciones considerables.

Los esfuerzos que se simularon, empleando el Visual Modflow fue la descarga por pozos. Para simular la recarga natural por flujo subterráneo y la contribución de otras fuentes de recarga, se emplearon celdas de recarga en los contornos del área de modelación, La recarga natural fue ajustada en el proceso de calibración y apoyados por el balance de agua subterránea. El mismo procedimiento se empleó para simular la descarga natural por flujo subterráneo.

Debido a que en un clima árido se carece generalmente de cuerpos de agua superficial conectados hidrodinámicamente a un acuífero, tomando en consideración los niveles estáticos promedios no se puede considerar este factor en el modelo.



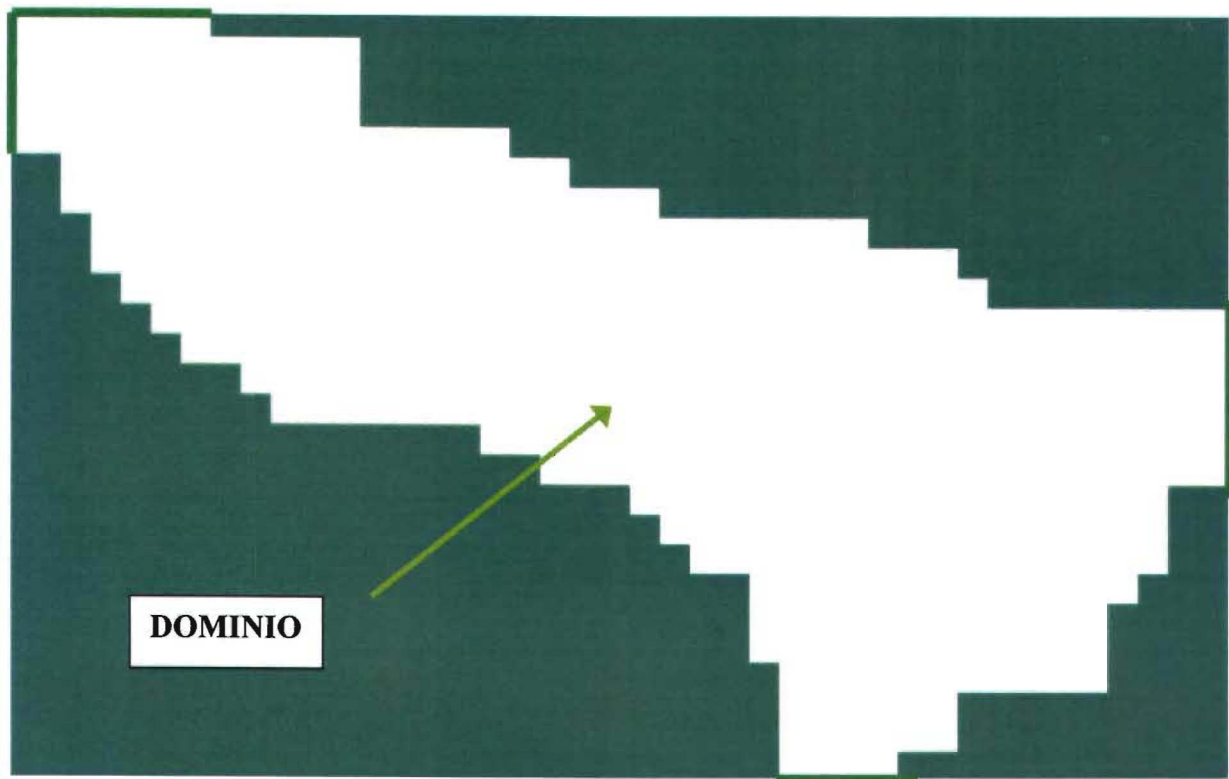
**Figura 4.4** Malla empleada en el modelo.

#### **4.4.3.2 Dominio de solución**

Para delimitar el dominio de solución se empleó el mismo criterio utilizado para determinar el área de modelación (ver página 46). Siendo determinante los factores topográficos e hidrológicos, en la figura 4.5 se muestra el dominio seleccionado

#### **4.4.3.3 Definición de las capas del Modelo**

Para realizar la modelación del acuífero Valle del Verano se consideró una sola capa casi constante de un espesor saturado de 550 m en la parte central que es en donde se encuentra el mayor grosor, adelgazándose hacia la sierras que lo circundan con espesores aproximados de 150m, este acuífero es de tipo libre en su totalidad. Esto se confirma con los sondeos eléctricos que se han realizado en estudios anteriores como también con el apoyo de cortes litológicos que se recabaron para este estudio.



**Figura 4.5** Dominio de solución.

#### **4.4.4 Discretización temporal**

Para la discretización temporal se toman tres periodos de seis años cada uno, para lo cual se considera que las condiciones del sistema son constantes, durante el tiempo que comprenda dicho tiempo. En el caso de la simulación de flujo de aguas subterráneas se considera que los gastos son constantes para cada periodo, de tal suerte que los valores obtenidos al final de cada período, representan los efectos acumulados durante ese intervalo de tiempo.

La discretización temporal se efectuó principalmente con base a la variación en el tiempo de los volúmenes de extracción del acuífero. Se consideró que el efecto de extracción del agua subterránea, es el esfuerzo que ejerce una influencia mayor en la evolución del nivel estático. Para este propósito se tabularon los volúmenes de extracción anual, a partir de 1982 hasta el año 2000. Los periodos se seleccionaron de tal manera, que se tuvieran periodos de seis años con un volumen de extracción anual, y que se constatará

la información piezométrica para su calibración y verificación. Los tres periodos seleccionados son los siguientes tabla 4.11. El tamaño del paso tiempo  $\Delta t$  es de 20 días.

**Tabla 4.11** Periodo de esfuerzo.

PERIODO	AÑOS	INICIO	FINAL
1	6	1982	1988
2	6	1988	1994
3	6	1994	2000

#### **4.4.5 Asignación de parámetros hidráulicos a las zonas del modelo**

Para la asignación de los parámetros hidráulicos de la capa hidroestratigráfica de modelación, se disponía de los valores de la conductividad hidráulica y del rendimiento específico; El cual se supone constante sobre toda la capa hidroestratigráfica, y se utiliza un valor inicial de  $S_y = 0.10$  para todo el dominio. Y ajustándose paulatinamente hasta quedar en un valor de  $S_y = 0.12$

##### **4.4.5.1 Conductividad hidráulica**

La conductividad hidráulica es una característica fundamental en un acuífero, por lo tanto estimar sus valores que sean los más cercanos a la realidad, es determinante en la simulación de flujo en un acuífero para obtener buenos resultados. Existen diferentes maneras de determinar los valores, pero no nos vamos a enfocar en este caso a ello. En lo que respecta al acuífero Valle del Verano los diferentes valores que se asignaron al modelo fueron tomados de los valores obtenidos de las pruebas de bombeo que se realizaron en el estudio realizado en 1994 por el Ing. Miguel Royo Ochoa; para la determinar la transmisividad y posteriormente la conductividad con el espesor del acuífero ( $T = K \cdot b$ ), como se menciona en el inciso 3.5.

Podremos definir la conductividad hidráulica como la medida de la facilidad con que un fluido se mueve a través de un medio poroso. Por esta razón, su valor depende tanto de las propiedades del medio como del fluido. En otras palabras el caudal que circula a través de un área unitaria transversal al flujo, bajo un gradiente hidráulico, se le conoce como conductividad hidráulica.

El rango de los valores que se asignaron a las diferentes zonas en el modelo varía de 0.6 a 2.8 m/día. En la tabla 4.12 se muestra los diferentes valores de la conductividad hidráulica para diferentes materiales geológicos. Los valores nos indican que en la zona 1 con menor valor es una zona de arcillas la cual se encuentra en la porción oeste del área de estudio, en dirección de oeste a este el material geológico presenta una mayor conductividad hidráulica y es una mezcla de arcillas con arenas, es decir en la zona 2, en la zona 3 el material geológico es arcilla, arenas con gravas y su valor se encuentra dentro del rango de las arenas más favorable desde el punto de vista hidrogeológico (Freeze and Cherry 1979, tabla 2.2).

**Tabla 4.12** Valores de la zonas de conductividad.

ZONA	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (m/día)
1	0.60
2	1.4
3	2.8

Los valores de la conductividad hidráulica en la capa están distribuidos, en un total de tres áreas iniciales de distribución como se muestra en la figura 4.7.

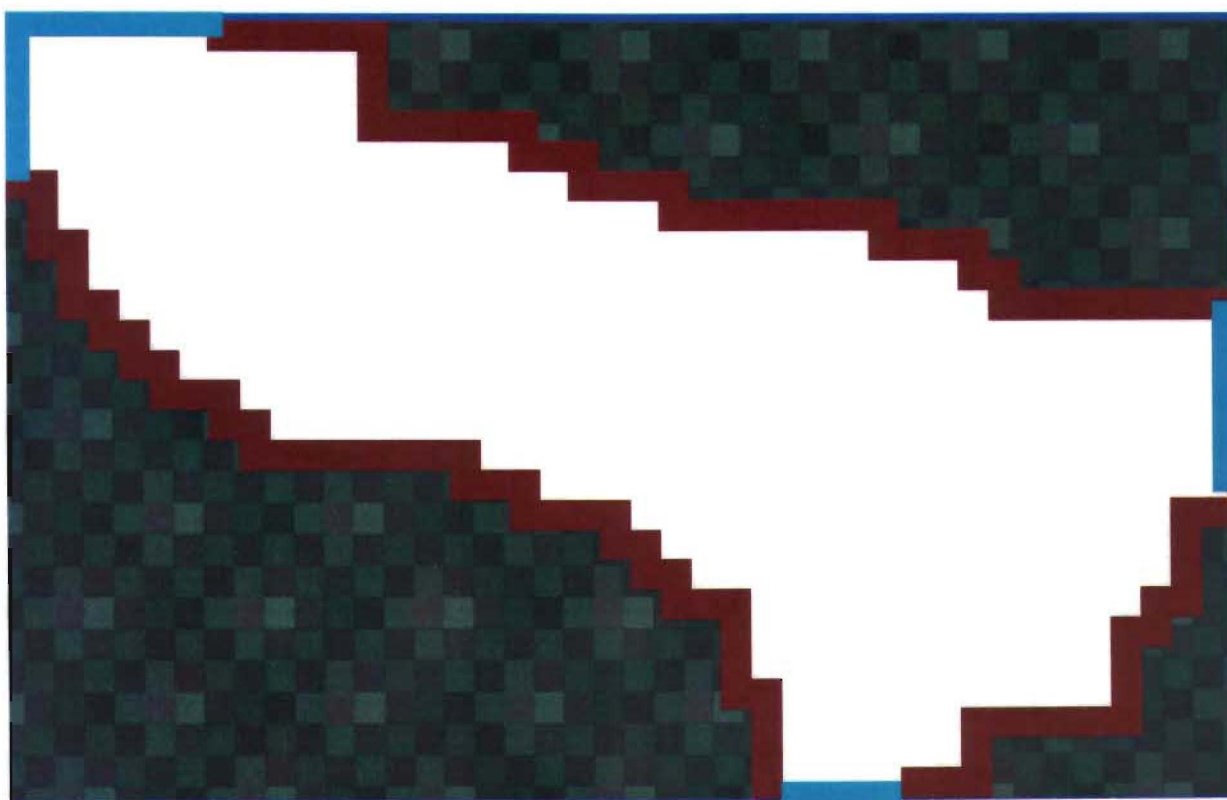
Hay un incremento general en los sedimentos granulares gruesos del oeste hacia el este. Se deduce que este patrón de sedimentación tiene una influencia muy importante en la cantidad y dirección del agua subterránea. Se considera que el agua subterránea, se mueve más libremente, a través de la sección que contiene la fracción más grande de los depósitos de grano grueso, lo cual ocurre en el lado este del dominio de modelación.

Los gradientes hidráulicos observados en los niveles de agua subterránea pueden proporcionar información relacionada con las variaciones en las propiedades transmisoras de agua de un acuífero. Ya que si consideramos que la velocidad del flujo es el producto de la conductividad hidráulica por el gradiente ( $V=k*i$ ), el dato de los gradientes hidráulico nos indica que en las zonas donde el gradiente hidráulico es mayor la velocidad es más rápida, suponiendo que la conductividad hidráulica es alta; es decir buena desde el punto de vista geohidrológico.



Como condición inicial se considero la piezometría del año 1982, que es el dato de inicio con el que se cuenta, como se mencionó en párrafos anteriores no se pudo determinar un estado estacionario, por tal motivo se parte de la piezometría del año 1982 como condición inicial, condición de frontera tipo uno o de Dirichlet, y es de carga constante.

Respecto a las condiciones de frontera se consideraron dos tipos de condiciones de frontera, la primera es la condición de frontera tipo impermeable definida por la geología circundante en el área de estudio, la otra condición de frontera se considera tipo dos o de Neumann. Flujo asignado que se da en la zonas de recarga y descarga subterránea del acuífero, como se ilustra en la figura 4.6.



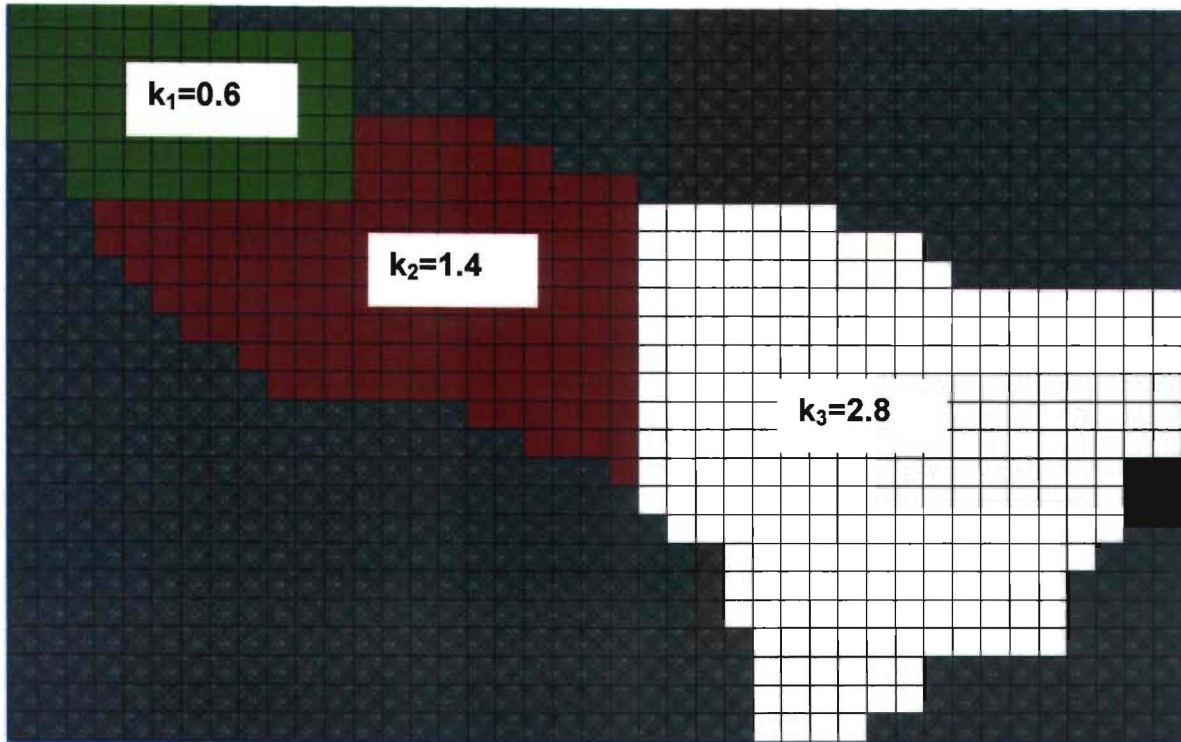
Condición de frontera tipo impermeable ————  
Condición de frontera de flujo asignado ————

**Figura 4.6** Asignación de las condiciones de frontera en el modelo.

#### 4.5 Calibración del modelo

La calibración es el proceso en el cual los parámetros del modelo se ajustan (dentro de límites razonables) hasta lograr que las cargas hidráulicas calculadas por el modelo

reproduzcan satisfactoriamente a las observadas en el campo. Dado que los datos y parámetros obtenidos en campo (niveles piezométricos, conductividades hidráulicas, coeficiente de almacenamiento, etc.) están sujetos a un cierto error, es de esperarse que al construir un modelo, con parámetros que poseen alguna incertidumbre, puedan existir diferencias entre los parámetros de campo y los calculados por el modelo. Como consecuencia estos parámetros deben ser calibrados.



**Figura 4.7** Zonas con los diferentes valores de conductividad hidráulica en m/día.

El proceso de calibración normalmente se inicia en estado estacionario, ya que la precisión de los parámetros estimados es más certera al eliminar, los efectos compensatorios que resultarán de la interacción con el coeficiente de almacenamiento o el rendimiento específico, según sea el caso. Para la identificación de un estado estacionario, es de gran relevancia contar con la historia piezométrica y así construir hidrogramas de pozos en el acuífero. En el acuífero Valle del Verano no fue posible calibrar en este régimen de flujo, dado que no se tienen registros piezométricos que permita identificar un régimen estacionario. De esta manera, la calibración del modelo en el Valle del Verano, se realizó en estado transitorio para los esfuerzos de seis años

comprendidos en los años 1982–1988, primer esfuerzo, y el segundo de 1988-1994. Los parámetros que intervinieron durante el proceso en la calibración son, la conductividad hidráulica y el rendimiento específico y las tasas de bombeo en las celdas de flujo asignado.

Los volúmenes de entradas y salidas de flujo subterráneo en los diferentes contornos del área de modelación, se obtuvieron a partir del área marcada por la configuración piezométrica. Parte de esta calibración consistió en variar esos flujos en cada celda dado que se tuvo que asignar un valor por celda en el Modflow y una vez que se determinó un volumen individual por celda se fue ajustando. Primero se utilizó en la asignación por celda un pozo de inyección obtenido del total del balance de masa prorrateado en el número de celdas y posteriormente se corroboró con la frontera de carga constante, obteniéndose resultados aceptables.

#### PIEZOMETRIA 1988 MEDIDA VS SIMULADA

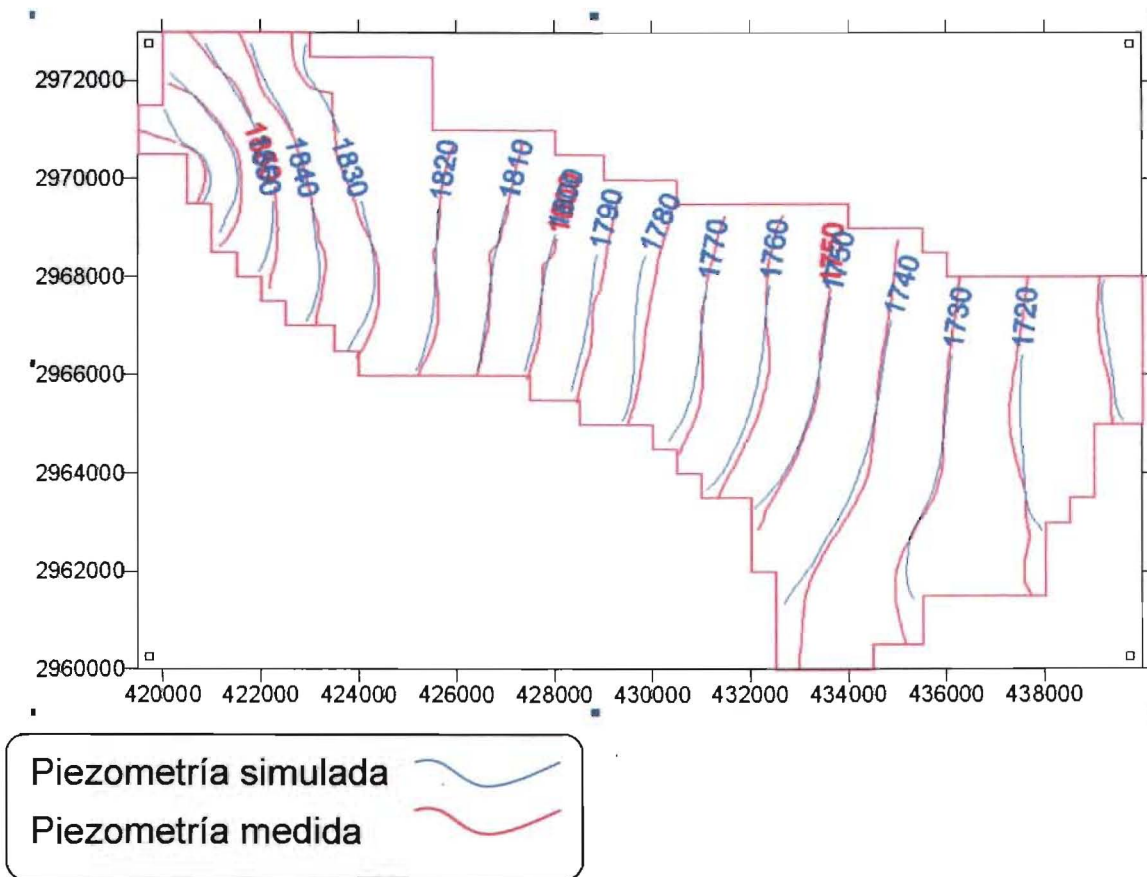
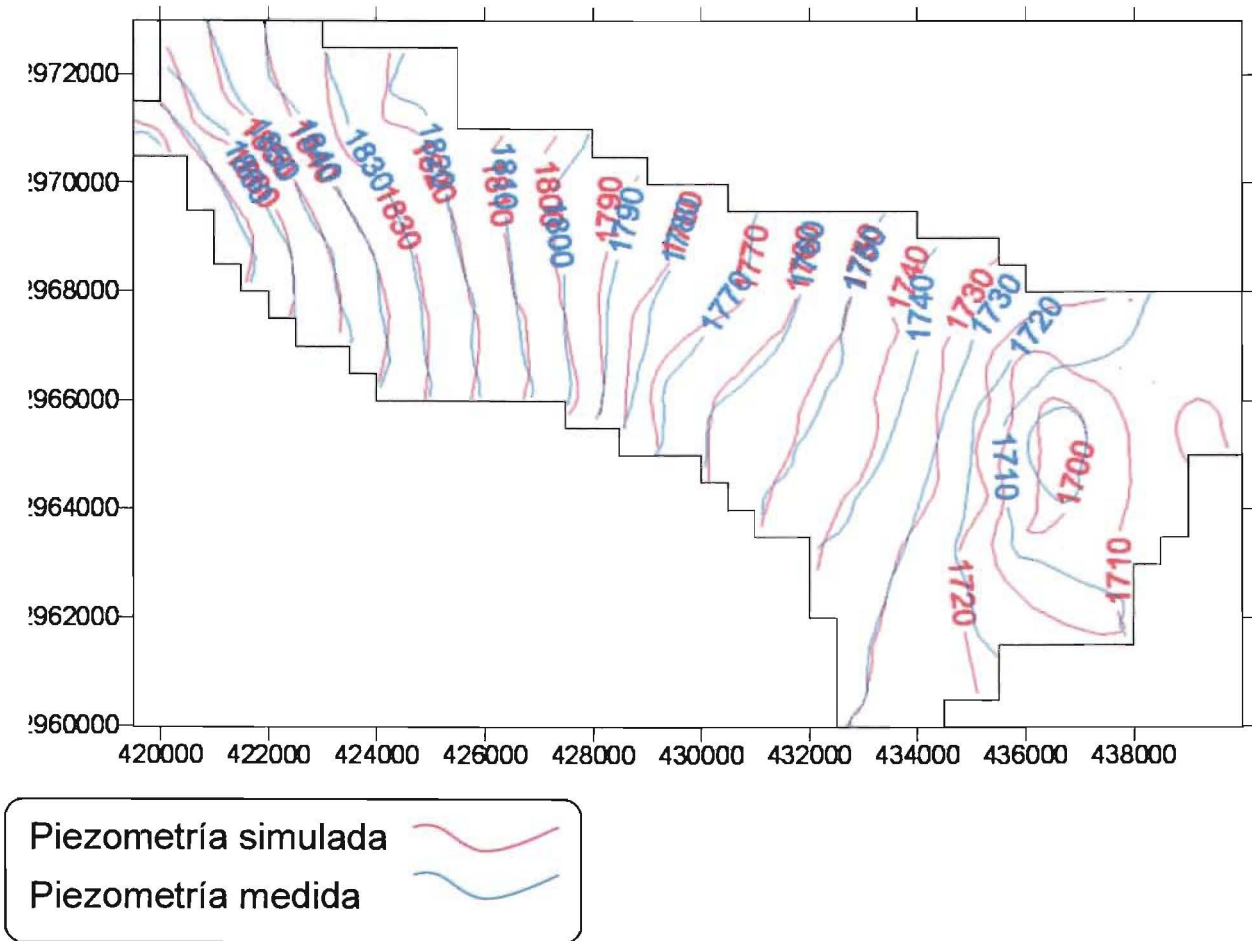


Figura 4.8 Piezometría medida vs simulada 1988.

Para observar la discrepancia entre las cargas hidráulicas medidas y simuladas, se puede crear una gráfica de comparación entre las cargas hidráulicas medidas y simuladas, como se muestra en la figura 4.8, para el periodo 1982 -1988; y en la figura 4.9 para el periodo 1988 -1994.

**PIEZOMETRIA 1994 MEDIDA VS SIMULADA**



**Figura 4.9** Piezometría medida vs simulada 1994.

Esta se originó tomando para una misma celda los respectivos valores de carga hidráulica. Los valores de cargas hidráulicas medidas y simuladas. Para evaluar la calidad de la calibración. Usualmente se reporta una calibración mediante una tabla de cargas medidas y simuladas junto con sus diferencias y algún tipo de promedio de las diferencias. El promedio de las diferencias se utiliza para cuantificar el error promedio de la calibración. En base a lo anterior se determinaron los siguientes tres parámetros (Anderson y Woessner, 1992):

1. **Error medio ( EM )** .- Es la diferencia entre las cargas medidas (hm) y las simuladas (hs), para un numero n de pozos de observación:

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (hm - hs)_i .$$

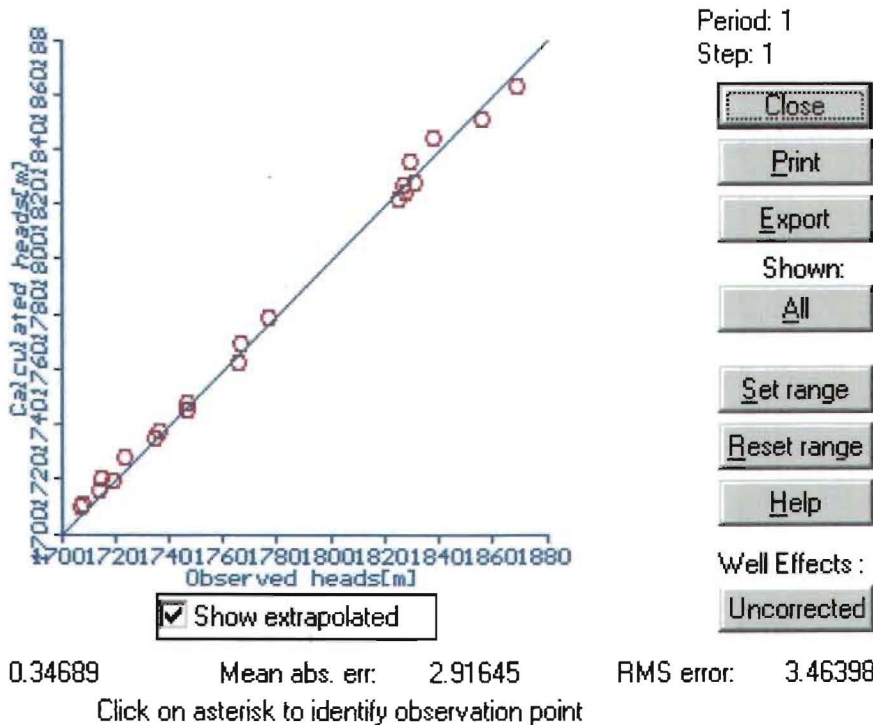
2. **Error medio absoluto ( EMA )** .- Es el promedio del valor absoluto de las diferencias entre las cargas medidas y simuladas:

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(hm - hs)_i| .$$

3. **Raíz cuadrada de las medias del error al cuadrado (RMS, por sus siglas en ingles)** o desviación estándar, es el promedio del cuadrado de las diferencias entre cargas hidráulicas medidas y simuladas:

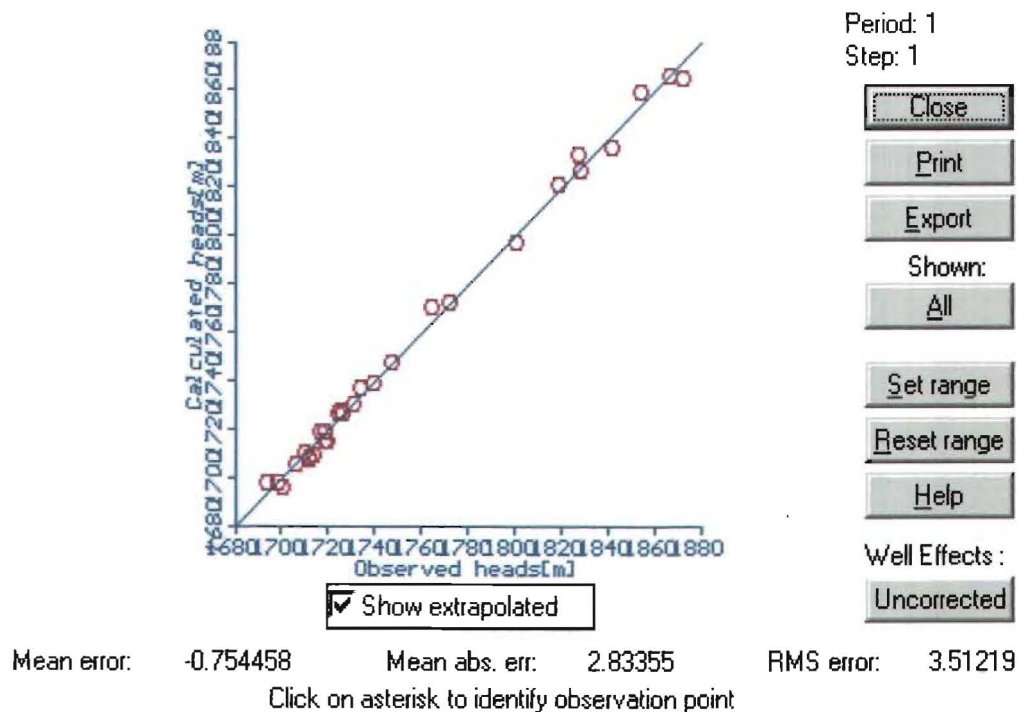
$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (hm - hs)_i^2} .$$

A continuación se presentan las figuras 4.10 y 4.11 donde se muestran las cargas observadas contra las simuladas (calibradas) del Modflow para los dos primeros esfuerzos.



**Figura 4.10** Gráfica del error cuadrático medio 1988.

Se aprecia un valor de 3.46 m para el año 1988, y de 3.51 m para el año de 1994, los cuales se consideran aceptables. El error cuadrático medio nos indica la desviación de las cargas medidas contra simuladas, la cual se considera aceptable dentro del rango entre los cinco metros, por tal motivo para los tres periodos se considera aceptable.



**Figura 4.11** Gráfica del error cuadrático medio 1994.

#### 4.5.1 Calibración de la conductividad hidráulica

Respecto a la conductividad hidráulica, con los datos que se habían obtenido en estudios anteriores se regionalizó en base a estos valores. Sectorizando la zona en tres. Se fueron ajustando las superficies de cada zona hasta alcanzar resultados satisfactorios.

El rango de los valores que se asignaron a las diferente zonas en el modelo varía de 0.6 a 2.8 m/día valores que se habían obtenido en estudios anteriores como se mencionó.

Conforme se fue calibrando el modelo se fueron redefiniendo las áreas hasta obtener un total de 3 áreas con diferentes conductividades las que arrojaban datos satisfactorios. Las áreas finales con los valores de conductividad hidráulica se muestran en la figura 4.12.

#### 4.5.2 Calibración del rendimiento específico

Cabe mencionar que el rendimiento específico se estuvo variando hasta alcanzar resultados similares en las cargas medidas contra las simuladas. Por lo que el coeficiente que se definió al final para el estado transitorio para las simulaciones fue de 0.12, constante en toda la capa.

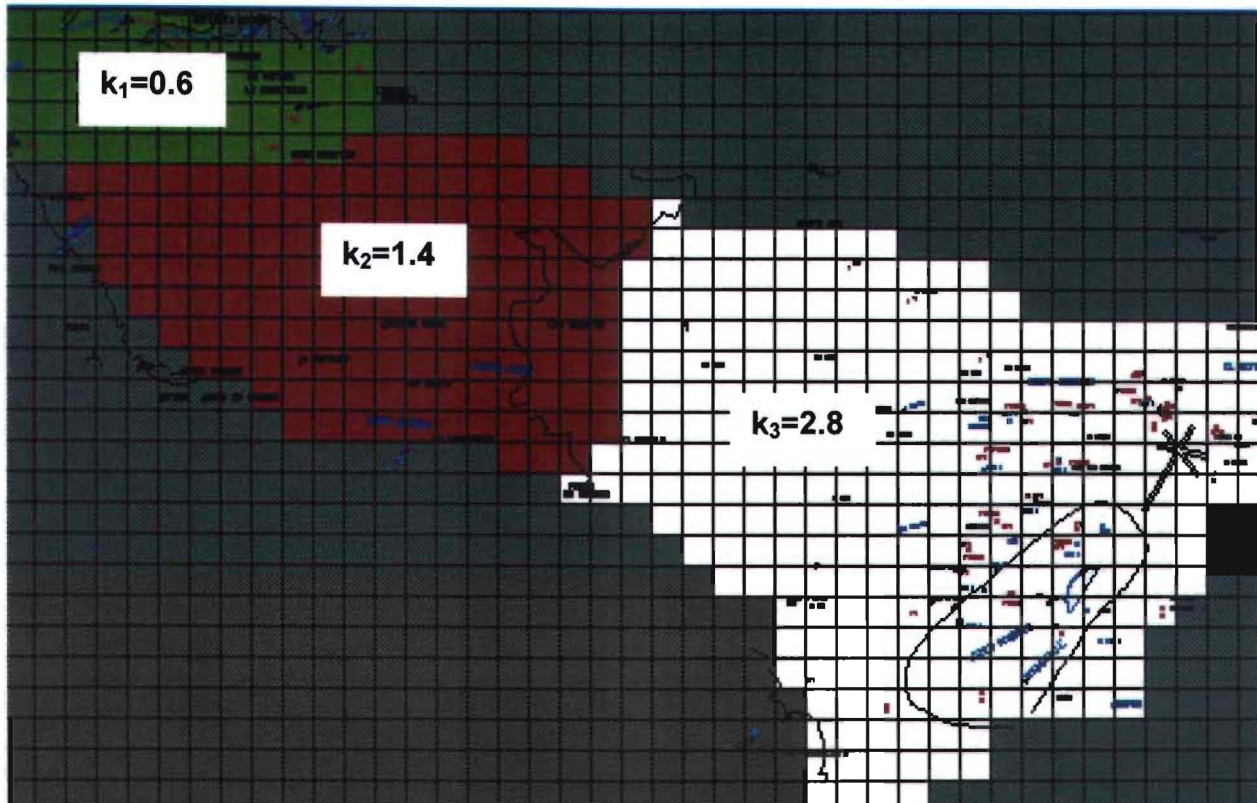


Figura 4.12 Zonas con los diferentes valores finales de conductividad hidráulica

#### 4.5.3 Calibración del balance de agua

De manera simultánea, durante el proceso de calibración de las cargas hidráulicas, se procedía a la calibración del balance de agua. Para tal efecto se analizaban todas las variables que se identificaron en el modelo conceptual del acuífero. En este proceso se buscó que la cantidad de agua calculada en la tabla 4.10 para los diferentes periodos, coincidiera con las reportadas por el modelo. De esta manera, en la tabla 4.13 se presentan los balances hidráulicos calculado y simulado para el esfuerzo 1988-1994, como se mencionó en párrafos anteriores.

Una vez que se calibró el modelo para las cargas simuladas contra las medidas se inicia el proceso de validación.

**Tabla 4.13** .- Comparación entre el balance de agua subterránea ( calculado y simulado ) para el esfuerzo 1988-1994.

**Balance de masa** (En millones de metros cúbicos anuales)

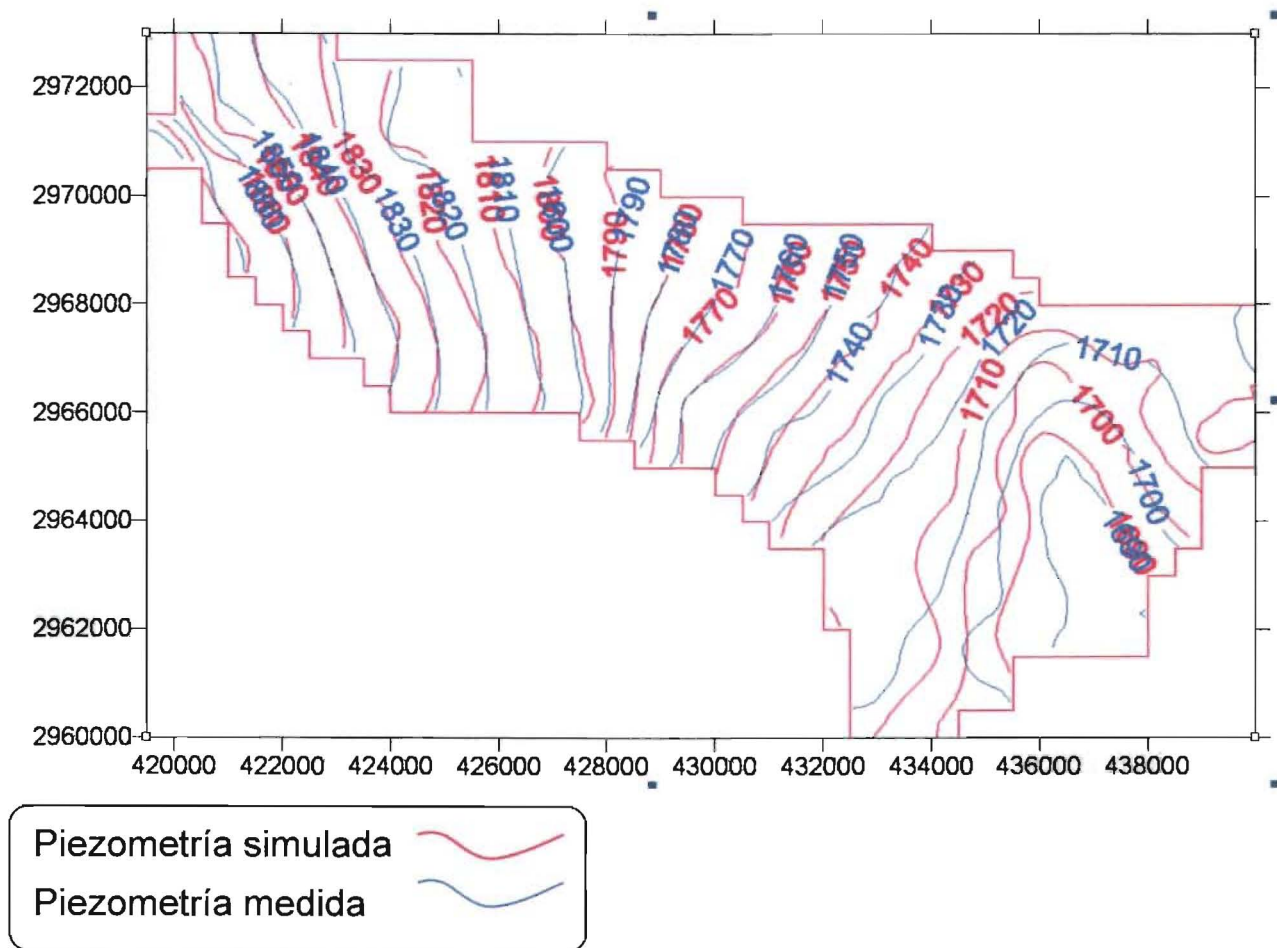
<b>VARIABLE</b>	<b>CALCULADO</b>	<b>SIMULADO</b>	<b>VARIACIÓN</b>
<b>ENTRADAS</b>	22.29	17.86	4.43
Recarga vertical	6.86	5.07	1.79
Entradas horizontales	15.43	12.79	2.64
<b>SALIDAS</b>	54.52	46.85	7.67
Bombeo	42.37	37.57	4.80
Salidas horizontales	12.16	9.28	2.87

#### **4.6 Validación del modelo**

La verificación es el proceso posterior a la calibración en el cual se comprueba si efectivamente el modelo es capaz de reproducir datos de los niveles piezométricos en el acuífero, no usados en la calibración dentro de un margen de tolerancia aceptable. La verificación se realizó para el periodo 1994-2000.



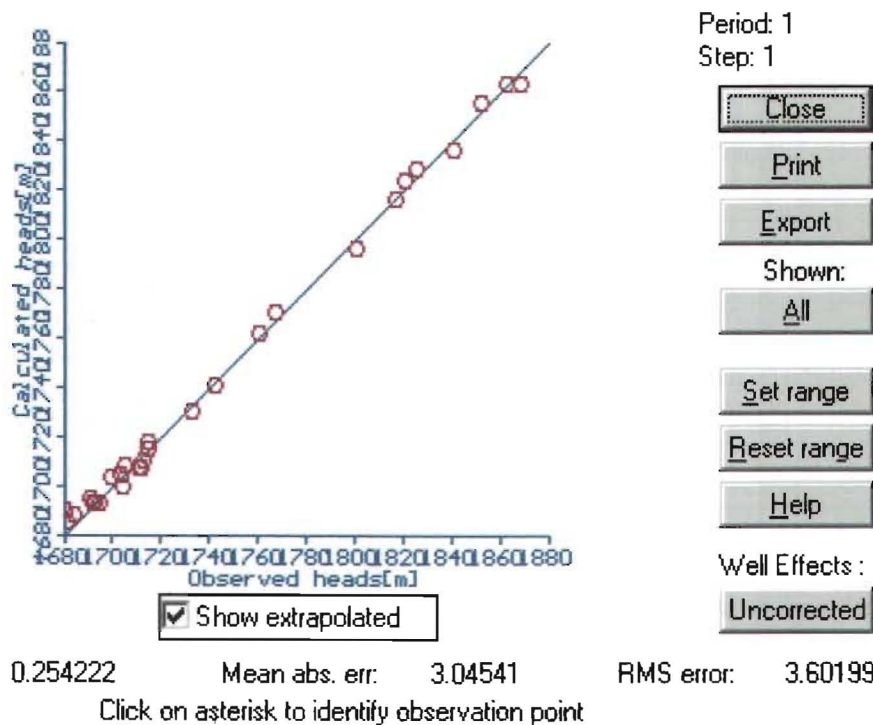
**PIEZOMETRIA 2000 MEDIDA VS SIMULADA**



**Figura 4.13** Piezometría medida vs simulada 2000.

En la figura 4.13 se muestran los valores de igual elevación del nivel estático medido y calculado por el modelo, observándose un resultado visual satisfactorio entre las cargas medidas y simuladas. Y con un error cuadrático medio de 3.60 mts. (Figura 4.14); Lo cual se encuentra dentro de un rango aceptable.

En la figura 4.14 se muestra el valor del error cuadrático medio para este esfuerzo.



**Figura 4.14** Grafica del error cuadrático medio 1994-2000.

Los resultados del balance de masa para este esfuerzo se presentan en la tabla 4.14

**Tabla 4.14** .- Comparación entre el balance de agua subterránea (calculado y simulado) para el esfuerzo 1994-2000.

**Balance de masa** (En millones de metros cúbicos anuales)

VARIABLE	CALCULADO	SIMULADO	VARIACION
<b>ENTRADAS</b>	22.49	17.06	5.43
Recarga vertical	6.77	4.49	2.28
Entradas horizontales	15.72	12.57	3.15
<b>SALIDAS</b>	67.27	60.48	6.79
Bombeo	54.63	50.38	4.25
Salidas horizontales	12.64	10.10	2.54

## **4.7 Simulación predictiva**

### **4.7.1 Problemas analizados**

En la predicción, los parámetros determinados durante los procesos de calibración y validación son empleados para predecir la respuesta del sistema acuífero a futuros eventos. El grado de confiabilidad, así como la longitud del periodo de predicción depende en gran escala en los resultados de la calibración (y el periodo empleado para ello). En este apartado abordaremos el proceso más interesante de la simulación, la cual desde mi particular punto de vista es la culminación del proceso del trabajo de campo y de gabinete; y de alguna manera la aplicación de todos y cada uno de los parámetros que intervienen en el modelo

En este proyecto el objetivo de la simulación predictiva es conocer el comportamiento de los abatimientos conservando la misma recarga para los tres escenarios posibles como son:

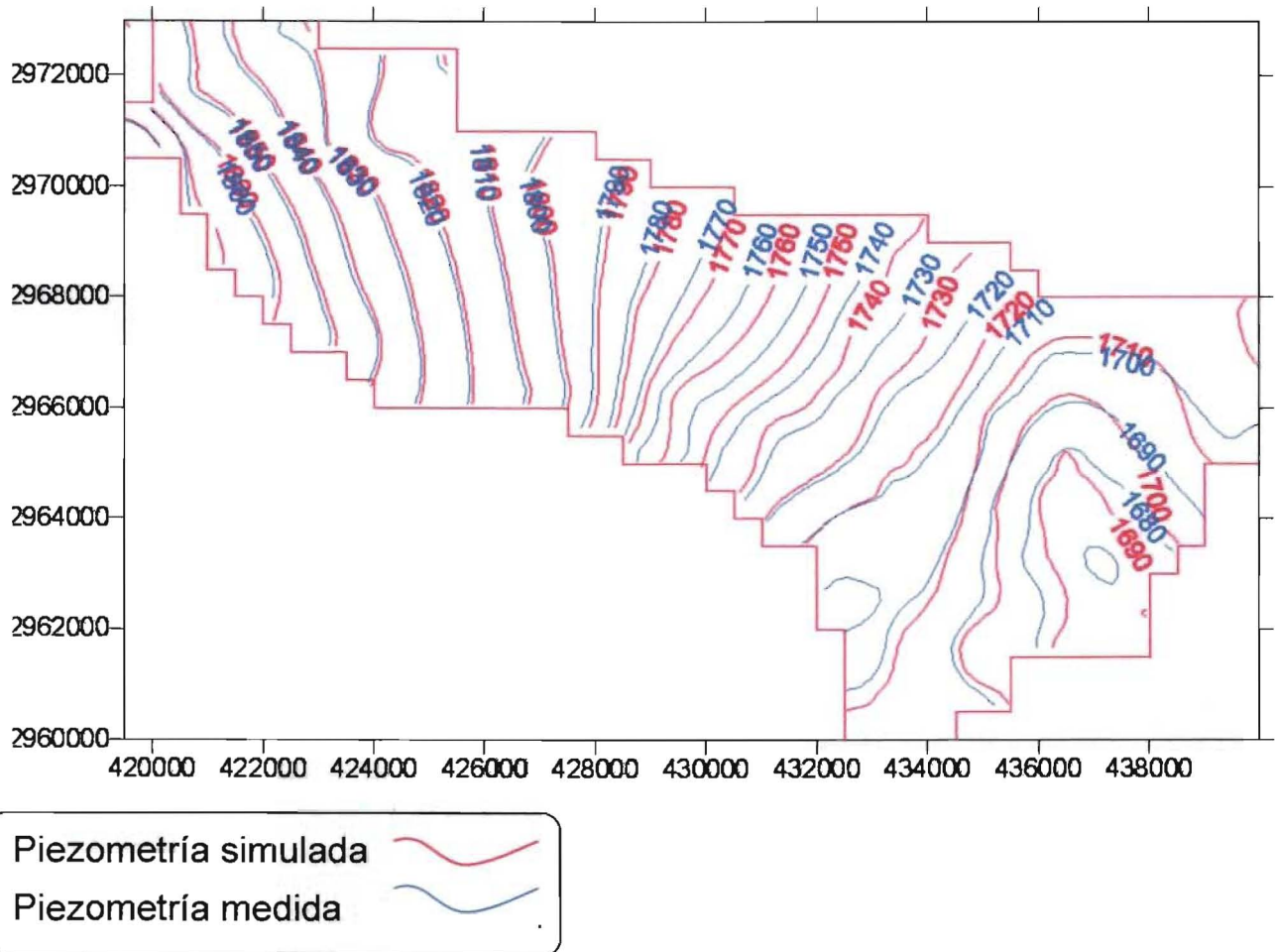
- Dejando las tasas de extracción por bombeo iguales a las del año 2000, obteniendo la distribución de cargas hidráulicas para el año 2020.
- Aumentando la extracción en un porcentaje similar al incremento de la población, es decir de 2.6% por año, en un periodo de 20 años.
- Reducción de la extracción del volumen de agua para uso agrícola, respetando el porcentaje del incremento para uso urbano. Conservando en equilibrio el volumen total de extracción con el volumen de la recarga para el mismo periodo de 20 años.

#### **4.7.1.1 Dejando las tasas de extracción por bombeo como se ha extraído hasta el año 2000, obteniendo el máximo abatimiento en la zona para el año 2020.**

Respecto a este escenario, se puede apreciar que el mayor abatimiento para el año 2020 se presenta en la zona donde se localizan la batería de los pozos del Organismo Operador de la ciudad de Hgo. del Parral, Chihuahua, y los pozos agrícolas de mayor caudal, como se muestra en el plano 4.1 (ver anexo) por consecuente, ahí se sitúan las

mayores extensiones de riego, y en donde las características geohidrológicas del acuífero son las mejores como se han mencionado en capítulos anteriores; es decir en la zona este del acuífero, por la zona del poblado del Verano como se ilustra en la figura 4.15, respecto a la configuración piezométrica en dicha zona se puede apreciar un abatimiento aproximado de 22 m en la zona, el abatimiento promedio en el periodo es de 1.1 m por año, esto si se sigue con la política de extracción como se ha desarrollado hasta ahora.

**PIEZOMETRÍA SIMULADA AÑO 2020 DEJANDO LAS TAZAS DE BOMBEO IGUAL QUE EN EL AÑO 2000**



**Figura 4.15** Configuración piezométrica para el año 2020 dejando las tasas de bombeo igual que en el año 2000.

En el resto de la zona del acuífero el abatimiento va de 1 metro hasta los 8 metros, cabe resaltar que la recarga se considera como se presenta en año 2000.

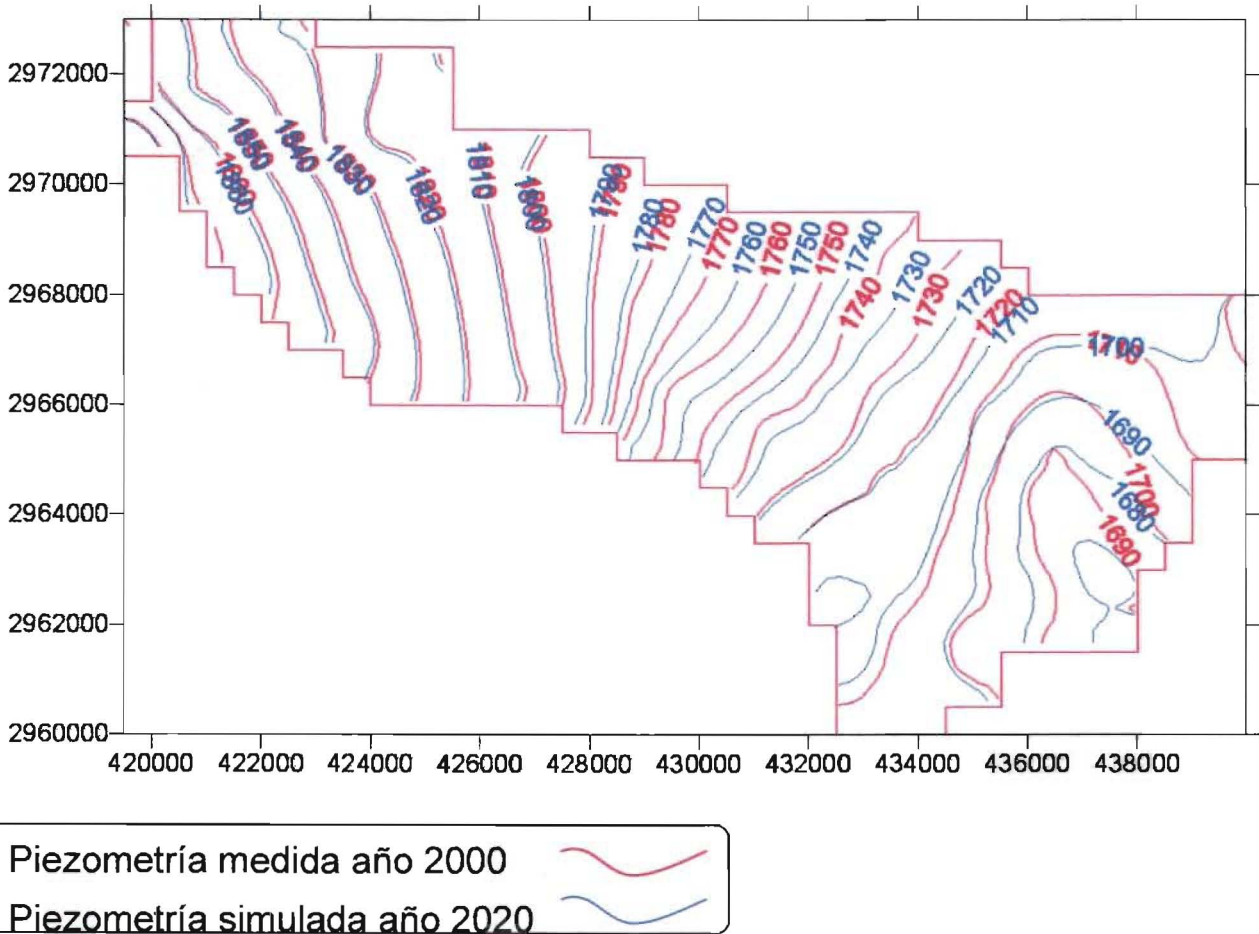
Se puede apreciar la creación de un cono de abatimiento en la zona de los pozos del Organismo Operador de la ciudad de Hgo. del Parral, y otro al en la proximidad de la de la zona en mención, lugar donde se encuentran una parte de los pozos agrícolas de mayor extracción. Como se puede observar en el plano 4.2 (ver anexo) los conos de abatimiento son relativamente de dimensiones pequeños.

#### **4.7.1.2 Aumentando la extracción en un porcentaje similar al incremento de la población, es decir de 2.6% por año, en un periodo de 20 años**

Al aumentar la extracción el modelo nos refleja un abatimiento (1.5 m por año promedio) considerable en las zonas anteriormente mencionadas, como son donde se localizan la batería de pozos del Organismo Operador de la ciudad de Hgo. del Parral, y los pozos agrícolas de mayor extracción según figura 4.15. En la parte central el abatimiento se encuentra en un rango de 1-12 mts. lo que respecta a la parte noroeste del acuífero el abatimiento es casi nulo, cabe mencionar que es la zona donde se presenta la recarga. Como podemos apreciar al aumentar la extracción en un 2.6%; el acuífero responde de una manera diferente en las distintas zonas donde las características del acuífero son variables. Lo que se refleja es el aumento de los conos de abatimiento que se empezaban a manifestar en la simulación anterior, pero al aumentar la extracción se acrecenta la configuración de los conos de abatimiento lo cual se refleja con un abatimiento para el periodo de simulación de 30 m según se ilustra en la figura 4.16.

Esto provoca bombear a una profundidad mayor, por lo anterior se requerirá de mayor potencia de bombeo, y por consecuencia de una mayor cantidad de energía eléctrica, otro aspecto es según el comportamiento del historial de bombeo puntualmente el volumen se reducirá, aunque en general la extracción se llegue a dar como se simula en este modelo.

### PIEZOMETRIA SIMULADA AUMENTANDO EN 2.6% LA TAZAS DE BOMBEO EN UN PERIODO DE 20 AÑOS



**Figura 4.16** Configuración piezométrica para el año 2020 aumentando las tazas de bombeo en un 2.6 %

#### 4.7.1.3 Reducción de la extracción del volumen de agua para uso agrícola, respetando el porcentaje del incremento para uso urbano. Conservando en equilibrio el volumen total de extracción con el volumen de la recarga para el mismo periodo de 20 años

Según los resultados de la piezometría obtenida por el modelo, este escenario es el más idóneo, en el sentido que los niveles estáticos sufren un abatimiento mínimo, considerando que la extracción para uso urbano es mínima en consideración con el volumen que se extrae para uso agrícola, esto lo demuestra el modelo donde si se

considera una extracción similar a la recarga el acuífero responde de una manera favorable, sobre todo en las zonas donde se tienen abatimientos considerables. Se aprecia que a partir de la curva de isovalores 1750 prácticamente se mantiene sin sufrir cambio alguno, es a partir de la cota 1740 donde se presenta un insignificante abatimiento lo cual se prolonga hacia la dirección del Este con abatimientos de 0.5 m en el periodo como se muestra en el plano 4.3 (según anexo).

Recalcando que el modelo nos refleja que se puede mantener el acuífero con un abatimiento controlado, a través de una política de extracción adecuada, considerando las características geohidrológicas del mismo, las cuales las considero buenas en una gran parte del acuífero, solo resta que antropogénicamente entendamos esto.

### PIEZOMETRIA SIMULADA CONSERVANDO EN EQUILIBRIO LOS VOLUMENES DE ENTRADA Y SALIDA

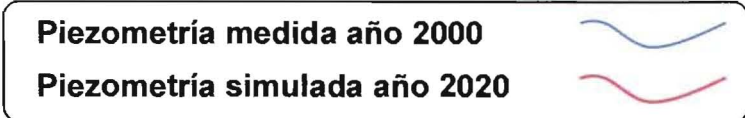
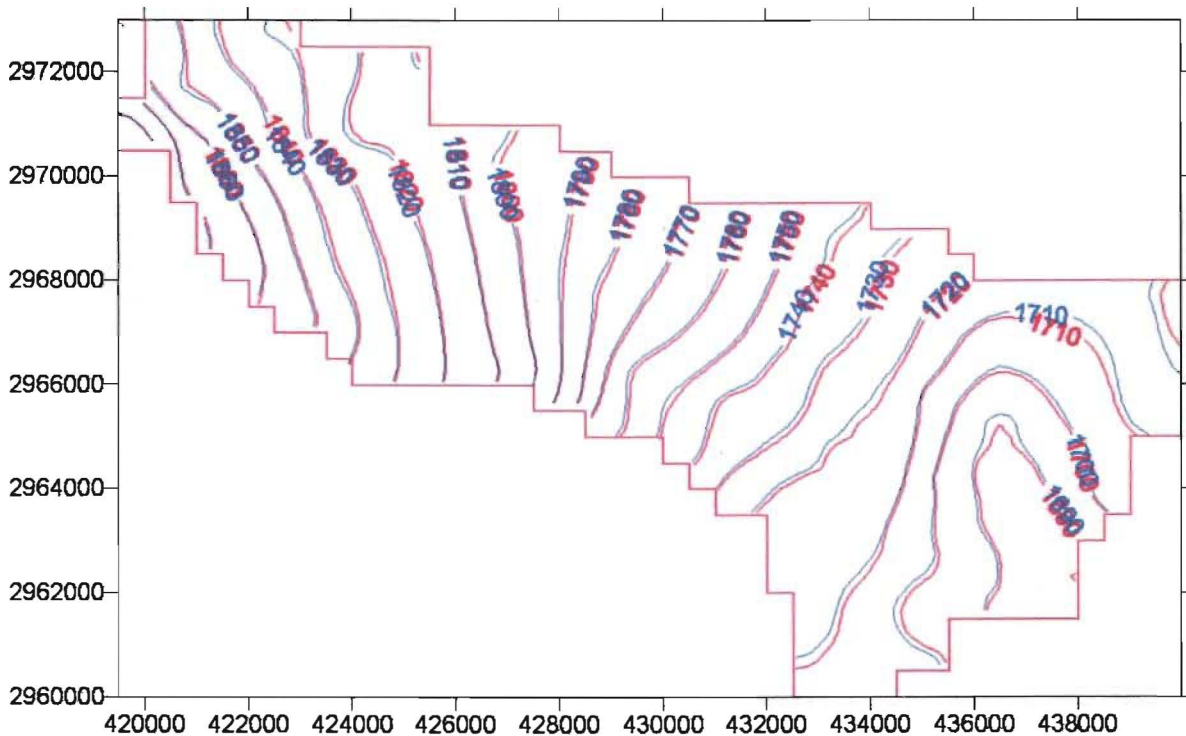


Figura 4.17 Configuración piezométrica para el año 2020, conservando en equilibrio el volumen total de extracción con el volumen de la recarga.

#### 4.8 Análisis de sensibilidad

En el análisis de sensibilidad se evalúa para que parámetros hidráulicos es más vulnerable el modelo, es decir para el cambio de algunos parámetros el modelo "responde" más sensiblemente. Causada por la incertidumbre en las estimaciones de los parámetros del acuífero tales como: conductividades hidráulicas, rendimiento específico, flujos de entradas y salidas, etc. El rango seleccionado para variar estas propiedades se ubica dentro de un 10 y 15% por encima y abajo del valor original de calibración, por ejemplo al cambiar el área de influencia de las zonas y el valor de la conductividad hidráulica en el modelo se observó que el modelo arrojaba resultados diferentes considerables, lo mismo sucedió en la zona donde coincidían dos valores de la conductividad de 0.6 m/día y 1.4 m/día. Se volvió a correr el modelo y se obtuvieron resultados muy variantes, con los cuales las cargas hidráulicas varían aproximadamente en un 4% al modificar los valores y las zonas de aplicación de la conductividad hidráulica.

El procedimiento se hizo en otras zonas como se había detallado en el punto de la calibración, el rango de la conductividad hidráulica va desde los 0.5 m/día hasta 3.0 m/día. Al igual sucedió con el rendimiento específico, el mismo se varió en un rango de 0.15 hasta 0.10, siendo el valor final de 0.12, con el cual el modelo arrojó resultados satisfactorios como se describió en párrafos anteriores (valor típico de un acuífero libre), pero al cambiar el valor del rendimiento específico las cargas hidráulicas varían aproximadamente en un 3%, para el resto de las variantes como la porosidad, flujos de entrada y salida subterránea, las cargas hidráulicas no sufrían cambios sustanciales, estos cambios nos indican que el modelo no es sensible a dichos parámetros, dejándose sin variación las tasas de bombeo; cabe mencionar que esto se llevó a cabo de una manera gradual.

El análisis de sensibilidad en el modelo se enfocó específicamente en los parámetros de la conductividad hidráulica y el rendimiento específico, siendo el modelo sensible para ambos; pero se reflejó una sensibilidad mayor al cambio en las conductividades hidráulicas. Debido a los resultados obtenidos y al error cuadrático medio el análisis de



sensibilidad es del tipo II, ya que la entrada de los datos causaba cambios significantes en la calibración residual pero cambios insignificantes en las conclusiones del modelo.

Cabe mencionar que existen cuatro tipo de análisis de sensibilidad, el tipo I es cuando la entrada de los datos causan cambios insignificantes en la calibración residual al igual que en las conclusiones del modelo. El tipo II ya se mencionó, el tipo III es cuando la entrada de los datos causan cambios significantes en la calibración residual al igual que cambios significantes en las conclusiones del modelo, y por último el tipo IV donde la entrada de los datos causan cambios insignificantes en la calibración residual y cambios significantes en las conclusiones del modelo.

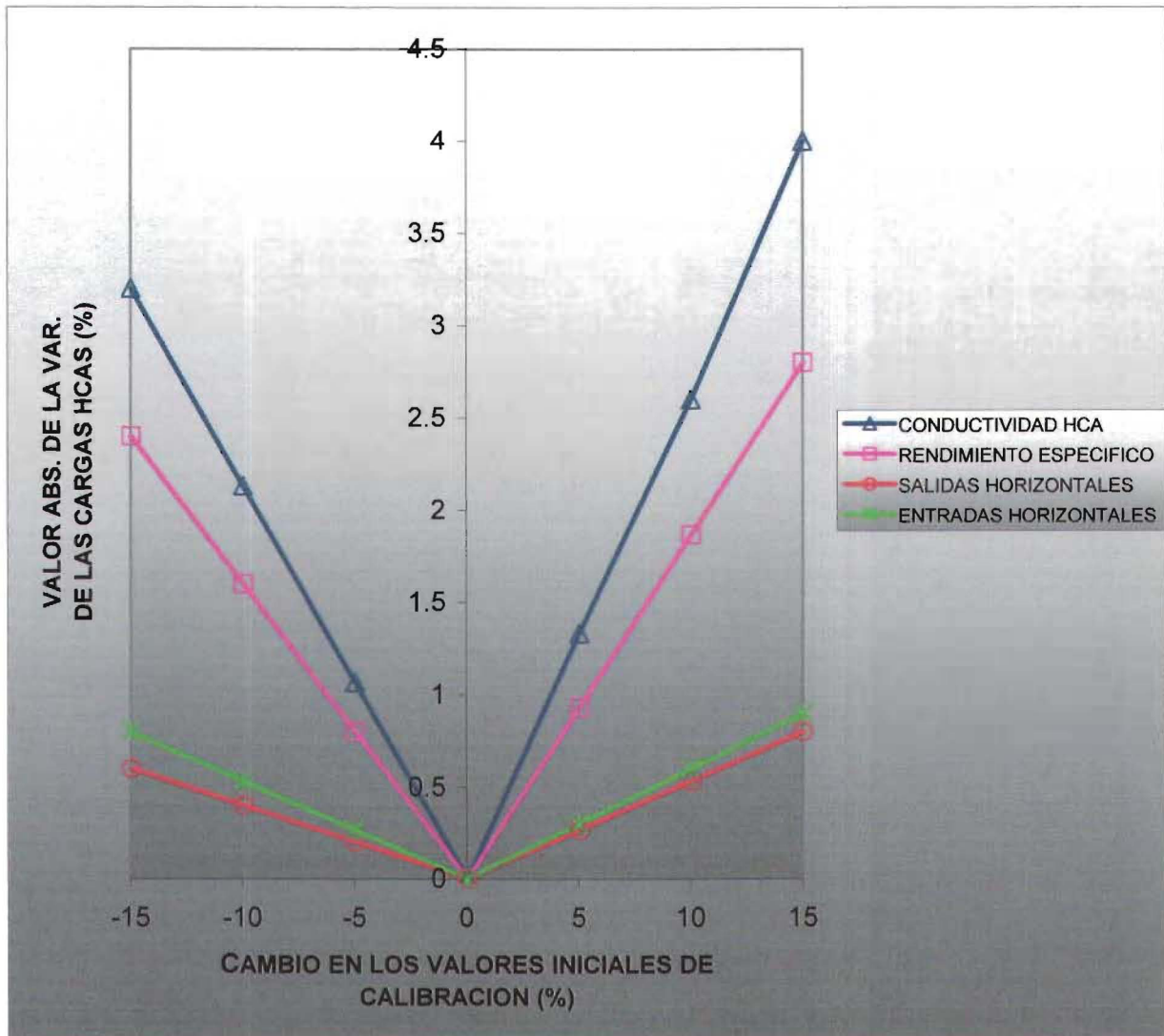


Figura 4.18 Gráfica de los parámetros que intervienen en el análisis de sensibilidad

## V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Que reveló el modelo

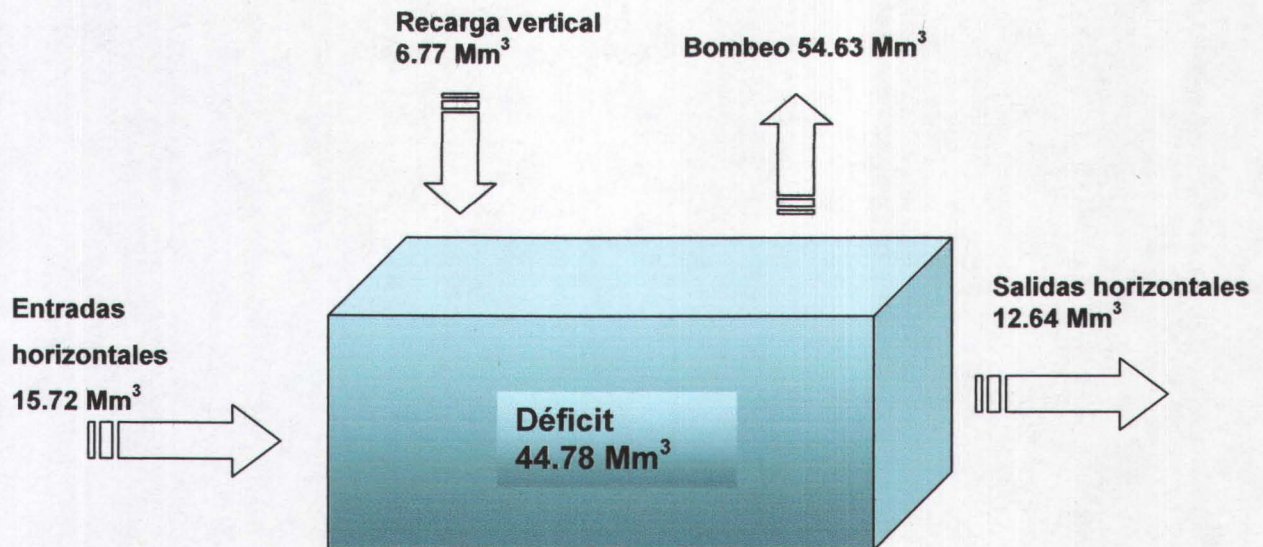
El modelo de simulación numérica aplicado al flujo subterráneo del acuífero del Valle del Verano en la ciudad de Hidalgo del Parral, Chihuahua, es una herramienta que permite conocer el funcionamiento del acuífero y los efectos que se pueden ocasionar si se sigue con una explotación irracional del recurso, lo cual se debe considerar muy seriamente. Más aún, con la ayuda de este modelo, se pueden tomar acciones que permitan políticas de extracción encaminadas al uso racional del agua subterránea del acuífero, y de esta manera coadyuvar a la preservación del recurso en el bien de todos los usuarios del mismo, ya que es un elemento fundamental para alcanzar un desarrollo sustentable del zona y en lo particular de las poblaciones tales como, Hgo. del Parral, San Francisco del Oro, Santa Bárbara. Y del área agrícola de la región. Objetivo planteado por los diversos entes de los diferentes niveles de gobierno y sectores de la sociedad.

Bajo condiciones de sobreexplotación, como es el caso de este acuífero, el modelo de simulación de flujo subterráneo cobra importancia, ya que con este, se puede planear condiciones de explotación, con el objetivo de optimizar la explotación del agua subterránea, estableciendo volúmenes de extracción por zonas, para disponer cada vez menos del almacenamiento del acuífero, lo cual se reflejaría en la disminución de los abatimientos y porque no hablar de un ahorro de energía ya que la extracción no sería mas profunda de cómo se realiza hasta hoy.

De los resultados obtenidos del estudio se desarrollan las siguientes conclusiones:

1. para el periodo de los años 1994-2000. el balance de agua subterránea arroja un volumen de recarga vertical anual de  $7.62 \text{ Mm}^3$  (Millones de metros cúbicos). Lo cual es demasiado bajo en comparación con los otros parámetros, las entradas horizontales son del orden de  $15.72 \text{ Mm}^3/\text{año}$ , respecto a las salidas, se tiene un volumen de extracción por bombeo de  $54.63 \text{ Mm}^3/\text{año}$ , así mismo las salidas horizontales del acuífero se consideran del orden de  $12.64 \text{ Mm}^3/\text{año}$ . Y lo más

relevante de esto es que se dispone del almacenamiento, de un volumen anual de  $44.78 \text{ Mm}^3$



2. El análisis de sensibilidad practicado al modelo, demostró que las variables más sensibles son, la conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento, siendo el modelo sensible para ambos; pero se reflejo una sensibilidad aún mayor al cambio en las conductividades hidráulicas. Por tal motivo se concluyó, que debido a los resultados obtenidos, y al error cuadrático medio el análisis de sensibilidad es del tipo II; ya que la entrada de los datos causaba cambios significantes en la calibración residual, pero cambios insignificantes en las conclusiones del modelo.
3. Bajo el esquema del escenario de dejar las tasas de bombeo igual a como se esta extrayendo actualmente, a un futuro de 20 años, el modelo nos revela un abatimiento considerable (1.1 metro aproximadamente), en la zona cerca al poblado del Verano, precisamente donde se localiza la batería de pozos del Organismo Operador de la ciudad de Hgo. del Parral. También estos abatimientos considerables se presentan en la zona donde se extrae mayor cantidad de agua para uso agrícola, donde las extensiones de riego son considerables. Todo esto se localiza en la parte este del acuífero.

4. Otro dato importante que nos revela el modelo, es que si se considera un aumento del 2.6% del volumen de bombeo conforme se proyecta el incremento de la población, el abatimiento se incrementa en las zonas mencionadas en el párrafo anterior (aproximadamente de 1.5 m), un resultado que se debe de considerar es que en la parte noroeste del acuífero precisamente donde se da la mayor recarga el abatimiento es casi nulo el abatimiento que se presentaría, por tal motivo es conveniente considerar esta zona para distribución espacial la perforación de pozos para su extracción futura.
5. Tratar de reducir el volumen de extracción en todo el acuífero es de vital importancia, la ventaja de la aplicación de este modelo, es precisamente que nos ilustra lo beneficioso que sería llevar a la practica esta reducción, donde el acuífero responde de una manera favorable al estar prácticamente en equilibrio con el reflejo de un nulo abatimiento, como se planteo en este trabajo en el tercer escenario posible, si se reduce la extracción del agua del acuífero, igual al volumen de recarga, cabe mencionar que este escenario resulta complejo llevarse como tal, ya que intervienen diversos intereses, será tarea de la CNA, COTAS, JCAS, etc. pero sería lo ideal en bien de la conservación del recurso subterráneo disponible.
6. Otro aspecto que se obtiene del modelo es respecto a la recarga, donde es reducida, por tal motivo es indispensable considerarla en un monitoreo constante, lo cual se detallará ampliamente en el apartado de las recomendaciones, pero se menciona precisamente porque es resultado de la ventaja en la aplicación del modelo, donde se considera la precipitación variable íntimamente relacionada, a su vez el modelo nos confirma que la dirección del flujo es de oeste hacia el este.

Los modelos de simulación numérica aplicados al estudio de las aguas subterráneas son una buena herramienta que permiten conocer la respuesta de un acuífero para diferentes escenarios de explotación, además permiten identificar aquella que optimice las condiciones que se presentan en el área de influencia del acuífero.

Con esto es conveniente mencionar que desafortunadamente en la región un porcentaje considerable aprovecha el recurso subterráneo del acuífero, debido a la falta de almacenamientos superficiales, y menciono que desafortunadamente porque esto ha ocasionado hasta la fecha un deterioro en los niveles y caudales del mismo, y los estragos se empiezan hacer patentes en el entorno ecológico.

Por lo anteriormente mencionado, los modelos numéricos se pueden considerar como un soporte técnico para estructurar una política de extracción congruente con el recurso disponible.

## **5.2 Limitaciones del modelo**

La primera y gran limitación es el no contar con información de la piezometría para el estado estacionario, al igual que las tasas de bombeo, esto limita el análisis y simulación del modelo, a su vez no se puede definir el estado inicial en que se encontraba el acuífero. Otro aspecto es que no se encontraron datos de manantiales que existieron en la zona, según comentarios de los pobladores de la zona, pero desafortunadamente no se encuentra en ninguna dependencia alguna datos al respecto. Esto nos daría una idea de los niveles iniciales y de la interacción de los mismos con el acuífero, otro aspecto importante que se tuvo como limitación es el que el río Santa Bárbara, río principal que atraviesa al acuífero no cuenta con una estación hidrométrica. Y lo cual no permite tener el dato del escurrimiento superficial de la cuenca, en la misma situación se encuentra la presa talamantes a la cual desemboca el río Santa Bárbara, donde no cuenta con ningún historial. Por lo que no se puede determinar de alguna manera un dato confiable en cuanto al escurrimiento.

Otra limitante es el contar con pocas pruebas de bombeo para la obtención de los parámetros, y también en tener escasos pozos de observación para el número total de pozos del acuífero. Lo cual hace que en algunas zonas no se cuente con esta referencia, que afortunadamente es en la zona donde existen pocos pozos y de mínima extracción. Lo mismo sucede con datos de la hidrogeoquímica en el acuífero, la cual se ha realizado en el estudio que realizó el Ing. Miguel Royo en el año 1994, y en dicho estudio se

realizaron pruebas a un total de doce pozos, lo cual la limitante es que no se cuente con pruebas que sean más ampliamente representativas de las diferentes zonas que conforman al acuífero.

### **5.3 Recomendaciones para trabajos futuros**

Primeramente se recomienda llevar un control de los niveles piezométricos dos veces al año, al igual que verificar los caudales de extracción de los pozos, sobre todo en la batería de los pozos del Organismo Operador de la ciudad de Hgo. del Parral, Chihuahua, y donde se localizan los pozos agrícolas de mayor extracción que es en la zona este del acuífero.

Se debe plantear un estudio geohidrológico en un periodo corto, con el objetivo de actualizar los datos, y verificar físicamente los resultados obtenidos de este modelo según el escenario que se aplique, lo cual consideramos que lo ideal es reducir la extracción, respetando únicamente el porcentaje del crecimiento poblacional, pero reduciendo la extracción para uso agrícola, lo cual se planteo en este trabajo en el tercer escenario, los resultados nos indican que el acuífero se mantendría en buen estado. Algo relevante es llevar un estricto control en cuanto a la extracción y por supuesto ya no permitir ningún aprovechamiento en la zona este del acuífero debido que es donde se encuentran el mayor abatimiento y donde se pronostican abatimientos prolongados. Y por ende esto va repercutir en la disminución de los caudales, en los pozos antes mencionados.

En la zona del resto del acuífero donde se perforen pozos nuevos es necesario obligar al concesionario, obtener el corte litológico y una prueba físico química del mismo. Incluyendo la temperatura. Por supuesto para poder determinar con mayor precisión la dirección del flujo de la recarga al igual que con los características físico químicas, la cual nos pueden dar mayores elementos para determinar la dirección de la recarga y el comportamiento de la calidad del agua, factores elementales hoy en día para relacionarlo con la litología, y poder estructurar una mejor política de extracción puntual y seguidamente general. Cabe mencionar que seria conveniente realizar pruebas de bombeo para conocer más a detalle los valores de las características hidrogeológicas.

Es conveniente solicitar a la Comisión Nacional del Agua en el estado y a la Junta Central de Agua y Saneamiento, instalar una estación climatológica en el cerro de los azules, que es donde nace la cuenca superficial del Valle del Verano, para poder determinar con mayor precisión las precipitaciones que se presentan, y que esto coadyuve para trabajos posteriores. Así como instalar una estación hidrométrica aunque resulte gravoso, pero por la importancia del río es necesario la medición de caudales, de los escurrimiento del río Santa Bárbara, principal río que atraviesa al acuífero para obtener datos de escurrimiento superficial lo cual seria un elemento mas para el análisis del acuífero. Otra recomendación no menos importante, es considerar realizar una cantidad representativa de pruebas de bombeo, que complementen los datos obtenidos anteriormente, y contar con una muestra más amplia para los diferentes valores de la conductividad hidráulica y otros aspectos hidrogeológicos.

Como conclusión, es necesario darle la importancia que merece el agua subterránea en la entidad, y restringir al máximo la extracción, para no seguir sobre explotando el acuífero, darle continuidad a los resultados que arroja el presente estudio, con los niveles de abatimiento pronosticados en el mismo. Claro, para esto es necesario la intervención de las dependencias involucradas directa e indirectamente en el manejo del mismo, así como los diversos sectores de la sociedad, para determinar conjuntamente las políticas de extracción del agua subterránea, que permita alcanzar el desarrollo sustentable de la región, y en donde el agua subterránea juega un papel mas que importante, es vital. Y las acciones deben ser de inmediato plazo, para no seguir deteriorando en cantidad y calidad el agua del acuífero valle del Verano, como lo revela el presente trabajo en cuanto a su cantidad.

## VI BIBLIOGRAFÍA

- 1.- American Society for Testing and Materials, Standard Guide for Conducting a Sensitivity Analysis for a Ground Water Flow Model Application, 1994.
- 2.- Anderson, Mary P. y William W. Woessner, Applied groundwater modeling, Simulation of flow and advective transport, Academic Press, San Diego California, 1992.
- 3.- Campos Aranda, Procesos del Ciclo Hidrológico, Volumen I, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, San Luis Potosí, S.L.P., 1998.
- 4.- Comisión Nacional del Agua, Compendio Básico del Agua en México, 2003.
- 5.- Comisión Nacional del Agua, Manual para evaluar recursos hidráulicos subterráneos, México, 1994.
- 6.- Comisión Nacional del Agua, Metodologías para la Estimación de la Disponibilidad de Agua. Gerencia de Planeación Hidráulica. México, 1998.
- 7.- Custodio, E., Llamas, M.R., Hidrología Subterránea, editores OMEGA, Barcelona., 1983.
- 8.- Davis. S. N., De Wiest R., Hidrogeología. Hill. Ediciones Ariel., Barcelona, España, 1971.
- 9.- Domenico, A. P., Concepts and models in groundwater hydrology, McGraw Hill Inc.U.S.A., 1972.
- 10.- Freeze, R. A., Cherry, J.A., Groundwater; Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey., 1979.
- 11.- Guiguer, N., Franz, T., Visual Modflow (The Integrated Modeling Environment for Modflow and Modpath), Waterloo Hydrogeologic, Ontario, Canada, 1996.
- 12.- INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua, 1999.
- 13.- INEGI, Carta de Evapotranspiración y Déficit de Agua, Esc. 1:1,000,000, 1983.
- 14.- INEGI, Cartas Geológicas escala 1:50,000, claves G13 – A58 y G13 – A57, 1977.
- 15.- INEGI, Carta Hidrológica de Aguas Subterránea Hidalgo del Parral clave G13 – 5, escala 1:250,000, 1988.



- 16.- INEGI, 1988; Carta Hidrológica de Aguas Superficiales Hidalgo del Parral clave G13 – 5, escala 1:250,000, 1988.
- 17.- INEGI; 1994; Carta Topográfica escala 1:50,000 claves G13-A58 y G13-A57.
- 18.- Kresic, Neven., Hydrogeology and Groundwater Modeling, Lewis Publishers. Boca Raton, New York, 1997.
- 19.- Linsley, M. Kohler F. Paulhus. E. Hidrología para Ingenieros, Editorial McGraw Hill, 1982.
- 20.- Martínez, E, R. 1998, Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. (RASPA). Universidad Autónoma de Chapingo, 1998.
- 21.- Pinder, George F. Groundwater modeling, Using Geographical information Systems, John Wiley and Sons, Inc., New York, E.U.A., 2002.
- 22.- Royo Ochoa, Miguel., Estudio Geohidrológico del Acuífero Valle del Verano, Junta Central de Agua Y Saneamiento Chihuahua, Chih., 1994.
- 23.- Rushton, K., Recharge from Permanent Water Bodies. Recharge of Freatic Aquifers in (semi) Arid Areas. International Association of Hydrogeologist. V.19 pg 215-255., 1998.
- 24.- Secretaria de recursos Hidráulicos, Boletín Hidrológico Numero 34. Jefatura de irrigación y Control, México, 1970.
- 25.- SARH, Estudio Geohidrológico para el abastecimiento de agua potable de la ciudad, de Hgo. Del Parral, Chihuahua. 1988.
- 26.- Spitz, K. Moreno J., A Practical guide to Groundwater and Solute Transport Modeling., John Wiley and Sons, Inc., New York. N.Y., 1996.
- 27.- Todd, D. K., Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons, University of California, Berkeley, 1980.

## VIII ANEXOS

## **ANEXO I (TABLAS)**

**PIEZOMETRIA 1982**

**TABLA 3.1**

NUMERO POZO	ELEV. BROCAL	LATITUD	LONGITUD	UTMN	UTME	PROF. N.E	ELEV. N.E.
13	1781.731	26-45-5	105-39-4	2,960,288.8120	434,269.2172	45.28	1736.45
16	1759.830	26-46-53	105-38-51	2,962,220.0699	435,632.3999	34.50	1725.33
18	1758.330	26-47-11	105-39-10	2,962,776.5303	435,110.5688	24.75	1733.58
19	1764.878	26-46-17	105-38-51	2,962,958.4398	435,636.1604	36.54	1728.33
20	1742.388	26-47-18	105-37-15	2,962,975.9813	438,287.1370	27.01	1715.37
21	1745.714	26-47-10	105-37-30	2,962,731.8881	437,871.7369	26.48	1719.23
22	1743.500	26-47-38	105-37-39	2,963,594.5425	437,627.4704	21.80	1721.70
23	1726.885	26-48-50	105-36-55	2,965,803.7103	438,853.0955	17.24	1709.64
24	1734.642	26-49-15	105-36-34	2,966,570.0507	439,436.5220	24.65	1709.99
25	1716.190	26-49-40	105-36-58	2,967,342.3847	438,777.7399	7.80	1708.39
26	1711.818	26-50-03	105-36-30	2,968,046.2633	439,554.0174	4.50	1707.31
27	1705.601	26-50-01	105-35-40	2,967,978.1933	440,933.8044	3.48	1702.12
28	1700.416	26-50-24	105-34-31	2,968,677.0214	442,841.5216	3.68	1696.73
33	1717.916	26-49-09	105-37-11	2,966,390.4014	438,414.2445	3.72	1714.19
34	1729.756	26-48-33	105-27-20	2,965,213.7912	437,912.2540	7.05	1722.70
35	1724.000	26-49-14	105-37-20	2,966,545.4437	438,166.5514	12.40	1711.60
36	1726.665	26-49-34	105-37-21	2,967,160.8888	438,141.9633	10.43	1716.23
37	1739.062	26-49-27	105-39-00	2,966,959.2250	435,408.1079	21.46	1717.60
39	1754.044	26-47-31	105-39-06	2,963,391.2726	435,224.1761	16.70	1737.34
40	1766.956	26-48-01	105-40-04	2,964,322.5510	433,627.5346	25.97	1740.98
41	1768.571	26-48-15	105-40-24	2,964,756.1832	433,077.6184	15.08	1753.49
42	1762.678	26-49-02	105-40-30	2,966,203.0467	432,919.6484	5.50	1757.17
43	1747.583	26-49-12	105-39-10	2,966,499.1573	435,129.6945	9.00	1738.58
44	1751.665	26-49-06	105-40-04	2,966,322.3146	433,638.0471	4.00	1747.66
46	1765.000	26-50-30	105-40-20	2,968,908.9638	433,210.0438	12.25	1752.75
47	1775.294	26-49-31	105-41-27	2,967,103.7147	431,350.9678	4.50	1770.79
48	1791.142	26-46-30	105-40-23	2,961,525.6564	433,088.1232	49.53	1741.61
49	1779.756	26-47-10	105-40-12	2,962,754.6716	433,398.3841	32.15	1747.61
50	1789.910	26-47-26	105-40-38	2,963,250.7243	432,683.0587	29.52	1760.39
51	1776.818	26-48-30	105-41-20	2,965,225.9566	431,534.0152	13.00	1763.81
52	1785.061	26-49-05	105-42-11	2,966,310.4717	430,131.9640	8.55	1776.51
53	1787.297	26-49-04	105-42-15	2,966,280.3178	430,021.3705	10.15	1777.14

NUMERO POZO	ELEV. BROCAL	LATITUD	LONGITUD	UTMN	UTME	PROF. N.E	ELEV. N.E.
60	1846.181	26-49-32	105-46-01	2,967,177.9042	423,787.6344	10.11	1836.07
61	1833.793	26-49-23	105-45-11	2,966,892.7478	425,166.1987	10.06	1823.73
64	1851.111	26-50-14	105-46-25	2,968,474.1006	423,133.0098	8.60	1842.45
65	1852.500	26-50-20	105-45-21	2,968,648.0523	424,900.5939	16.10	1836.40
66	1837.321	26-50-29	105-46-13	2,968,933.5779	423,467.0273	5.98	1831.34
67	1838.571	26-50-34	105-46-15	2,969,087.7439	423,412.7612	3.88	1834.69
68	1842.335	26-50-25	105-46-18	2,968,811.3518	423,328.2772	11.35	1830.98
69	1840.000	26-50-33	105-46-19	2,969,057.6489	423,302.1740	1.30	1838.70
70	1845.263	26-50-22	105-46-21	2,968,719.5572	423,244.9135	6.91	1838.35
71	1847.894	26-50-21	105-46-25	2,968,689.4636	423,134.3227	8.15	1839.74
72	1855.263	26-52-03	105-47-13	2,971,835.7695	421,828.9497	8.28	1846.98
73	1849.000	26-52-04	105-47-07	2,971,865.5091	421,994.7046	13.35	1835.65
74	1869.545	26-51-20	105-47-23	2,970,514.5338	421,544.7694	5.50	1864.04
75	1883.280	26-51-16	105-48-05	2,970,398.7391	420,384.9180	12.75	1870.53
76	1883.882	26-51-14	105-48-04	2,970,337.0321	420,412.1266	7.14	1876.74
77	1829.400	26-51-19	105-46-02	2,970,470.0466	423,779.9345	6.80	1822.60
78	1836.923	26-52-00	105-46-15	2,971,733.6375	423,428.8423	8.89	1828.03
79	1829.473	26-52-09	105-46-09	2,972,009.5282	423,596.0875	5.85	1823.62
80	1831.333	26-52-01	105-46-11	2,971,763.7331	423,539.4059	5.70	1825.63
81	1833.571	26-52-09	105-46-21	2,972,011.5417	423,264.9644	5.45	1828.12
82	1835.083	26-52-12	105-46-24	2,972,104.3453	423,182.7466	5.77	1829.31
83	1840.000	26-52-12	105-47-00	2,972,110.4447	422,189.3834	7.05	1832.95
84	1842.500	26-52-16	105-45-04	2,972,214.1365	425,390.9446	13.13	1829.37

PIEZOMETRIA 1988

TABLA 3.2

NUMERO POZO	ELEV. BROCAL	LATITUD	LONGITUD	UTMN	UTME	PROF. N.E	ELEV. N.E.
13	1781.731	26-45-5	105-39-4	2,960,288.812	434,269.217	51.48	1730.25
16	1759.830	26-46-53	105-38-51	2,962,220.070	435,632.400	<del>44.41</del>	<del>1730.25</del>
18	1758.330	26-47-11	105-39-10	2,962,776.530	435,110.569	39.89	1718.44
19	1764.878	26-46-17	105-38-51	2,962,958.440	435,636.160	47.91	1716.97
20	1742.388	26-47-18	105-37-15	2,962,975.981	438,287.137	31.02	1711.37
21	1745.714	26-47-10	105-37-30	2,962,731.888	437,871.737	32.84	1712.87
22	1743.500	26-47-38	105-37-39	2,963,594.543	437,627.470	27.16	1716.34
23	1726.885	26-48-50	105-36-55	2,965,803.710	438,853.096	16.72	1710.17
24	1734.642	26-49-15	105-36-34	2,966,570.051	439,436.522	28.64	1706.00
25	1716.190	26-49-40	105-36-58	2,967,342.385	438,777.740	12.46	1703.73
26	1711.818	26-50-03	105-36-30	2,968,046.263	439,554.017	7.10	1704.72
27	1705.601	26-50-01	105-35-40	2,967,978.193	440,933.804	7.15	1698.45
28	1700.416	26-50-24	105-34-31	2,968,677.021	442,841.522	7.29	1693.13
33	1717.916	26-49-09	105-37-11	2,966,390.401	438,414.245	8.29	1709.63
34	1729.756	26-48-33	105-27-20	2,965,213.791	437,912.254	4.12	1725.64
35	1724.000	26-49-14	105-37-20	2,966,545.444	438,166.551	9.56	1714.44
36	1726.665	26-49-34	105-37-21	2,967,160.889	438,141.963	10.58	1716.09
37	1739.062	26-49-27	105-39-00	2,966,959.225	435,408.108	15.23	1723.83
39	1754.044	26-47-31	105-39-06	2,963,391.273	435,224.176	12.45	1741.59
40	1766.956	26-48-01	105-40-04	2,964,322.551	433,627.535	32.14	1734.82
41	1768.571	26-48-15	105-40-24	2,964,756.183	433,077.618	14.26	1754.31
42	1762.678	26-49-02	105-40-30	2,966,203.047	432,919.648	3.06	1759.62
43	1747.583	26-49-12	105-39-10	2,966,499.157	435,129.695	13.78	1733.80
44	1751.665	26-49-06	105-40-04	2,966,322.315	433,638.047	26.58	1725.09
46	1765.000	26-50-30	105-40-20	2,968,908.964	433,210.044	11.18	1753.82
47	1775.294	26-49-31	105-41-27	2,967,103.715	431,350.968	9.56	1765.73
48	1791.142	26-46-30	105-40-23	2,961,525.656	433,088.123	56.28	1734.86
49	1779.756	26-47-10	105-40-12	2,962,754.672	433,398.384	32.15	1747.61
50	1789.910	26-47-26	105-40-38	2,963,250.724	432,683.059	43.00	1746.91
51	1776.818	26-48-30	105-41-20	2,965,225.957	431,534.015	8.10	1768.72
52	1785.061	26-49-05	105-42-11	2,966,310.472	430,131.964	7.80	1777.26
53	1787.297	26-49-04	105-42-15	2,966,280.318	430,021.371	9.38	1777.92

NUMERO POZO	ELEV. BROCAL	LATITUD	LONGITUD	UTMN	UTME	PROF. N.E	ELEV. N.E.
60	1846.181	26-49-32	105-46-01	2,967,177.904	423,787.634	12.36	1833.82
61	1833.793	26-49-23	105-45-11	2,966,892.748	425,166.199	15.54	1818.25
64	1851.111	26-50-14	105-46-25	2,968,474.101	423,133.010	8.65	1842.46
65	1852.500	26-50-20	105-45-21	2,968,648.052	424,900.594	21.32	1831.18
66	1837.321	26-50-29	105-46-13	2,968,933.578	423,467.027	12.56	1824.76
67	1838.571	26-50-34	105-46-15	2,969,087.744	423,412.761	3.56	1835.01
68	1842.335	26-50-25	105-46-18	2,968,811.352	423,328.277	21.54	1820.80
69	1840.000	26-50-33	105-46-19	2,969,057.649	423,302.174	13.78	1826.22
70	1845.263	26-50-22	105-46-21	2,968,719.557	423,244.914	19.56	1825.70
71	1847.894	26-50-21	105-46-25	2,968,689.464	423,134.323	7.70	1840.19
72	1855.263	26-52-03	105-47-13	2,971,835.770	421,828.950	8.69	1846.57
73	1849.000	26-52-04	105-47-07	2,971,865.509	421,994.705	24.10	1824.90
74	1869.545	26-51-20	105-47-23	2,970,514.534	421,544.769	18.46	1851.09
75	1883.280	26-51-16	105-48-05	2,970,398.739	420,384.918	9.78	1873.50
76	1883.882	26-51-14	105-48-04	2,970,337.032	420,412.127	7.56	1876.32
77	1829.400	26-51-19	105-46-02	2,970,470.047	423,779.935	2.49	1826.91
78	1836.923	26-52-00	105-46-15	2,971,733.638	423,428.842	5.25	1831.67
79	1829.473	26-52-09	105-46-09	2,972,009.528	423,596.088	8.06	1821.41
80	1831.333	26-52-01	105-46-11	2,971,763.733	423,539.406	8.20	1823.13
81	1833.571	26-52-09	105-46-21	2,972,011.542	423,264.964	5.26	1828.31
82	1835.083	26-52-12	105-46-24	2,972,104.345	423,182.747	9.43	1825.65
83	1840.000	26-52-12	105-47-00	2,972,110.445	422,189.383	4.36	1835.64
84	1842.500	26-52-16	105-45-04	2,972,214.137	425,390.945	12.33	1830.17

PIEZOMETRIA AÑO 1994

TABLA 3.3

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	ELEV. N.E.	ELEV. BROCAL	PROF. N.E.
1	JMAS Santa Barbara	SANTA BARBARA	PEQ. PROP	PUB	57	2,963,879.064	418,149.263	1938.14	1940.75	2.61
2	Nemecio Noris	EL PRADO	EJIDAL	DOM.	60	2,963,468.667	417,247.536	1953.02	1955.81	2.79
3	Pedro P. Vazques	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	15	2,964,197.766	418,517.200	1929.98	1934.3	4.32
4	Jose A. Vazques	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	22	2,966,357.485	422,070.292	1869.91	1874.69	4.78
5	Israel Portillo	EL NOGAL	PEQ. PROP.	AG. DOM	90	2,966,379.856	422,499.990	1862.54	1869.65	7.11
6	Jesus M. Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	40	2,966,296.196	422,581.219	1862.26	1868.44	6.18
7	Nicolas Hernandez	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	92	2,966,269.675	422,661.581	1859.55	1866.64	7.09
8	Juan Delgado L.	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	60	2,966,388.568	421,967.383	1870.02	1874.73	4.71
9	Gumaro Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,966,388.204	421,935.257	1869.92	1875	5.08
10	Estanislado Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	45	2,966,386.211	421,909.694	1869.24	1876.22	6.98
11	Alejo Beltran	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	36	2,966,434.523	421,788.904	1871.86	1876.09	4.23
12	Ernesto Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	60	2,966,404.303	421,655.043	1872.91	1879.5	6.59
13	Gabriel Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	74	2,966,381.388	421,665.389	1868.43	1882.25	13.82
14	Heriberto Delagado	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	28	2,966,412.973	421,620.279	1874.8	1880.41	5.61
15	Manuel M. Villalobos	SANTA RITA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,405.686	421,531.861	1875.53	1881.21	5.68
16	Ruben Salas	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	100	2,966,434.523	434,878.031	1816.53	1823	6.47
17	Elizabeth Bojen de C.	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,937.144	430,564.767	1772.67	1779.8	7.13
18	Pedro Aguirre	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,967,563.211	428,703.322	1779.6	1795.49	15.89
19	JMAS Santa Barbara	LA LABORCITA	EJIDAL	PUB. URB.	200	2,963,468.667	421,655.043	1770.8	1802	31.2
20	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,963,399.262	432,220.309	1740.1	1786.1	46
21	JMAS Santa Barbara	EL CACAHUATE	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,713.274	433,803.790	1726.15	1776.32	50.17
22	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,050.337	434,954.119	1714.48	1768.6	54.12
23	JMAS Santa Barbara	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	300	2,960,303.249	434,110.585	1710.57	1775.35	64.78
24	Pedro Torres.	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	150	2,960,416.368	432,641.207	1789.41	1806.22	16.81
25	Guillermo Lopez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,381.388	432,220.309	1800.25	1826.79	26.54
26	Antonio Guzman	RENCESVALLES	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,379.856	434,954.119	1770.45	1794.32	23.87
27	Guerrero Ibarra	RENCESVALLES	EJIDAL	DOM.	86	2,963,323.010	434,878.031	1718.57	1761.66	43.09
28	IST	EJ. BORJAS	EJIDAL	DOM	75	2,966,459.548	438,289.013	1732.74	1751	18.26
29	Ejido El Verano	EJ. BORJAS	PEQ. PROP.	DOM	80	2,966,296.196	421,620.279	1761.03	1771.3	10.27
30	Gumaro Contreras	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,468.240	421,620.279	1775.88	1789.46	13.58
31	Gerardo Muñoz	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,966,165.133	429,270.952	1759.07	1769	9.93
32	Ramon Sanchez	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM.	42	2,967,937.144	421,665.389	1814.35	1816.45	2.1
33	Antonio Galindo	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM	35	2,966,159.548	427,707.159	1801.22	1808	6.78
34	Santos Navarrete G.	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,586.610	438,313.542	1718.21	1723.09	4.88



POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	LEVACIO BROCAL	PROF. N.E.	ELEV. N.E.
35	Carlos Alcala	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,574.859	438,354.699	1718.48	1723.37	4.89
36	Antonio R. Rodrigues	CHICANAYA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,538.984	438,320.909	1717.85	1723.58	5.73
37	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,574.377	438,232.494	1718.26	1723.76	5.5
38	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,296.196	432,220.309	1740.92	1747.62	6.7
38A	Antonia Tejada	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	60	2,966,513.849	438,284.830	1749.43	1754.23	4.8
38B	Adan Gutierrez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	90	2,966,468.240	438,289.013	1777.34	1782.74	5.4
39	Oscar Aguirre	EL VERANO	EJIDAL	DOM. PEC	45	2,966,412.973	421,531.861	1719.95	1724.45	4.5
40	Alfonzo Gallegos	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,967,085.696	437,808.526	1721.61	1725.22	3.61
41	Antonio Alcala	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,078.697	437,882.640	1725.66	1731.76	6.1
42	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,960,303.249	433,803.790	1717.27	1722.14	4.87
43	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,965,672.220	436,596.128	1716.95	1723.07	6.12
44	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,154.149	436,072.172	1703.16	1742.13	38.97
45	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,902.291	435,403.573	1694.05	1739.5	45.45
46	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,966,529.042	436,035.407	1693.66	1745.15	51.49
47	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,964,722.894	435,566.297	1715.21	1747.31	32.1
48	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,266.365	435,121.073	1701.71	1738.39	36.68
49	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,963,518.654	435,783.465	1708.72	1749.96	41.24
50	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,285.090	436,481.715	1721.31	1754.89	33.58
51	Enrique Chavez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	200	2,963,992.118	432,654.298	1699.82	1751.7	51.88
52	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,966,315.222	438,105.286	1694.45	1745.65	51.2
53	Carlos Alcala y Socios	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM	74	2,961,926.828	435,332.192	1721.24	1768.75	47.51
54	Fernando Barajas	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	56	2,967,078.697	435,783.465	1716.4	1725.2	8.8
55	Agustin Rascon	EL VERANO	PEQ. PROP.	PEC	62	2,966,995.338	438,530.508	1696.51	1761.72	65.21
56	Ernesto Acosta	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	100	2,966,586.610	438,320.909	1740.54	1754.23	13.69
57	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	110	2,961,724.958	437,860.902	1715.2	1722.01	6.81
58	Julian Rivera	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	92	2,967,937.144	433,803.790	1765.08	1784.95	19.87
59	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	110	2,963,303.766	438,230.630	1709.87	1749.97	40.1
60	Fco. Comaduran	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	38	2,963,992.118	435,403.573	1714.7	1746.12	31.42
61	Ausencio Cabaña	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	70	2,967,462.026	439,121.797	1699.46	1741.06	41.6
62	Pedro Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	110	2,963,518.654	424,476.466	1722.84	1772.48	49.64
63	Omar Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,965,154.149	438,289.013	1717.8	1764.58	46.78
64	Alfoso Mora	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	160	2,966,468.240	421,531.861	1748.73	1754.16	5.43
65	Gabriel Moreno	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,971,720.529	443,497.736	1726.15	1732.58	6.43
66	Ricardo Herrera	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	DOM	54	2,967,078.697	424,063.817	1716.1	1721.2	5.1
67	Julio Gutierrez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	74	2,964,266.365	424,476.466	1709.47	1714.2	4.73
68	Alfredo Chavez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	80	2,969,097.216	445,526.945	1709.29	1715.46	6.17
69	Alberto Carrasco	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	76	2,968,973.858	445,782.185	1710	1717.88	7.88

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	LEVACIO BROCAL	PROF. N.E.	ELEV. N.E.
70	Juan Solis	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	OTRO	44	2,964,285.090	435,332.192	1678.35	1685.63	7.28
71	Epifanio Aguirre	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,967,607.776	424,476.466	1680.04	1695.27	15.23
72	Oscar Moreno	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	80	2,961,724.958	435,121.073	1702.29	1704.18	1.89
73	Gabriel Moreno	LA REFORMA	PEQ. PROP.	DOM	110	2,971,753.966	443,448.292	1699.03	1708.94	9.91
74	Lorenzo Nevares	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	65	2,964,266.365	421,531.861	1705.57	1716.45	10.88
75	Oscar Ramirez	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	62	2,965,492.841	439,097.437	1712.27	1714.32	2.05
76	Onesimo Holguin	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	54	2,966,187.129	439,072.214	1716.29	1719.84	3.55
77	Pool Henrick	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	48	2,966,237.903	439,121.797	1722.6	1726.02	3.42
78	Heriberto Monarrez	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	18	2,965,154.149	438,289.013	1719.09	1722.66	3.57
79	Jose Dominguez	ALTAMIRA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,187.129	439,121.797	1718.76	1722.97	4.21
80	Gerrero Vazques	EL PINO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	103	2,961,724.958	424,476.466	1805.46	1811.54	6.08
81	Anacleto Moreno A.	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	84	2,967,462.026	424,063.817	1796.93	1802.35	5.42
82	Froylan Santiesteban	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	112	2,961,724.958	435,121.073	1836.17	1846.27	10.1
83	Victor Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	128	2,969,116.993	445,526.945	1842.22	1855.39	13.17
84	Jose Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	130	2,962,157.324	421,531.861	1838.06	1848.99	10.93
85	Everardo Ramirez	EL REFUGIO	EJIDAL	PEC	62	2,964,266.365	439,097.437	1828.63	1842.57	13.94
86	Antonio Gardea G.	LA GLORIA	EJIDAL	PEC	84	2,967,624.753	424,386.109	1847.87	1854	6.13
87	Pedro gardea Flores	RANCHO EL CURA	EJIDAL	OTRO	44	2,967,607.776	424,476.466	1846.8	1861	14.2
88	Gustavo Caraveo	RANCHO EL CURA	EJIDAL	DOM	82	2,967,462.026	424,476.466	1837.57	1850.86	13.29
89	Ernesto Garcia	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	142	2,962,157.324	432,509.879	1834.74	1848.56	13.82
90	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	125	2,966,709.445	438,025.790	1799.94	1816.72	16.78
91	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,592.038	436,929.831	1784.16	1794.62	10.46
92	Escuela Casa Colorada	LOS SOLIS	PUB.	AGRICOLA	48	2,970,532.321	424,254.240	1714.31	1722.8	8.49
93	Erasmo Varela	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	69	2,969,116.993	424,640.854	1713.21	1732.9	19.69
94	Fam. De la Rosa	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	94	2,970,372.848	439,097.437	1826.68	1833.18	6.5
95	Filemon Castillo	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	87	2,970,527.776	424,208.792	1829.13	1851.39	22.26
96	Oswaldo Candia	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,970,582.568	423,536.875	1810.1	1829.55	19.45
97	Albino Franco	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	164	2,970,248.622	423,212.744	1817.63	1832.14	14.51
98	Miguel Chavez F.	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,969,033.630	421,541.109	1827.6	1837.26	9.66
99	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,187.129	439,097.437	1828.44	1841.22	12.78
100	Jose Guevara	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,152.627	421,151.106	1872.56	1883.51	10.95
101	Julian Chavira	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,372.848	421,250.558	1858.44	1871.56	13.12
102	Primitivo Suarez	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	180	2,970,336.072	421,294.362	1868.16	1878.5	10.34
103	Simon Perez	RANCHO LA TAPIA	EJIDAL	DOM	112	2,970,770.974	423,914.586	1866.41	1873.66	7.25
104	Eliseo de la Rosa	ALTAMIRA	EJIDAL	DOM. PEC	105	2,971,256.547	424,141.727	1866.25	1873.03	6.78
105	Manuel Ramirez	LA REPUBLICA	EJIDAL	DOM. PEC	110	2,972,029.233	425,249.184	1822.08	1830.93	8.85
106	Antonio Parada	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,970,784.260	419,956.148	1819.29	1825.98	6.69

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	LEVACIO BROCAL	PROF. N.E.	ELEV. N.E.
107	Daniel Hernandez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	140	2,971,164.081	420,741.342	1821.4	1829.8	8.4
108	Guillermo Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,354.646	434,269.672	1883.99	1893.69	9.7
109	Francisco Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,967,418.886	435,446.865	1854.95	1879.25	24.3
110	Francisco Ramirez	LA VENCEDORA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,923.999	433,318.867	1734.54	1749.46	14.92
111	Jmas El Verano	LA VENCEDORA	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,966,592.038	436,929.831	1725.36	1739.71	14.35
112	Agustin Porras	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	100	2,970,582.568	421,541.109	1747.53	1758.4	10.87

PIEZOMETRIA AÑO 2000

TABLA 3.4

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	ELEVACION BROCAL	PROF. N.E.	ELEV. N.E.
1	JMAS Santa Barbara	SANTA BARBARA	PEQ. PROP	PUB	57	2,963,879.064	418,149.263	1940.75	3.00	1937.75
2	Nemecio Noris	EL PRADO	EJIDAL	DOM.	60	2,963,468.667	417,247.536	1955.81	3.10	1952.71
3	Pedro P. Vazques	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	15	2,964,197.766	418,517.200	1934.30	5.20	1929.10
4	Jose A. Vazques	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	22	2,966,357.485	422,070.292	1874.69	4.50	1870.19
5	Israel Portillo	EL NOGAL	PEQ. PROP.	AG. DOM	90	2,966,379.856	422,499.990	1869.65	7.10	1862.55
6	Jesus M. Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	40	2,966,296.196	422,581.219	1868.44	7.00	1861.44
7	Nicolas Hernandez	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	92	2,966,269.675	422,661.581	1866.64	7.20	1859.44
8	Juan Delgado L.	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	60	2,966,388.568	421,967.383	1874.73	5.20	1869.53
9	Gumaro Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,966,388.204	421,935.257	1875.00	5.00	1870.00
10	Estanislado Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	45	2,966,386.211	421,909.694	1876.22	7.00	1869.22
11	Alejo Beltran	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	36	2,966,434.523	421,788.904	1876.09	4.50	1871.59
12	Ernesto Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	60	2,966,404.303	421,655.043	1879.50	6.80	1872.70
13	Gabriel Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	74	2,966,381.388	421,665.389	1882.25	12.00	1870.25
14	Heriberto Delagado	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	28	2,966,412.973	421,620.279	1880.41	5.90	1874.51
15	Manuel M. Villalobos	SANTA RITA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,405.686	421,531.861	1881.21	5.80	1875.41
16	Ruben Salas	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	100	2,966,434.523	434,878.031	1823.00	5.51	1817.49
17	Elizabeth Bojen de C.	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,937.144	430,564.767	1779.80	7.00	1772.80
18	Pedro Aguirre	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,967,563.211	428,703.322	1795.49	16.10	1779.39
19	JMAS Santa Barbara	LA LABORCITA	EJIDAL	PUB. URB.	200	2,963,468.667	421,655.043	1802.00	36.49	1765.51
20	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,963,399.262	432,220.309	1786.10	71.00	1715.10
21	JMAS Santa Barbara	EL CACAHUATE	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,713.274	433,803.790	1776.32	52.00	1724.32
22	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,050.337	434,954.119	1768.60	61.31	1707.29
23	JMAS Santa Barbara	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	300	2,960,303.249	434,110.585	1775.35	75.50	1699.85
24	Pedro Torres.	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	150	2,960,416.368	432,641.207	1806.22	17.60	1788.62
25	Guillermo Lopez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,381.388	432,220.309	1826.79	32.15	1794.64
26	Antonio Guzman	RENCESVALLES	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,379.856	434,954.119	1794.32	30.56	1763.76
27	Guerrero Ibarra	RENCESVALLES	EJIDAL	DOM.	86	2,963,323.010	434,878.031	1761.66	64.50	1697.16
28	IST	EJ. BORJAS	EJIDAL	DOM	75	2,966,459.548	438,289.013	1751.00	23.10	1727.90
29	Ejido El Verano	EJ. BORJAS	PEQ. PROP.	DOM	80	2,966,296.196	421,620.279	1771.30	14.54	1756.76
30	Gumaro Contreras	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,468.240	421,620.279	1789.46	21.45	1768.01
31	Gerardo Muñiz	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,966,165.133	429,270.952	1769.00	8.30	1760.70
32	Ramon Sanchez	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM.	42	2,967,937.144	421,665.389	1816.45	2.40	1814.05
33	Antonio Galindo	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM	35	2,966,159.548	427,707.159	1808.00	6.50	1801.50
34	Santos Navarrete G.	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,586.610	438,313.542	1723.09	5.30	1717.79

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	ELEVACION BROCAL	PROF. N.E.	ELEV. N.E.
35	Carlos Alcala	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,574.859	438,354.699	1723.37	5.00	1718.37
36	Antonio R. Rodrigues	CHICANAYA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,538.984	438,320.909	1723.58	6.00	1717.58
37	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,574.377	438,232.494	1723.76	7.10	1716.66
38	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,296.196	432,220.309	1747.62	7.00	1740.62
38A	Antonia Tejada	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	60	2,966,513.849	438,284.830	1754.23	5.20	1749.03
38B	Adan Gutierrez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	90	2,966,468.240	438,289.013	1782.74	5.30	1777.44
39	Oscar Aguirre	EL VERANO	EJIDAL	DOM. PEC	45	2,966,412.973	421,531.861	1724.45	5.20	1719.25
40	Alfonzo Gallegos	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,967,085.696	437,808.526	1725.22	5.30	1719.92
41	Antonio Alcala	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,078.697	437,882.640	1731.76	6.20	1725.56
42	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,960,303.249	433,803.790	1722.14	6.30	1715.84
43	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,965,672.220	436,596.128	1723.07	8.20	1714.87
44	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,154.149	436,072.172	1742.13	43.12	1699.01
45	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,902.291	435,403.573	1739.50	38.54	1700.96
46	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,966,529.042	436,035.407	1745.15	64.50	1680.65
47	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,964,722.894	435,566.297	1747.31	44.00	1703.31
48	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,266.365	435,121.073	1738.39	47.50	1690.89
49	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,963,518.654	435,783.465	1749.96	58.30	1691.66
50	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,285.090	436,481.715	1754.89	43.60	1711.29
51	Enrique Chavez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	200	2,963,992.118	432,654.298	1751.70	62.50	1689.20
52	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,966,315.222	438,105.286	1745.65	63.80	1681.85
53	Carlos Alcala y Socios	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM	74	2,961,926.828	435,332.192	1768.75	49.87	1718.88
54	Fernando Barajas	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	56	2,967,078.697	435,783.465	1725.20	10.20	1715.00
55	Agustin Rascon	EL VERANO	PEQ. PROP.	PEC	62	2,966,995.338	438,530.508	1761.72	74.50	1687.22
56	Ernesto Acosta	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	100	2,966,586.610	438,320.909	1754.23	16.50	1737.73
57	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	110	2,961,724.958	437,860.902	1722.01	8.00	1714.01
58	Julian Rivera	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	92	2,967,937.144	433,803.790	1784.95	26.34	1758.61
59	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	110	2,963,303.766	438,230.630	1749.97	65.40	1684.57
60	Fco. Comaduran	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	38	2,963,992.118	435,403.573	1746.12	36.33	1709.79
61	Ausencio Cabaña	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	70	2,967,462.026	439,121.797	1741.06	48.00	1693.06
62	Pedro Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	110	2,963,518.654	424,476.466	1772.48	54.67	1717.81
63	Omar Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,965,154.149	438,289.013	1764.58	56.21	1708.37
64	Alfoso Mora	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	160	2,966,468.240	421,531.861	1754.16	5.50	1748.66
65	Gabriel Moreno	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,971,720.529	443,497.736	1732.58	6.70	1725.88
66	Ricardo Herrera	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	DOM	54	2,967,078.697	424,063.817	1721.20	5.10	1716.10
67	Julio Gutierrez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	74	2,964,266.365	424,476.466	1714.20	4.80	1709.40
68	Alfredo Chavez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	80	2,969,097.216	445,526.945	1715.46	6.32	1709.14
69	Alberto Carrazco	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	76	2,968,973.858	445,782.185	1717.88	8.21	1709.67

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	ELEVACION BROCAL	PROF. N.E.	ELEV. N.E.
70	Juan Solis	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	OTRO	44	2,964,285.090	435,332.192	1685.63	5.78	1679.85
71	Epifanio Aguirre	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,967,607.776	424,476.466	1695.27	11.89	1683.38
72	Oscar Moreno	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	80	2,961,724.958	435,121.073	1704.18	2.31	1701.87
73	Gabriel Moreno	LA REFORMA	PEQ. PROP.	DOM	110	2,971,753.966	443,448.292	1708.94	10.00	1698.94
74	Lorenzo Nevares	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	65	2,964,266.365	421,531.861	1716.45	11.82	1704.63
75	Oscar Ramirez	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	62	2,965,492.841	439,097.437	1714.32	2.13	1712.19
76	Onesimo Holguin	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	54	2,966,187.129	439,072.214	1719.84	3.80	1716.04
77	Pool Henrick	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	48	2,966,237.903	439,121.797	1726.02	3.12	1722.90
78	Heriberto Monarrez	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	18	2,965,154.149	438,289.013	1722.66	5.00	1717.66
79	Jose Dominguez	ALTAMIRA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,187.129	439,121.797	1722.97	4.00	1718.97
80	Gerrero Vazques	EL PINO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	103	2,961,724.958	424,476.466	1811.54	6.84	1804.70
81	Anacleto Moreno A.	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	84	2,967,462.026	424,063.817	1802.35	7.80	1794.55
82	Froylan Santiesteban	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	112	2,961,724.958	435,121.073	1846.27	12.35	1833.92
83	Victor Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	128	2,969,116.993	445,526.945	1855.39	14.30	1841.09
84	Jose Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	130	2,962,157.324	421,531.861	1848.99	11.48	1837.51
85	Everardo Ramirez	EL REFUGIO	EJIDAL	PEC	62	2,964,266.365	439,097.437	1842.57	15.46	1827.11
86	Antonio Gardea G.	LA GLORIA	EJIDAL	PEC	84	2,967,624.753	424,386.109	1854.00	7.00	1847.00
87	Pedro gardea Flores	RANCHO EL CURA	EJIDAL	OTRO	44	2,967,607.776	424,476.466	1861.00	16.23	1844.77
88	Gustavo Caraveo	RANCHO EL CURA	EJIDAL	DOM	82	2,967,462.026	424,476.466	1850.86	13.00	1837.86
89	Ernesto Garcia	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	142	2,962,157.324	432,509.879	1848.56	15.00	1833.56
90	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	125	2,966,709.445	438,025.790	1816.72	18.84	1797.88
91	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,592.038	436,929.831	1794.62	13.54	1781.08
92	Escuela Casa Colorada	LOS SOLIS	PUB.	AGRICOLA	48	2,970,532.321	424,254.240	1722.80	24.00	1698.80
93	Érasmo Varela	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	69	2,969,116.993	424,640.854	1732.90	27.00	1705.90
94	Fam. De la Rosa	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	94	2,970,372.848	439,097.437	1833.18	7.30	1825.88
95	Filemon Castillo	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	87	2,970,527.776	424,208.792	1851.39	29.80	1821.59
96	Oswaldo Candia	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,970,582.568	423,536.875	1829.55	21.50	1808.05
97	Albino Franco	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	164	2,970,248.622	423,212.744	1832.14	16.20	1815.94
98	Miguel Chavez F.	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,969,033.630	421,541.109	1837.26	11.50	1825.76
99	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,187.129	439,097.437	1841.22	14.35	1826.87
100	Jose Guevara	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,152.627	421,151.106	1883.51	14.60	1868.91
101	Julian Chavira	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,372.848	421,250.558	1871.56	14.84	1856.72
102	Primitivo Suarez	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	180	2,970,336.072	421,294.362	1878.50	15.20	1863.30
103	Simon Perez	RANCHO LA TAPIA	EJIDAL	DOM	112	2,970,770.974	423,914.586	1873.66	8.90	1864.76
104	Eliseo de la Rosa	ALTAMIRA	EJIDAL	DOM. PEC	105	2,971,256.547	424,141.727	1873.03	7.84	1865.19
105	Manuel Ramirez	LA REPUBLICA	EJIDAL	DOM. PEC	110	2,972,029.233	425,249.184	1830.93	10.30	1820.63
106	Antonio Parada	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,970,784.260	419,956.148	1825.98	8.70	1817.28

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	ELEVACION BROCAL	PROF. N.E.	ELEV. N.E.
107	Daniel Hernandez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	140	2,971,164.081	420,741.342	1829.80	10.21	1819.59
108	Guillermo Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,354.646	434,269.672	1893.69	15.20	1878.49
109	Francisco Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,967,418.886	435,446.865	1879.25	29.60	1849.65
110	Francisco Ramirez	LA VENCEDORA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,923.999	433,318.867	1749.46	16.30	1733.16
111	Jmas El Verano	LA VENCEDORA	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,966,592.038	436,929.831	1739.71	28.00	1711.71
112	Agustin Porras	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	100	2,970,582.568	421,541.109	1758.40	16.00	1742.40
113	Mateo Vargas	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,966,187.129	438,232.494	1824.30	22.54	1801.76
114	Iuis Carlos Campos	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,528.042	433,803.790	1832.56	17.88	1814.68
115	Juan Silva	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	200	2,966,386.211	434,954.119	1855.78	31.23	1824.55
116	JMAS Parral	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	350	2,967,937.144	443,497.736	1746.24	67.10	1679.14
117	JMAS Parral	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	350	2,967,085.696	425,149.171	1747.37	62.48	1684.89
118	Saturnino Arellanes	RONCESVALLES	PEQ. PROP.	DOM. PEC	200	2,960,303.249	438,287.542	1736.29	35.44	1700.85
119	Antonio Villegas	EL NEGRO	PEQ. PROP.	OTRO	120	2,962,157.324	436,761.348	1732.84	24.15	1708.69
120	Samuel Alvidres	EL NEGRO	PEQ. PROP.	PEC	150	2,971,720.529	425,220.647	1724.00	19.67	1704.33
121	Fausto Pereyra	EL NEGRO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,963,468.667	436,924.831	1735.47	17.82	1717.65
122	Oscar Gutierrez	LA REFORMA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,965,442.516	437,258.623	1748.52	33.62	1714.90
123	Eloy Ortiz	LA REFORMA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,246.310	438,625.124	1745.24	34.59	1710.65
124	Juan Shaar	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	300	2,966,513.849	436,745.331	1802.32	41.30	1761.02
125	Felipe Ogaz	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,967,421.834	433,268.844	1780.61	18.94	1761.67
126	Arturo Rios	EL AGUAJE	EJIDAL	AGRICOLA	200	2,963,441.513	438,458.746	1724.57	26.54	1698.03
127	Guillermo Ledezma	EL AGUAJE	EJIDAL	AGRICOLA	200	2,966,446.384	443,284.242	1725.42	31.20	1694.22
128	Miguel Zavala	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,401.962	439,478.523	1732.91	33.54	1699.37
129	Hector Iopez	RONCESVALLES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,965,440.627	439,758.214	1748.62	24.78	1723.84

**BOMBEO AÑO 1988**

**TABLA 3.5**

NUMERO POZO	ELEV. BROCAL	LATITUD	LONGITUD	UTMN	UTME	CAUDAL	
						LPS	M3/DIA
13	1781.73	26-45-5	105-39-4	2,960,288.812	434,269.217	36.52	3155.33
16	1759.83	26-46-53	105-38-51	2,962,220.070	435,632.400	26.98	2331.07
18	1758.33	26-47-11	105-39-10	2,962,776.530	435,110.569	28.50	2462.40
19	1764.88	26-46-17	105-38-51	2,962,958.440	435,636.160	17.80	1537.92
20	1742.39	26-47-18	105-37-15	2,962,975.981	438,287.137	42.60	3680.64
21	1745.71	26-47-10	105-37-30	2,962,731.888	437,871.737	47.53	4106.59
22	1743.50	26-47-38	105-37-39	2,963,594.543	437,627.470	12.30	1062.72
23	1726.89	26-48-50	105-36-55	2,965,803.710	438,853.096	18.94	1636.42
24	1734.64	26-49-15	105-36-34	2,966,570.051	439,436.522	44.12	3811.97
25	1716.19	26-49-40	105-36-58	2,967,342.385	438,777.740	29.00	2505.60
26	1711.82	26-50-03	105-36-30	2,968,046.263	439,554.017	8.50	734.40
27	1705.60	26-50-01	105-35-40	2,967,978.193	440,933.804	4.80	414.72
28	1700.42	26-50-24	105-34-31	2,968,677.021	442,841.522	36.50	3153.60
33	1717.92	26-49-09	105-37-11	2,966,390.401	438,414.245	45.60	3939.84
34	1729.76	26-48-33	105-27-20	2,965,213.791	437,912.254	5.60	483.84
35	1724.00	26-49-14	105-37-20	2,966,545.444	438,166.551	8.50	734.40
36	1726.67	26-49-34	105-37-21	2,967,160.889	438,141.963	28.80	2488.32
37	1739.06	26-49-27	105-39-00	2,966,959.225	435,408.108	36.50	3153.60
39	1754.04	26-47-31	105-39-06	2,963,391.273	435,224.176	37.00	3196.80
40	1766.96	26-48-01	105-40-04	2,964,322.551	433,627.535	32.00	2764.80
41	1768.57	26-48-15	105-40-24	2,964,756.183	433,077.618	46.50	4017.60
42	1762.68	26-49-02	105-40-30	2,966,203.047	432,919.648	28.90	2496.96
43	1747.58	26-49-12	105-39-10	2,966,499.157	435,129.695	3.20	276.48
44	1751.67	26-49-06	105-40-04	2,966,322.315	433,638.047	32.00	2764.80
46	1765.00	26-50-30	105-40-20	2,968,908.964	433,210.044	35.70	3084.48
47	1775.29	26-49-31	105-41-27	2,967,103.715	431,350.968	42.30	3654.72
48	1791.14	26-46-30	105-40-23	2,961,525.656	433,088.123	50.00	4320.00
49	1779.76	26-47-10	105-40-12	2,962,754.672	433,398.384	28.00	2419.20
50	1789.91	26-47-26	105-40-38	2,963,250.724	432,683.059	36.20	3127.68
51	1776.82	26-48-30	105-41-20	2,965,225.957	431,534.015	18.50	1598.40
52	1785.06	26-49-05	105-42-11	2,966,310.472	430,131.964	6.40	552.96
53	1787.30	26-49-04	105-42-15	2,966,280.318	430,021.371	8.20	708.48
60	1846.18	26-49-32	105-46-01	2,967,177.904	423,787.634	27.30	2358.72



NUMERO POZO	ELEV. BROCAL	LATITUD	LONGITUD	UTMN	UTME	CAUDAL	
						LPS	M3/DIA
61	1833.79	26-49-23	105-45-11	2,966,892.748	425,166.199	35.20	3041.28
64	1851.11	26-50-14	105-46-25	2,968,474.101	423,133.010	32.60	2816.64
65	1852.50	26-50-20	105-45-21	2,968,648.052	424,900.594	40.00	3456.00
66	1837.32	26-50-29	105-46-13	2,968,933.578	423,467.027	44.80	3870.72
67	1838.57	26-50-34	105-46-15	2,969,087.744	423,412.761	20.40	1762.56
68	1842.34	26-50-25	105-46-18	2,968,811.352	423,328.277	28.60	2471.04
69	1840.00	26-50-33	105-46-19	2,969,057.649	423,302.174	36.20	3127.68
70	1845.26	26-50-22	105-46-21	2,968,719.557	423,244.914	19.20	1658.88
71	1847.89	26-50-21	105-46-25	2,968,689.464	423,134.323	30.70	2652.48
72	1855.26	26-52-03	105-47-13	2,971,835.770	421,828.950	10.60	915.84
73	1849.00	26-52-04	105-47-07	2,971,865.509	421,994.705	44.80	3870.72
74	1869.55	26-51-20	105-47-23	2,970,514.534	421,544.769	42.00	3628.80
75	1883.28	26-51-16	105-48-05	2,970,398.739	420,384.918	48.00	4147.20
76	1883.88	26-51-14	105-48-04	2,970,337.032	420,412.127	28.50	2462.40
77	1829.40	26-51-19	105-46-02	2,970,470.047	423,779.935	8.50	734.40
78	1836.92	26-52-00	105-46-15	2,971,733.638	423,428.842	12.00	1036.80
79	1829.47	26-52-09	105-46-09	2,972,009.528	423,596.088	24.70	2134.08
80	1831.33	26-52-01	105-46-11	2,971,763.733	423,539.406	14.00	1209.60
81	1833.57	26-52-09	105-46-21	2,972,011.542	423,264.964	38.00	3283.20
82	1835.08	26-52-12	105-46-24	2,972,104.345	423,182.747	10.00	864.00
83	1840.00	26-52-12	105-47-00	2,972,110.445	422,189.383	26.00	2246.40
84	1842.50	26-52-16	105-45-04	2,972,214.137	425,390.945	14.00	1209.60

# CAUDALES DE BOMBEO AÑO 1994

TABLA 3.6

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
1	JMAS Santa Barbara	SANTA BARBARA	PEQ. PROP	PUB	250	2,963,879.064	418,149.263	32.00	2764.80
2	Nemecio Noris	EL PRADO	EJIDAL	DOM.	60	2,963,468.667	417,247.536	2.40	207.36
3	Pedro P. Vazques	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	15	2,964,197.766	418,517.200	1.20	103.68
4	Jose A. Vazques	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	22	2,966,357.485	422,070.292	2.50	216.00
5	Israel Portillo	EL NOGAL	PEQ. PROP.	AG. DOM	90	2,966,379.856	422,499.990	18.60	1607.04
6	Jesus M. Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	40	2,966,296.196	422,581.219	3.50	302.40
7	Nicolas Hernandez	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	92	2,966,269.675	422,661.581	12.00	1036.80
8	Juan Delgado L.	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	60	2,966,388.568	421,967.383	8.60	743.04
9	Gumaro Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,966,388.204	421,935.257	14.20	1226.88
10	Estanislado Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	45	2,966,386.211	421,909.694	5.20	449.28
11	Alejo Beltran	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	36	2,966,434.523	421,788.904	3.10	267.84
12	Ernesto Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	60	2,966,404.303	421,655.043	3.00	259.20
13	Gabriel Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	74	2,966,381.388	421,665.389	3.20	276.48
14	Heriberto Delagado	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	28	2,966,412.973	421,620.279	1.10	95.04
15	Manuel M. Villalobos	SANTA RITA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,405.686	421,531.861	20.00	1728.00
16	Ruben Salas	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	100	2,966,434.523	434,878.031	36.00	3110.40
17	Elizabeth Bojen de C.	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,937.144	430,564.767	28.60	2471.04
18	Pedro Aguirre	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,967,563.211	428,703.322	40.00	3456.00
19	JMAS Santa Barbara	LA LABORCITA	EJIDAL	PUB. URB.	200	2,963,468.667	421,655.043	42.00	3628.80
20	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,963,399.262	432,220.309	29.00	2505.60
21	JMAS Santa Barbara	EL CACAHUATE	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,713.274	433,803.790	25.00	2160.00
22	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,050.337	434,954.119	16.00	1382.40
23	JMAS Santa Barbara	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	300	2,960,303.249	434,110.585	36.00	3110.40
24	Pedro Torres.	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	150	2,960,416.368	432,641.207	24.00	2073.60
25	Guillermo Lopez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,381.388	432,220.309	14.00	1209.60
26	Antonio Guzman	RENCESVALLES	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,379.856	434,954.119	13.50	1166.40
27	Guerrero Ibarra	RENCESVALLES	EJIDAL	DOM.	86	2,963,323.010	434,878.031	8.40	725.76
28	IST	EJ. BORJAS	EJIDAL	DOM	75	2,966,459.548	438,289.013	10.60	915.84
29	Ejido El Verano	EJ. BORJAS	PEQ. PROP.	DOM	80	2,966,296.196	421,620.279	4.50	388.80
30	Gumaro Contreras	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,468.240	421,620.279	3.4	293.76
31	Gerardo Muñoz	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,966,165.133	429,270.952	6.2	535.68
32	Ramon Sanchez	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM.	42	2,967,937.144	421,665.389	1.3	112.32
33	Antonio Galindo	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM	35	2,966,159.548	427,707.159	6.4	552.96
34	Santos Navarrete G.	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,586.610	438,313.542	9.5	820.8

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
35	Carlos Alcala	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,574.859	438,354.699	10.5	907.2
36	Antonio R. Rodrigues	CHICANAYA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,538.984	438,320.909	13.4	1157.76
37	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,574.377	438,232.494	18.5	1598.4
38	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,296.196	432,220.309	24.15	2086.56
38A	Antonia Tejada	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	60	2,966,513.849	438,284.830	6.8	587.52
38B	Adan Gutierrez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	90	2,966,468.240	438,289.013	3.2	276.48
39	Oscar Aguirre	EL VERANO	EJIDAL	DOM. PEC	45	2,966,412.973	421,531.861	1.8	155.52
40	Alfonzo Gallegos	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,967,085.696	437,808.526	16.4	1416.96
41	Antonio Alcala	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,078.697	437,882.640	14.5	1252.8
42	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,960,303.249	433,803.790	35.4	3058.56
43	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,965,672.220	436,596.128	28	2419.2
44	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,154.149	436,072.172	34	2937.6
45	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,902.291	435,403.573	42	3628.8
46	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,966,529.042	436,035.407	36	3110.4
47	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,964,722.894	435,566.297	35	3024
48	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,266.365	435,121.073	26	2246.4
49	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,963,518.654	435,783.465	30	2592
50	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,285.090	436,481.715	32	2764.8
51	Enrique Chavez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	200	2,963,992.118	432,654.298	15	1296
52	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,966,315.222	438,105.286	11	950.4
53	Carlos Alcala y Socios	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM	74	2,961,926.828	435,332.192	5.6	483.84
54	Fernando Barajas	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	120	2,967,078.697	435,783.465	14.8	1278.72
55	Agustin Rascon	EL VERANO	PEQ. PROP.	PEC	62	2,966,995.338	438,530.508	1.5	129.6
56	Ernesto Acosta	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	100	2,966,586.610	438,320.909	12	1036.8
57	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	110	2,961,724.958	437,860.902	12	1036.8
58	Julian Rivera	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	92	2,967,937.144	433,803.790	8.4	725.76
59	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	110	2,963,303.766	438,230.630	2.8	241.92
60	Fco. Comaduran	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	38	2,963,992.118	435,403.573	1.4	120.96
61	Ausencio Cabaña	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	70	2,967,462.026	439,121.797	4.7	406.08
62	Pedro Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	110	2,963,518.654	424,476.466	24.6	2125.44
63	Omar Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,965,154.149	438,289.013	10.4	898.56
64	Alfoso Mora	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	160	2,966,468.240	421,531.861	38.4	3317.76
65	Gabriel Moreno	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,971,720.529	443,497.736	6.2	535.68
66	Ricardo Herrera	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	DOM	54	2,967,078.697	424,063.817	3.2	276.48
67	Julio Gutierrez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	74	2,964,266.365	424,476.466	2.8	241.92
68	Alfredo Chavez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	80	2,969,097.216	445,526.945	4.8	414.72
69	Alberto Carrazco	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	76	2,968,973.858	445,782.185	9.7	838.08

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
70	Juan Solis	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	OTRO	44	2,964,285.090	435,332.192	1.8	155.52
71	Epifanio Aguirre	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,967,607.776	424,476.466	30	2592
72	Oscar Moreno	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	80	2,961,724.958	435,121.073	6	518.4
73	Gabriel Moreno	LA REFORMA	PEQ. PROP.	DOM	110	2,971,753.966	443,448.292	8.3	717.12
74	Lorenzo Nevares	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	130	2,964,266.365	421,531.861	29.4	2540.16
75	Oscar Ramirez	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	62	2,965,492.841	439,097.437	6.5	561.6
76	Onesimo Holguin	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	54	2,966,187.129	439,072.214	3.2	276.48
77	Pool Henrick	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	48	2,966,237.903	439,121.797	2.4	207.36
78	Heriberto Monarrez	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	18	2,965,154.149	438,289.013	1.5	129.6
79	Jose Dominguez	ALTAMIRA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,187.129	439,121.797	12	1036.8
80	Gerrero Vazques	EL PINO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	103	2,961,724.958	424,476.466	19	1641.6
81	Anacleto Moreno A.	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	84	2,967,462.026	424,063.817	21	1814.4
82	Froylan Santiesteban	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	112	2,961,724.958	435,121.073	14	1209.6
83	Victor Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	128	2,969,116.993	445,526.945	20	1728
84	Jose Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	130	2,962,157.324	421,531.861	9.4	812.16
85	Everardo Ramirez	EL REFUGIO	EJIDAL	PEC	62	2,964,266.365	439,097.437	7	604.8
86	Antonio Gardea G.	LA GLORIA	EJIDAL	PEC	84	2,967,624.753	424,386.109	12	1036.8
87	Pedro gardea Flores	RANCHO EL CURA	EJIDAL	OTRO	44	2,967,607.776	424,476.466	1.2	103.68
88	Gustavo Caraveo	RANCHO EL CURA	EJIDAL	DOM	82	2,967,462.026	424,476.466	8.7	751.68
89	Ernesto Garcia	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	142	2,962,157.324	432,509.879	14	1209.6
90	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	125	2,966,709.445	438,025.790	10	864
91	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,592.038	436,929.831	10	864
92	Escuela Casa Colorada	LOS SOLIS	PUB.	AGRICOLA	48	2,970,532.321	424,254.240	3.6	311.04
93	Erasmo Varela	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	69	2,969,116.993	424,640.854	5.8	501.12
94	Fam. De la Rosa	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	94	2,970,372.848	439,097.437	12.4	1071.36
95	Filemon Castillo	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	87	2,970,527.776	424,208.792	14	1209.6
96	Oswaldo Candia	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,970,582.568	423,536.875	6.4	552.96
97	Albino Franco	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	164	2,970,248.622	423,212.744	18	1555.2
98	Miguel Chavez F.	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,969,033.630	421,541.109	21	1814.4
99	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,187.129	439,097.437	24	2073.6
100	Jose Guevara	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,152.627	421,151.106	39.4	3404.16
101	Julian Chavira	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,372.848	421,250.558	34	2937.6
102	Primitivo Suarez	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	180	2,970,336.072	421,294.362	38	3283.2
103	Simon Perez	RANCHO LA TAPIA	EJIDAL	DOM	112	2,970,770.974	423,914.586	14	1209.6
104	Eliseo de la Rosa	ALTAMIRA	EJIDAL	DOM. PEC	105	2,971,256.547	424,141.727	12.3	1062.72
105	Manuel Ramirez	LA REPUBLICA	EJIDAL	DOM. PEC	110	2,972,029.233	425,249.184	8.4	725.76
106	Antonio Parada	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,970,784.260	419,956.148	13.6	1175.04

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
107	Daniel Hernandez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	140	2,971,164.081	420,741.342	14.7	1270.08
108	Guillermo Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,354.646	434,269.672	28.6	2471.04
109	Francisco Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,967,418.886	435,446.865	23.1	1995.84
110	Francisco Ramirez	LA VENCEDORA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,923.999	433,318.867	11.8	1019.52
111	Jmas El Verano	LA VENCEDORA	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,966,592.038	436,929.831	35	3024
112	Agustin Porras	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	100	2,970,582.568	421,541.109	7.4	639.36

# CAUDALES DE BOMBEO AÑO 2000

TABLA 3.7

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
1	JMAS Santa Barbara	SANTA BARBARA	PEQ. PROP	PUB	57	2,963,879.064	418,149.263	34.00	2937.60
2	Nemecio Noris	EL PRADO	EJIDAL	DOM.	60	2,963,468.667	417,247.536	3.50	302.40
3	Pedro P. Vazques	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	15	2,964,197.766	418,517.200	1.20	103.68
4	Jose A. Vazques	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	22	2,966,357.485	422,070.292	3.40	293.76
5	Israel Portillo	EL NOGAL	PEQ. PROP.	AG. DOM	90	2,966,379.856	422,499.990	21.60	1866.24
6	Jesus M. Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	40	2,966,296.196	422,581.219	5.00	432.00
7	Nicolas Hernandez	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	92	2,966,269.675	422,661.581	14.00	1209.60
8	Juan Delgado L.	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	60	2,966,388.568	421,967.383	10.20	881.28
9	Gumaro Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,966,388.204	421,935.257	15.60	1347.84
10	Estanislado Contreras	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	45	2,966,386.211	421,909.694	6.23	538.27
11	Alejo Beltran	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	36	2,966,434.523	421,788.904	3.10	267.84
12	Ernesto Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	60	2,966,404.303	421,655.043	3.00	259.20
13	Gabriel Corral	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	74	2,966,381.388	421,665.389	5.40	466.56
14	Heriberto Delagado	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM.	28	2,966,412.973	421,620.279	2.10	181.44
15	Manuel M. Villalobos	SANTA RITA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,405.686	421,531.861	22.30	1926.72
16	Ruben Salas	SANTA RITA	PEQ. PROP.	DOM	100	2,966,434.523	434,878.031	37.50	3240.00
17	Elizabeth Bojen de C.	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,937.144	430,564.767	30.00	2592.00
18	Pedro Aguirre	SANTA BARBARA	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,967,563.211	428,703.322	40.00	3456.00
19	JMAS Santa Barbara	LA LABORCITA	EJIDAL	PUB. URB.	200	2,963,468.667	421,655.043	42.00	3628.80
20	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,963,399.262	432,220.309	31.20	2695.68
21	JMAS Santa Barbara	EL CACAHUATE	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,713.274	433,803.790	26.40	2280.96
22	JMAS Santa Barbara	LOS AMPARANES	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,961,050.337	434,954.119	18.40	1589.76
23	JMAS Santa Barbara	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	300	2,960,303.249	434,110.585	37.00	3196.80
24	Pedro Torres.	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	150	2,960,416.368	432,641.207	25.60	2211.84
25	Guillermo Lopez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,381.388	432,220.309	16.40	1416.96
26	Antonio Guzman	RENCESVALLES	EJIDAL	AGRICOLA	120	2,966,379.856	434,954.119	15.00	1296.00
27	Guerrero Ibarra	RENCESVALLES	EJIDAL	DOM.	86	2,963,323.010	434,878.031	10.20	881.28
28	IST	EJ. BORJAS	EJIDAL	DOM	75	2,966,459.548	438,289.013	11.60	1002.24
29	Ejido El Verano	EJ. BORJAS	PEQ. PROP.	DOM	80	2,966,296.196	421,620.279	4.50	388.80
30	Gumaro Contreras	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,468.240	421,620.279	3.4	293.76
31	Gerardo Muñiz	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,966,165.133	429,270.952	7.4	639.36
32	Ramon Sanchez	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM.	42	2,967,937.144	421,665.389	1.8	155.52
33	Antonio Galindo	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	DOM	35	2,966,159.548	427,707.159	8.5	734.4
34	Santos Navarrete G.	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,586.610	438,313.542	11	950.4
35	Carlos Alcala	EL AGUAJE	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,574.859	438,354.699	12	1036.8

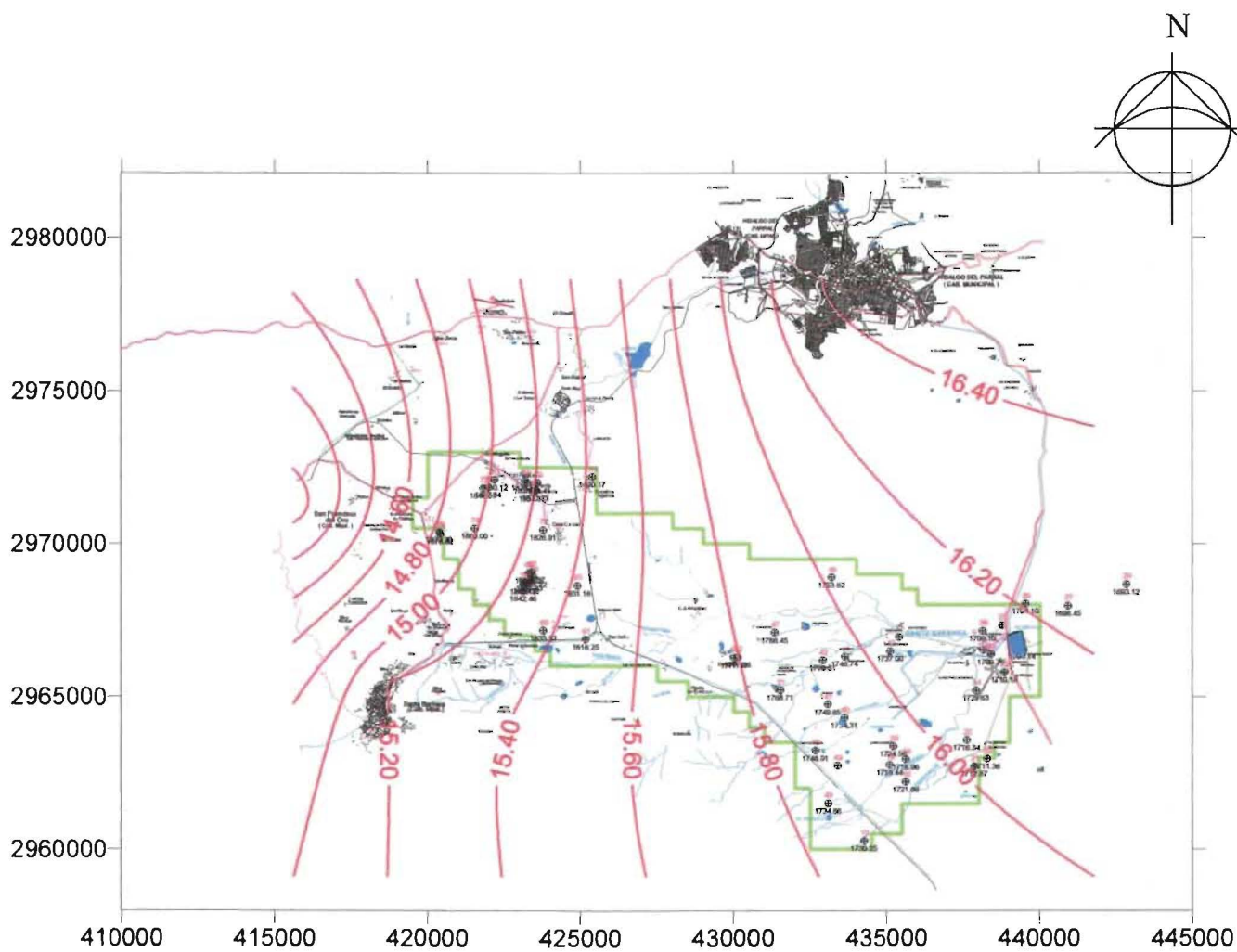
POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
36	Antonio R. Rodrigues	CHICANAYA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,966,538.984	438,320.909	13.4	1157.76
37	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,574.377	438,232.494	18.5	1598.4
38	Ejido El Verano	EL VERANO	EJIDAL	USO MULT.	150	2,966,296.196	432,220.309	24.15	2086.56
38A	Antonia Tejada	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	60	2,966,513.849	438,284.830	8	691.2
38B	Adan Gutierrez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	90	2,966,468.240	438,289.013	4.8	414.72
39	Oscar Aguirre	EL VERANO	EJIDAL	DOM. PEC	45	2,966,412.973	421,531.861	2	172.8
40	Alfonzo Gallegos	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	100	2,967,085.696	437,808.526	19	1641.6
41	Antonio Alcala	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	100	2,967,078.697	437,882.640	16.7	1442.88
42	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,960,303.249	433,803.790	37	3196.8
43	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,965,672.220	436,596.128	30	2592
44	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,154.149	436,072.172	34	2937.6
45	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,965,902.291	435,403.573	42	3628.8
46	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,966,529.042	436,035.407	36	3110.4
47	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	250	2,964,722.894	435,566.297	35	3024
48	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,266.365	435,121.073	26	2246.4
49	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,963,518.654	435,783.465	34	2937.6
50	JMAS Parral	EL VERANO	MPAL	PUB. URB.	300	2,964,285.090	436,481.715	32	2764.8
51	Enrique Chavez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	200	2,963,992.118	432,654.298	18	1555.2
52	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	120	2,966,315.222	438,105.286	14	1209.6
53	Carlos Alcala y Socios	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM	74	2,961,926.828	435,332.192	8	691.2
54	Fernando Barajas	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	56	2,967,078.697	435,783.465	16	1382.4
55	Agustin Rascon	EL VERANO	PEQ. PROP.	PEC	62	2,966,995.338	438,530.508	3	259.2
56	Ernesto Acosta	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	100	2,966,586.610	438,320.909	12	1036.8
57	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	110	2,961,724.958	437,860.902	15	1296
58	Julian Rivera	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	92	2,967,937.144	433,803.790	14	1209.6
59	Juan Fco. Ramirez	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	110	2,963,303.766	438,230.630	2.8	241.92
60	Fco. Comaduran	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM. AGRI	38	2,963,992.118	435,403.573	3.5	302.4
61	Ausencio Cabaña	EL VERANO	PEQ. PROP.	DOM.	70	2,967,462.026	439,121.797	5.2	449.28
62	Pedro Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	110	2,963,518.654	424,476.466	27	2332.8
63	Omar Acosta	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,965,154.149	438,289.013	12	1036.8
64	Alfoso Mora	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	160	2,966,468.240	421,531.861	39	3369.6
65	Gabriel Moreno	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,971,720.529	443,497.736	7.6	656.64
66	Ricardo Herrera	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	DOM	54	2,967,078.697	424,063.817	5	432
67	Julio Gutierrez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	74	2,964,266.365	424,476.466	4	345.6
68	Alfredo Chavez	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	80	2,969,097.216	445,526.945	6	518.4
69	Alberto Carrazco	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	PEC	76	2,968,973.858	445,782.185	10.5	907.2
70	Juan Solis	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	OTRO	44	2,964,285.090	435,332.192	2.8	241.92

POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
71	Epifanio Aguirre	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,967,607.776	424,476.466	30	2592
72	Oscar Moreno	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	80	2,961,724.958	435,121.073	6	518.4
73	Gabriel Moreno	LA REFORMA	PEQ. PROP.	DOM	110	2,971,753.966	443,448.292	10.5	907.2
74	Lorenzo Nevares	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	PEC	65	2,964,266.365	421,531.861	30	2592
75	Oscar Ramirez	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	62	2,965,492.841	439,097.437	8.6	743.04
76	Onesimo Holguin	SAN RAFAEL	PEQ. PROP.	DOM	54	2,966,187.129	439,072.214	5.2	449.28
77	Pool Henrick	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	48	2,966,237.903	439,121.797	2.4	207.36
78	Heriberto Monarrez	LA REPUBLICA	PEQ. PROP.	DOM	18	2,965,154.149	438,289.013	1.5	129.6
79	Jose Dominguez	ALTAMIRA	PEQ. PROP.	DOM. PEC	90	2,966,187.129	439,121.797	13.8	1192.32
80	Gerrero Vazques	EL PINO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	103	2,961,724.958	424,476.466	20	1728
81	Anacleto Moreno A.	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	84	2,967,462.026	424,063.817	21	1814.4
82	Froylan Santiesteban	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	DOM. PEC	112	2,961,724.958	435,121.073	15.4	1330.56
83	Victor Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	128	2,969,116.993	445,526.945	22.3	1926.72
84	Jose Aranda	EL REFUGIO	EJIDAL	AGRICOLA	130	2,962,157.324	421,531.861	10.5	907.2
85	Everardo Ramirez	EL REFUGIO	EJIDAL	PEC	62	2,964,266.365	439,097.437	8.6	743.04
86	Antonio Gardea G.	LA GLORIA	EJIDAL	PEC	84	2,967,624.753	424,386.109	14	1209.6
87	Pedro gardea Flores	RANCHO EL CURA	EJIDAL	OTRO	44	2,967,607.776	424,476.466	2.5	216
88	Gustavo Caraveo	RANCHO EL CURA	EJIDAL	DOM	82	2,967,462.026	424,476.466	9	777.6
89	Ernesto Garcia	EL PINO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	142	2,962,157.324	432,509.879	14	1209.6
90	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	125	2,966,709.445	438,025.790	15.4	1330.56
91	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	120	2,966,592.038	436,929.831	10	864
92	Escuela Casa Colorada	LOS SOLIS	PUB.	AGRICOLA	48	2,970,532.321	424,254.240	5.2	449.28
93	Erasmo Varela	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	69	2,969,116.993	424,640.854	5.8	501.12
94	Fam. De la Rosa	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	94	2,970,372.848	439,097.437	14.5	1252.8
95	Filemon Castillo	LOS SOLIS	PEQ. PROP.	AGRICOLA	87	2,970,527.776	424,208.792	14	1209.6
96	Osvaldo Candia	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	DOM. PEC	68	2,970,582.568	423,536.875	8.7	751.68
97	Albino Franco	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	164	2,970,248.622	423,212.744	18	1555.2
98	Miguel Chavez F.	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,969,033.630	421,541.109	22.6	1952.64
99	Jmas El Verano	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,187.129	439,097.437	26.8	2315.52
100	Jose Guevara	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,152.627	421,151.106	39.4	3404.16
101	Julian Chavira	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,970,372.848	421,250.558	25	2160
102	Primitivo Suarez	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	180	2,970,336.072	421,294.362	38	3283.2
103	Simon Perez	RANCHO LA TAPIA	EJIDAL	DOM	112	2,970,770.974	423,914.586	16.4	1416.96
104	Eliseo de la Rosa	ALTAMIRA	EJIDAL	DOM. PEC	105	2,971,256.547	424,141.727	14.5	1252.8
105	Manuel Ramirez	LA REPUBLICA	EJIDAL	DOM. PEC	110	2,972,029.233	425,249.184	11.5	993.6
106	Antonio Parada	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	92	2,970,784.260	419,956.148	15	1296
107	Daniel Hernandez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	140	2,971,164.081	420,741.342	16	1382.4



POZO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	REGIMEN	USO	PROF. TOTAL	U.T.M.N	U.T.M.E.	CAUDAL	
								LPS	M3/DIA
108	Guillermo Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,354.646	434,269.672	30.2	2609.28
109	Francisco Ramirez	LAS MERCEDES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,967,418.886	435,446.865	25	2160
110	Francisco Ramirez	LA VENCEDORA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	150	2,968,923.999	433,318.867	13	1123.2
111	Jmas El Verano	LA VENCEDORA	EJIDAL	PUB. URB.	250	2,966,592.038	436,929.831	35	3024
112	Agustin Porras	EL REFUGIO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	100	2,970,582.568	421,541.109	10	864
113	Mateo Vargas	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,966,187.129	438,232.494	25	2160
114	Iuis Carlos Campos	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,528.042	433,803.790	30	2592
115	Juan Silva	EL VERANO	EJIDAL	AGRICOLA	200	2,966,386.211	434,954.119	23.5	2030.4
116	JMAS Parral	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	350	2,967,937.144	443,497.736	37	3196.8
117	JMAS Parral	EL VERANO	EJIDAL	PUB. URB.	350	2,967,085.696	425,149.171	37	3196.8
118	Saturnino Arellanes	RONCESVALLES	PEQ. PROP.	DOM. PEC	200	2,960,303.249	438,287.542	24	2073.6
119	Antonio Villegas	EL NEGRO	PEQ. PROP.	OTRO	120	2,962,157.324	436,761.348	21	1814.4
120	Samuel Alvidres	EL NEGRO	PEQ. PROP.	PEC	150	2,971,720.529	425,220.647	30	2592
121	Fausto Pereyra	EL NEGRO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,963,468.667	436,924.831	36	3110.4
122	Oscar Gutierrez	LA REFORMA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,965,442.516	437,258.623	26	2246.4
123	Eloy Ortiz	LA REFORMA	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,246.310	438,625.124	16	1382.4
124	Juan Shaar	EL PORVENIR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	300	2,966,513.849	436,745.331	40	3456
125	Felipe Ogaz	EL MIRADOR	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,967,421.834	433,268.844	32	2764.8
126	Arturo Rios	EL AGUAJE	EJIDAL	AGRICOLA	200	2,963,441.513	438,458.746	28	2419.2
127	Guillermo Ledezma	EL AGUAJE	EJIDAL	AGRICOLA	200	2,966,446.384	443,284.242	25	2160
128	Miguel Zavala	EL VERANO	PEQ. PROP.	AGRICOLA	250	2,966,401.962	439,478.523	34	2937.6
129	Hector Lopez	RONCESVALLES	PEQ. PROP.	AGRICOLA	200	2,965,440.627	439,758.214	28	2419.2

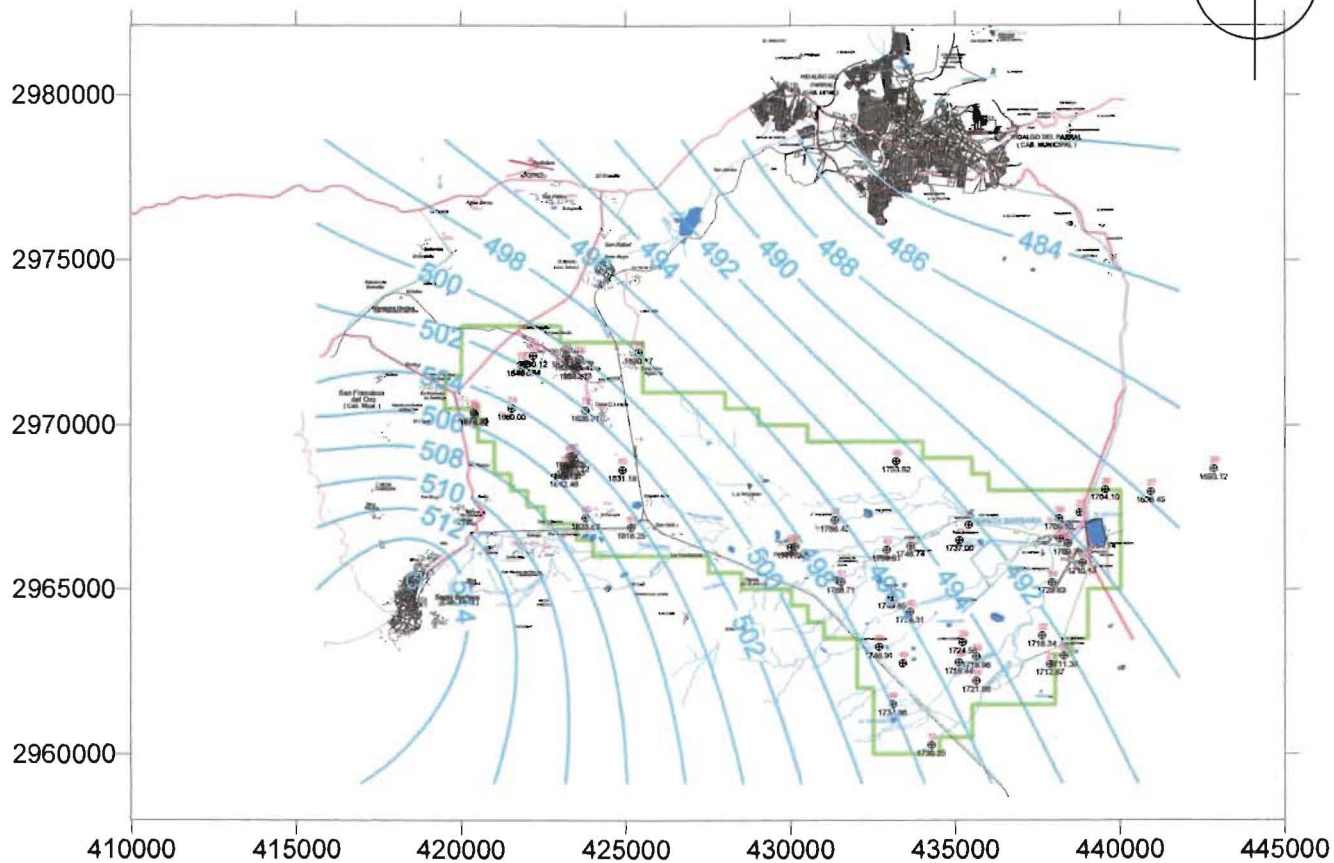
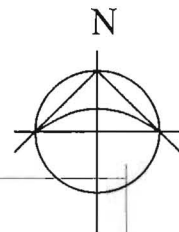
## **ANEXO II (PLANOS)**



**SIMBOLOGIA**

-  Población
-  Dominio
-  Río
-  Carretera
-  Pozo o noria
-  Isotherma

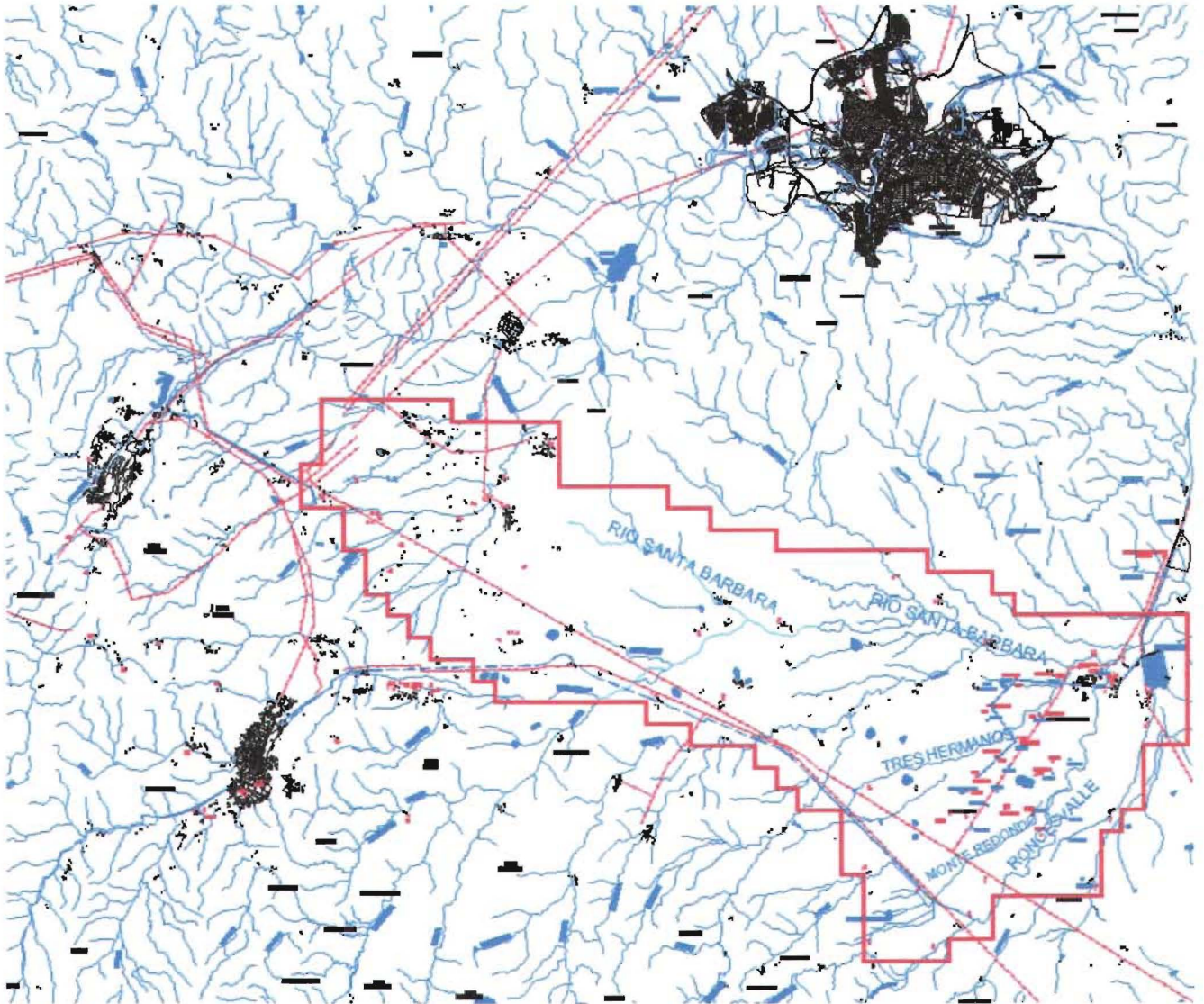
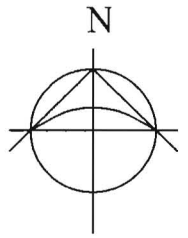
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
<b>MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO</b>			
<b>VALLE DEL VERANO</b>			
<b>ISOTERMAS</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 2.1
C.D.A.G.	MORELOS		



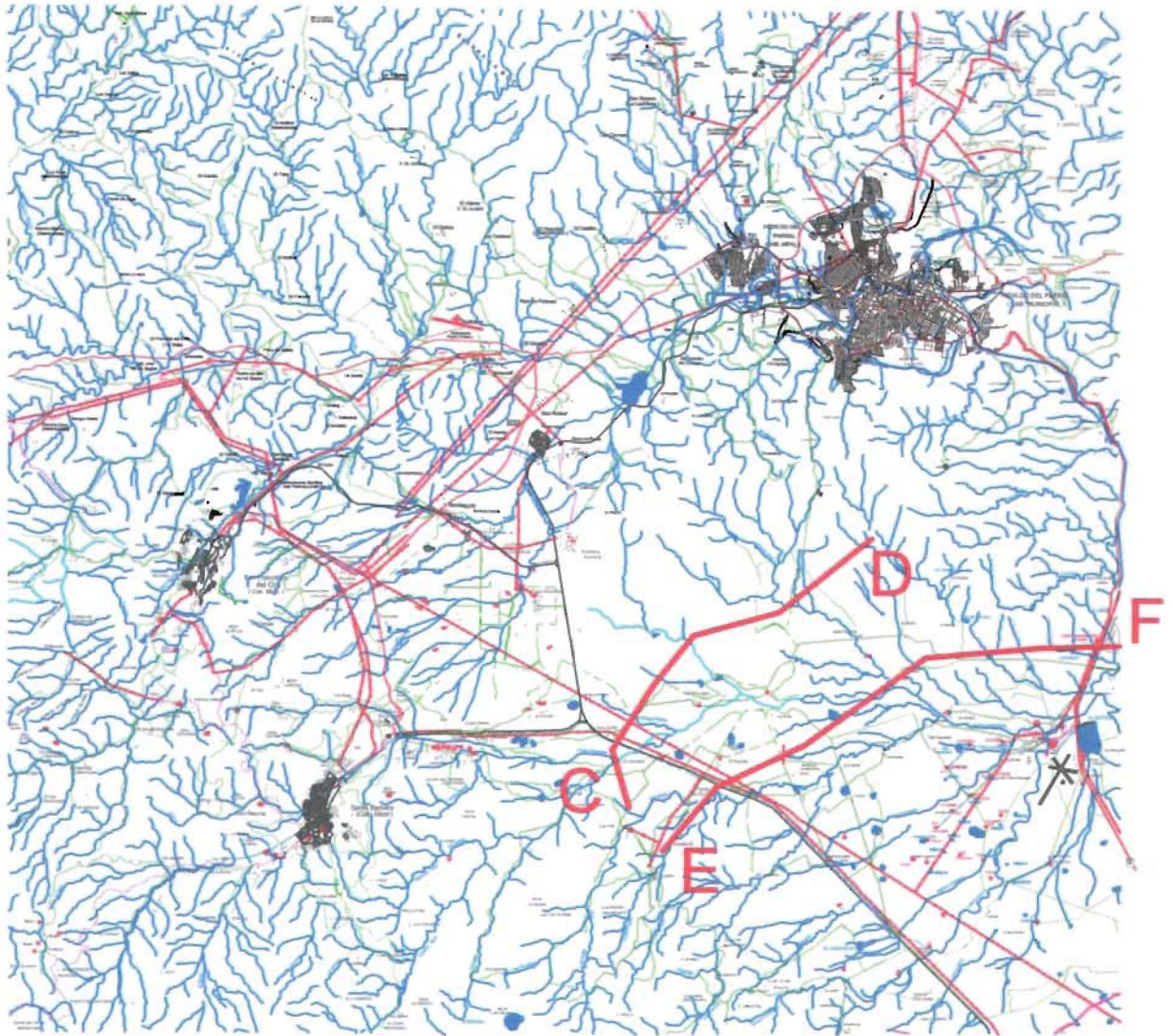
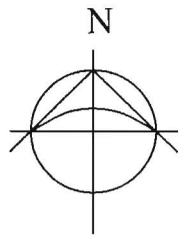
**SIMBOLOGIA**

-  Población
-  Dominio
-  Río
-  Carretera
-  Pozo o noria
-  Isoyeta

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>ISOYETAS</b>			
DIBUJO C.D.A.G.	JIUTEPEC MORELOS	ABRIL 05	PLANO 2.2



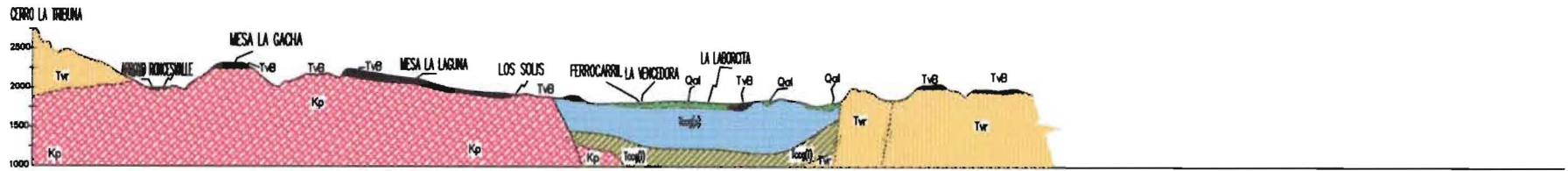
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>RED HIDROGRAFICA</b>			
DIBUJO C.D.A.G.	JIUTEPEC MORELOS	ABRIL 05	PLANO 2.3



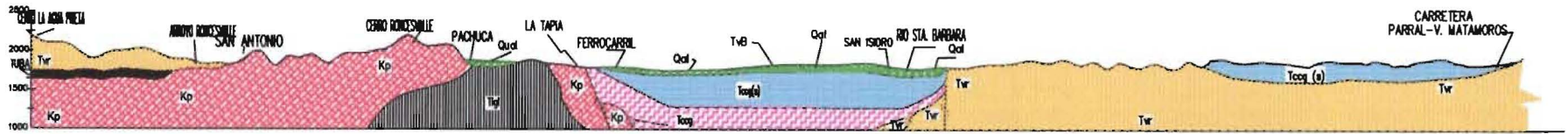
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO  
VALLE DEL VERANO

**SECCIONES GEOLOGICAS**

DIBUJO C.D.A.G.	JIUTEPEC MORELOS	ABRIL 05
--------------------	---------------------	----------



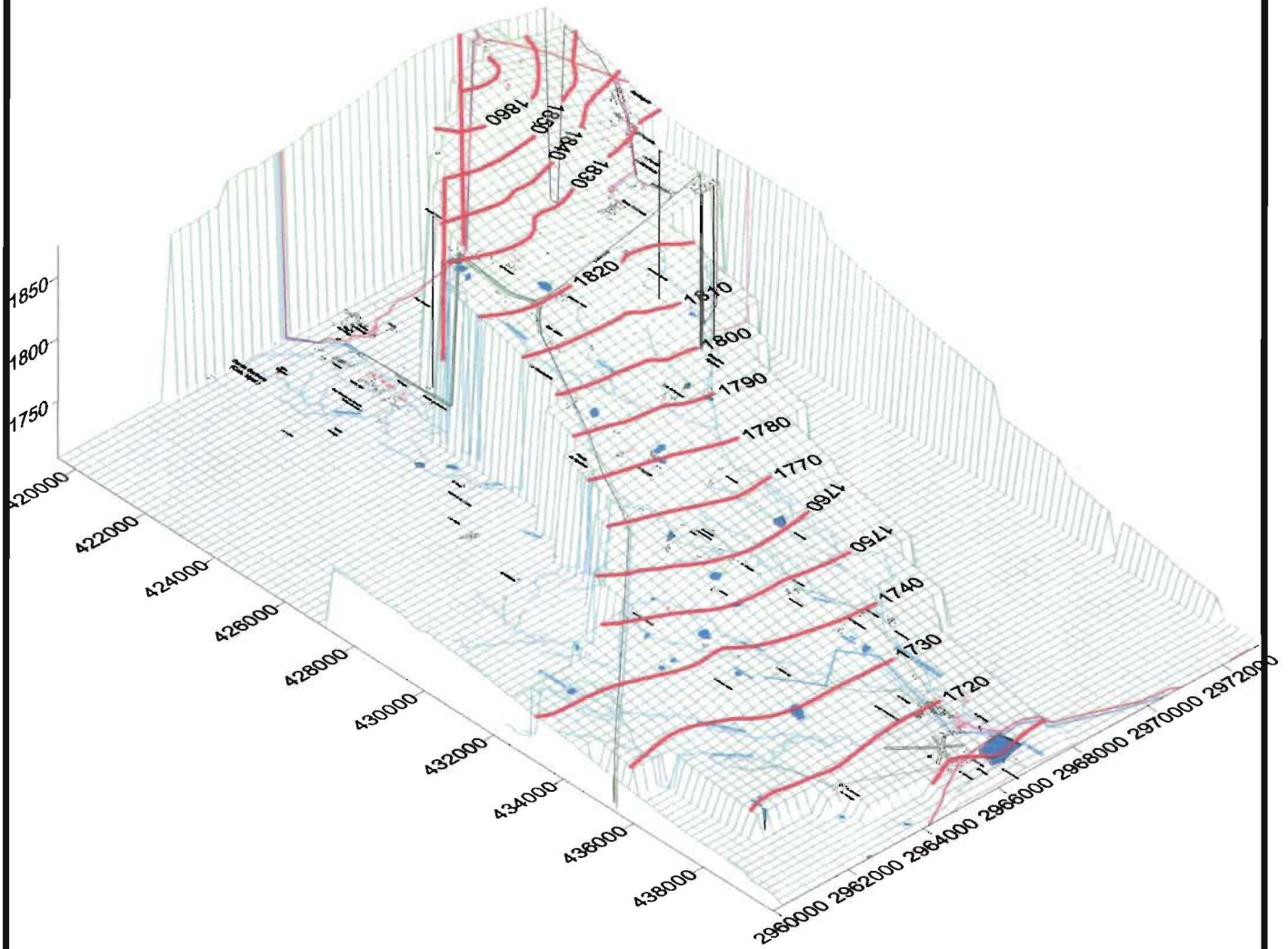
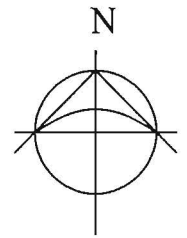
SECCION GEOLOGICA C - D



SECCION GEOLOGICA E - F

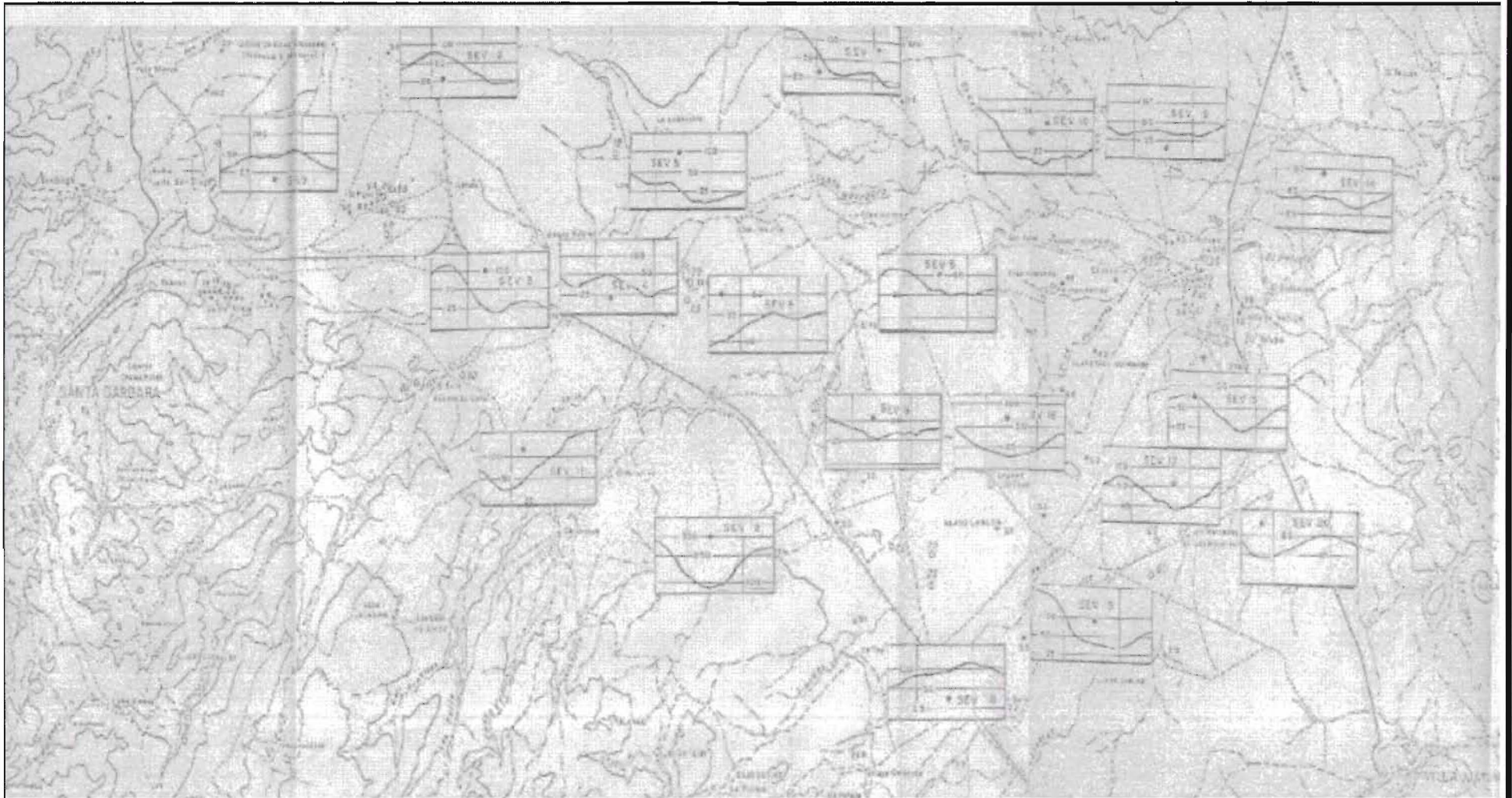
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO			
VALLE DEL VERANO			
<b>SECCIONES GEOLOGICAS</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	
C.D.A.G	MORELOS		

# CURVA DE ISOVALORES NIVEL ESTATICO 1982



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>CURVAS DE ISOVALORES 1982</b>			
DIBUJO C.D.A.G.	JIUTEPEC MORELOS	ABRIL 05	PLANO 3.1





<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.1a
C.D.A.G	MORELOS		



**LEGENDA**

**LINEAS CONVENCIONALES**

**PAR TRANSECTOS**

... ..

**RECUERDOS**

... ..

**REDES DE DRENAJE**

... ..

**REDES DE DRENAJE EN RELIEVO**

... ..

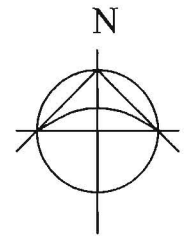
**REDES DE DRENAJE**

... ..

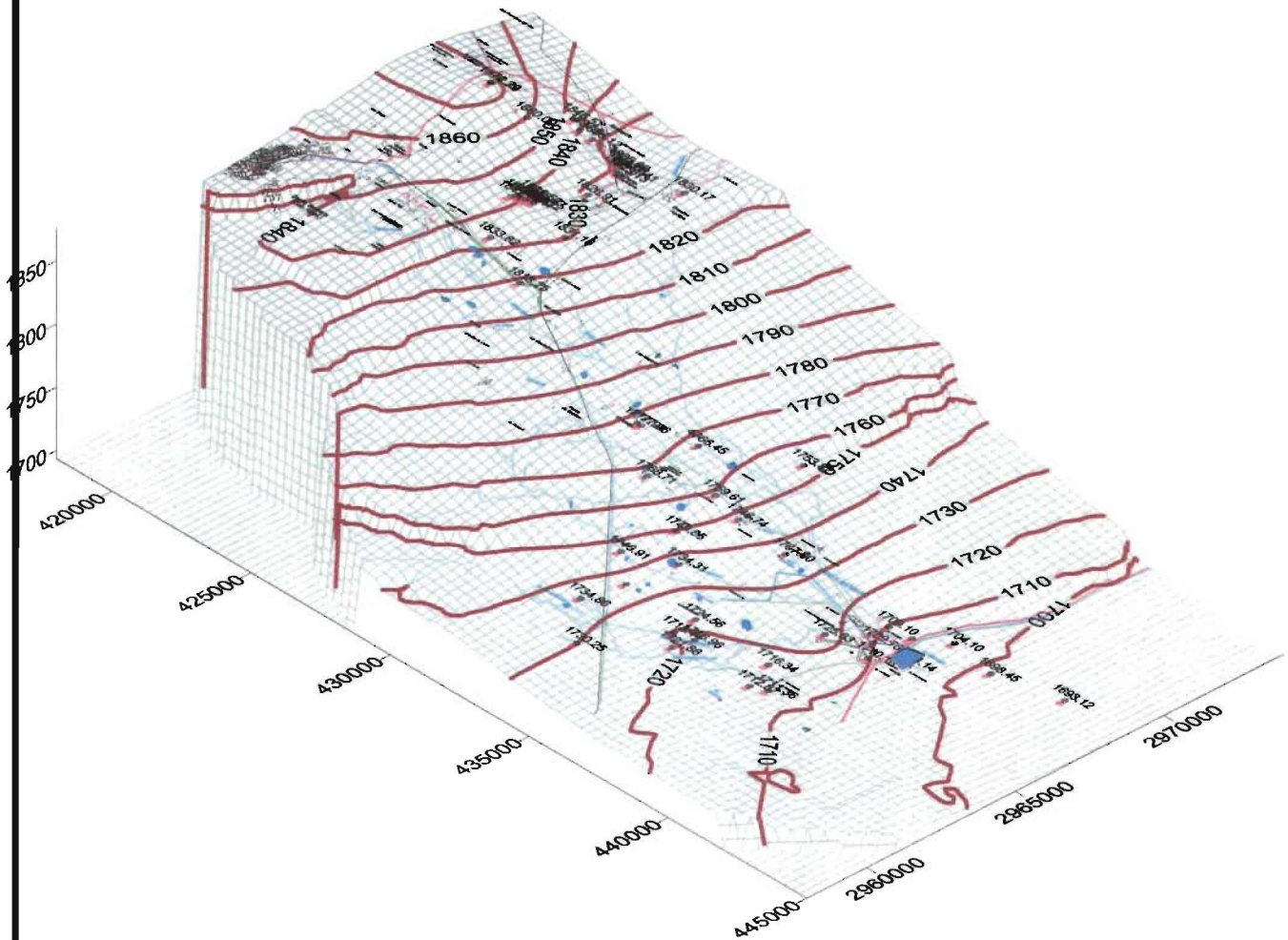
**GEOLÓGICA**

... ..

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>GEOLOGIA</b>			
DIBUJO C.D.A.G	JIUTEPEC MORELOS	ABRIL 05	PLANO 3.1b

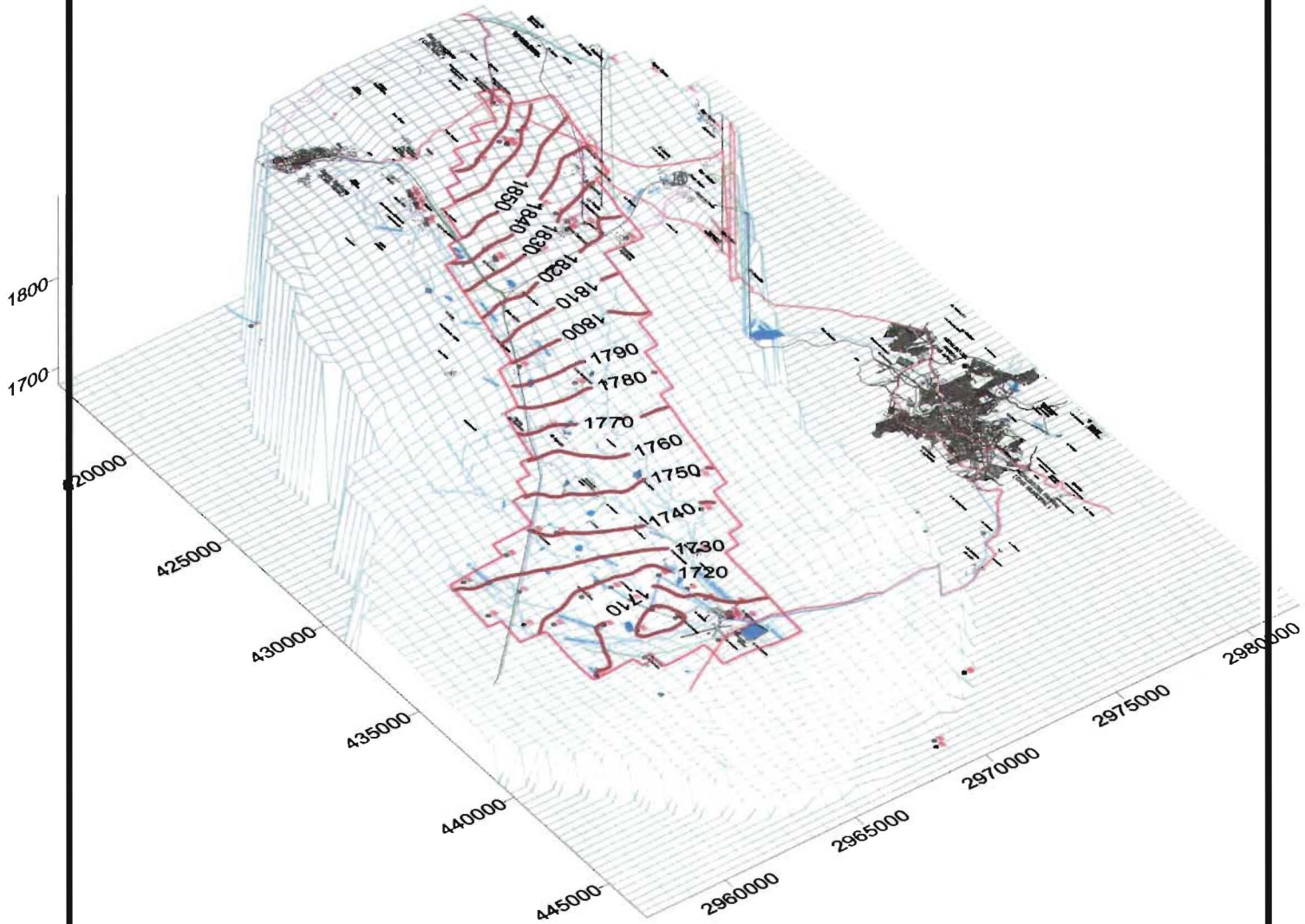
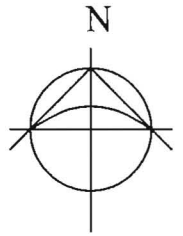


# CURVA DE ISOVALORES NIVEL ESTATICO 1988

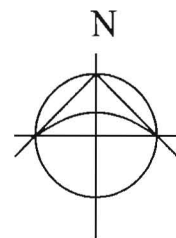


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO			
VALLE DEL VERANO			
<b>CURVAS DE ISOVALORES 1988</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.2
C.D.A.G.	MORELOS		

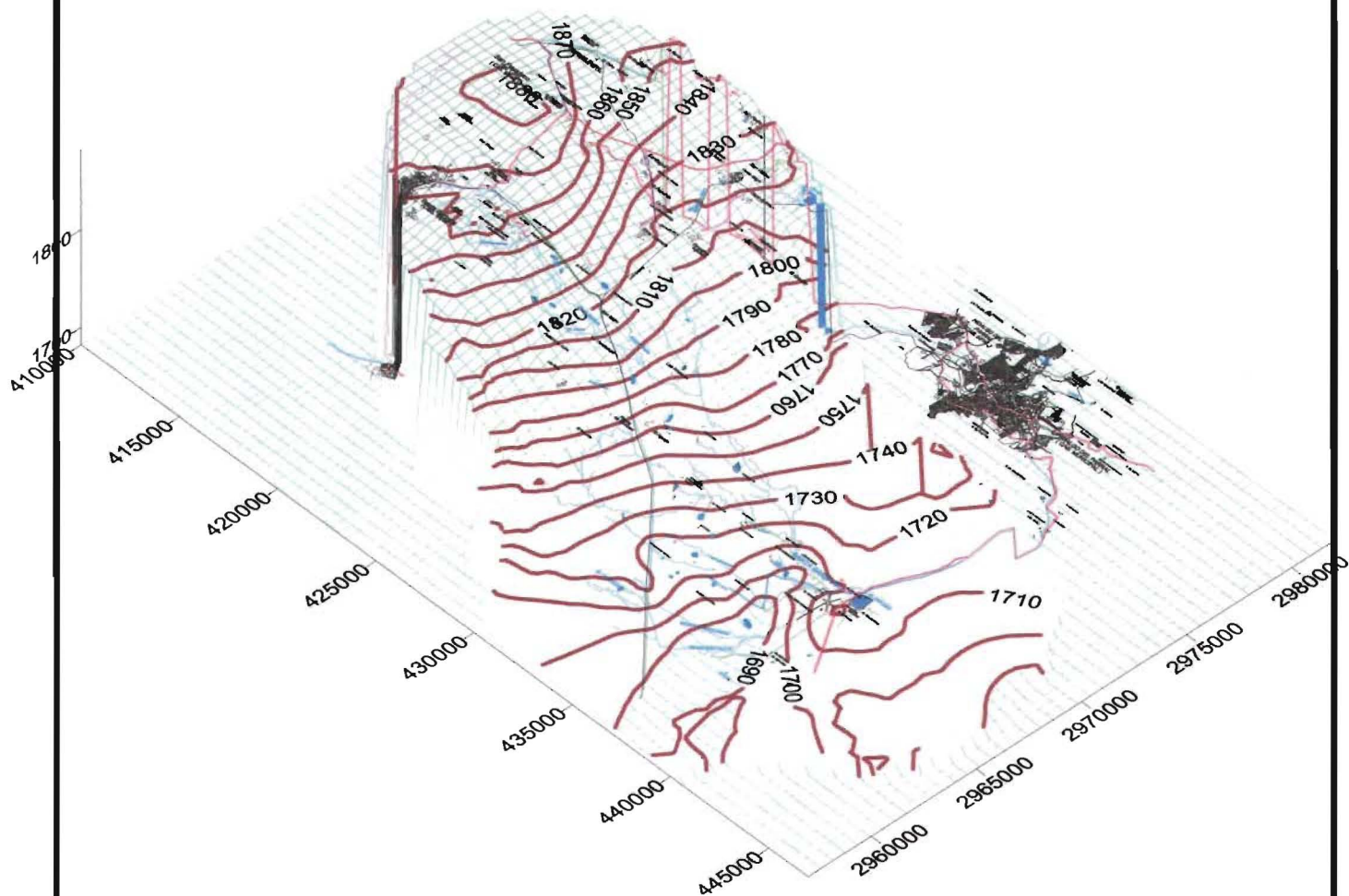
# CURVA DE ISOVALORES NIVEL ESTATICO 1994



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>CURVAS DE ISOVALORES 1994</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.3
C.D.A.G.	MORELOS		

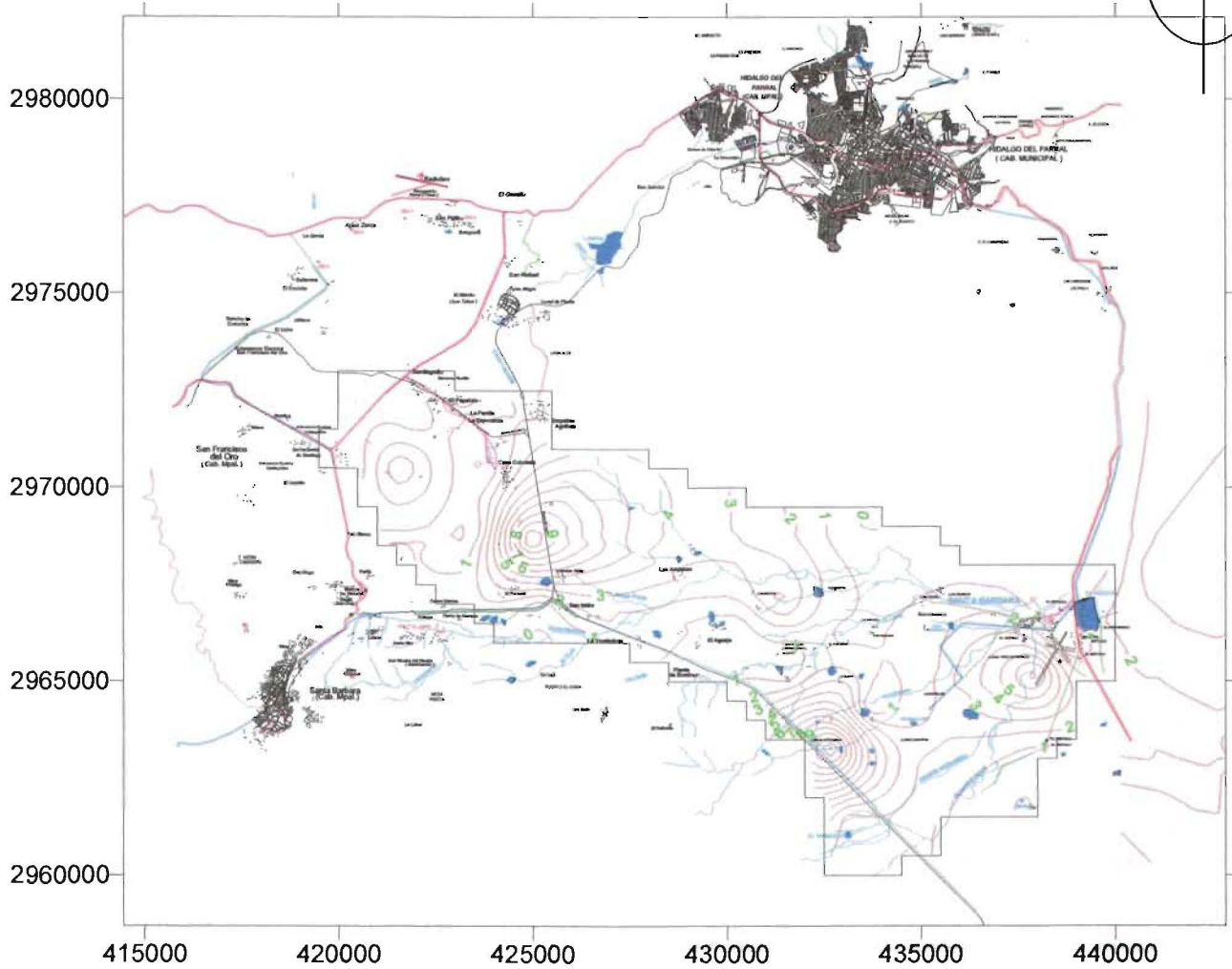
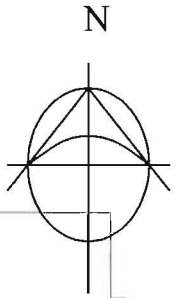



# CURVA DE ISOVALORES NIVEL ESTATICO 2000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO			
VALLE DEL VERANO			
<b>CURVAS DE ISOVALORES 2000</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.4
C.D.A.G.	MORELOS		

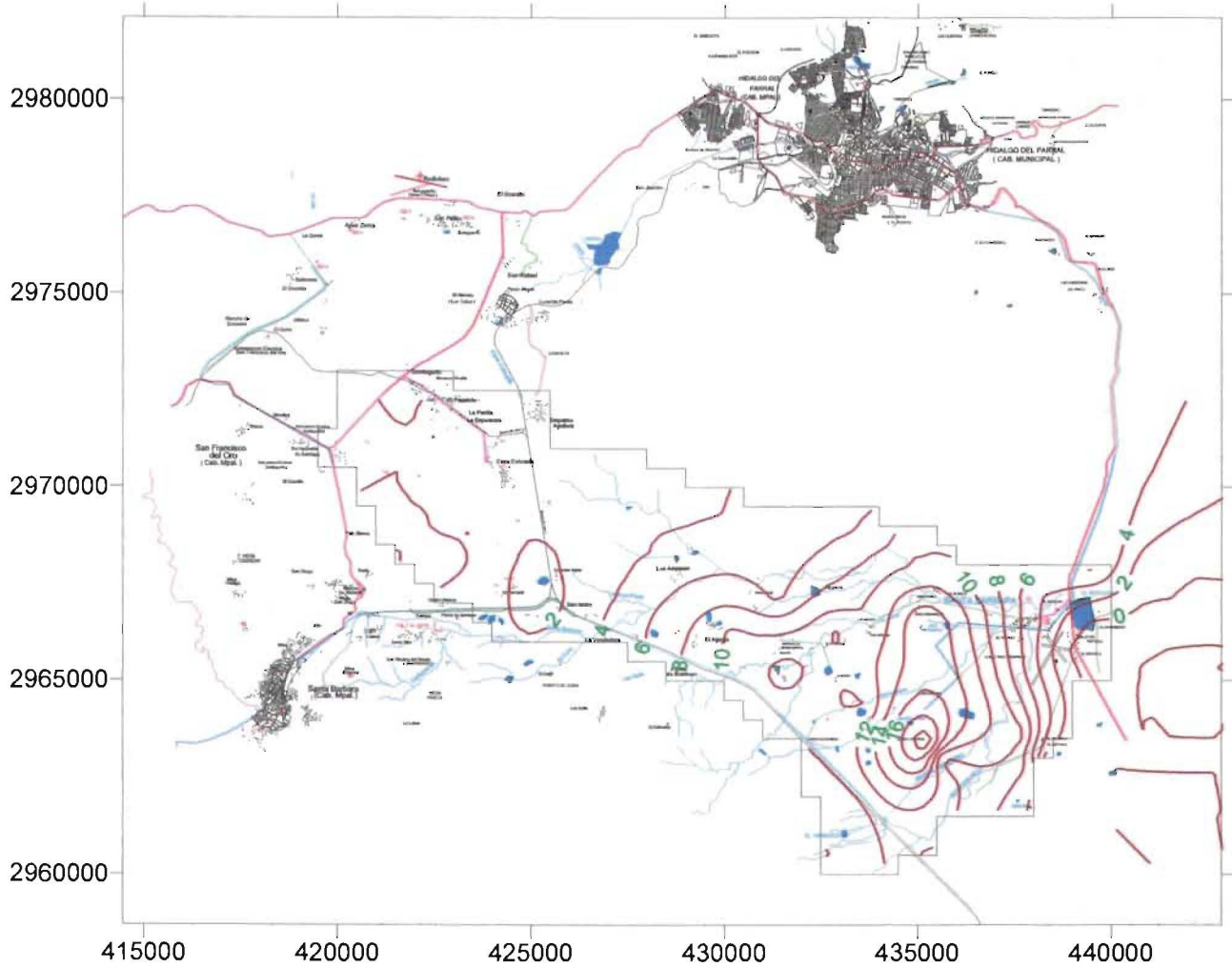
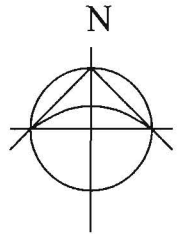
# ABATIMIENTO 1988



Curva de isovalores (abatimientos) 

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>ABATIMIENTO AÑO 1988</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.5
C.D.A.G.	MORELOS		

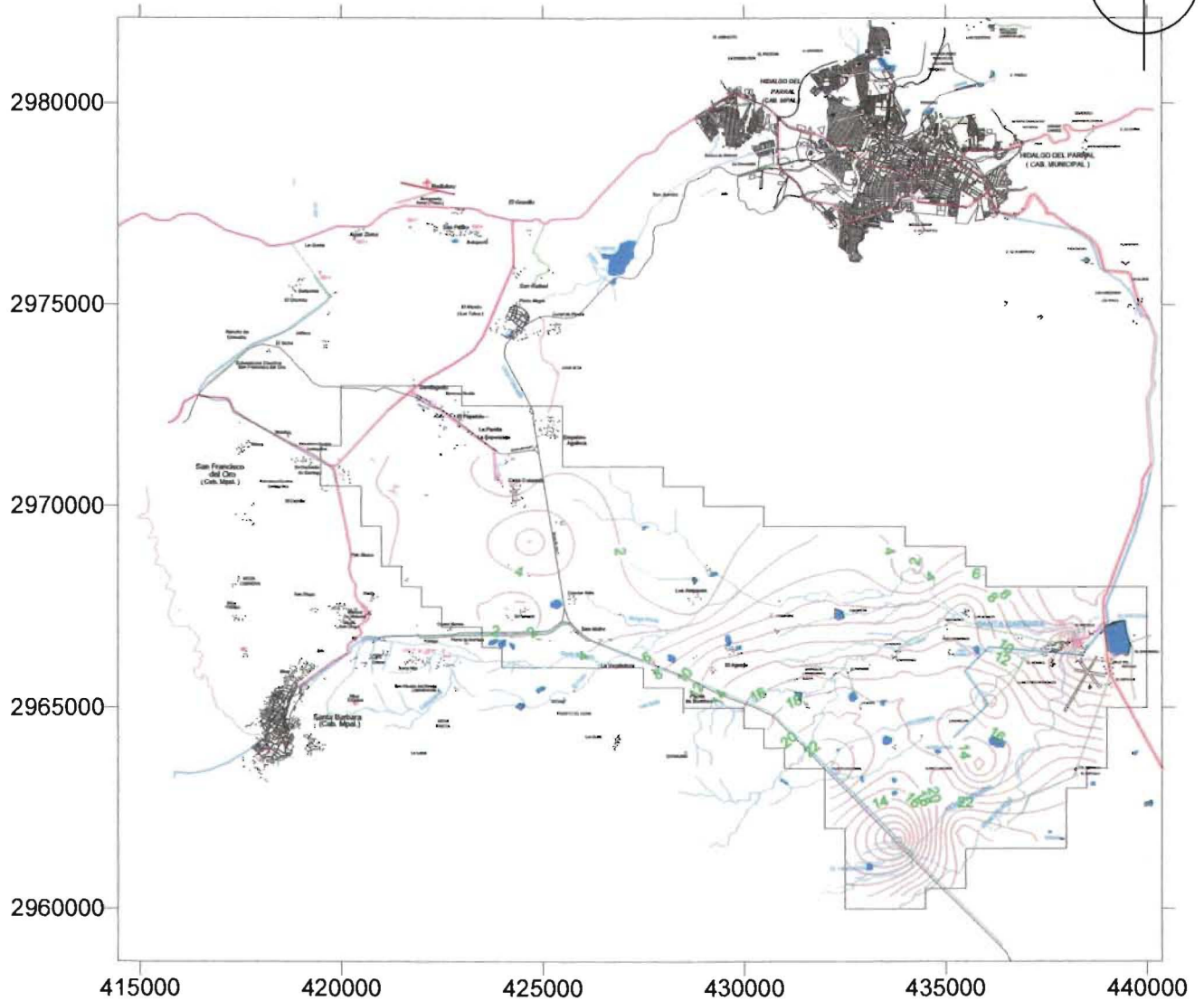
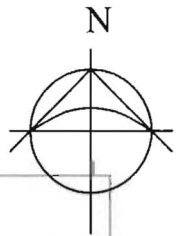
# ABATIMIENTO 1994



Curva de isovalores (abatimientos) 

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>			
<b>DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO</b>			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>ABATIMIENTO AÑO 1994</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.6
C.D.A.G.	MORELOS		

# ABATIMIENTO 2000

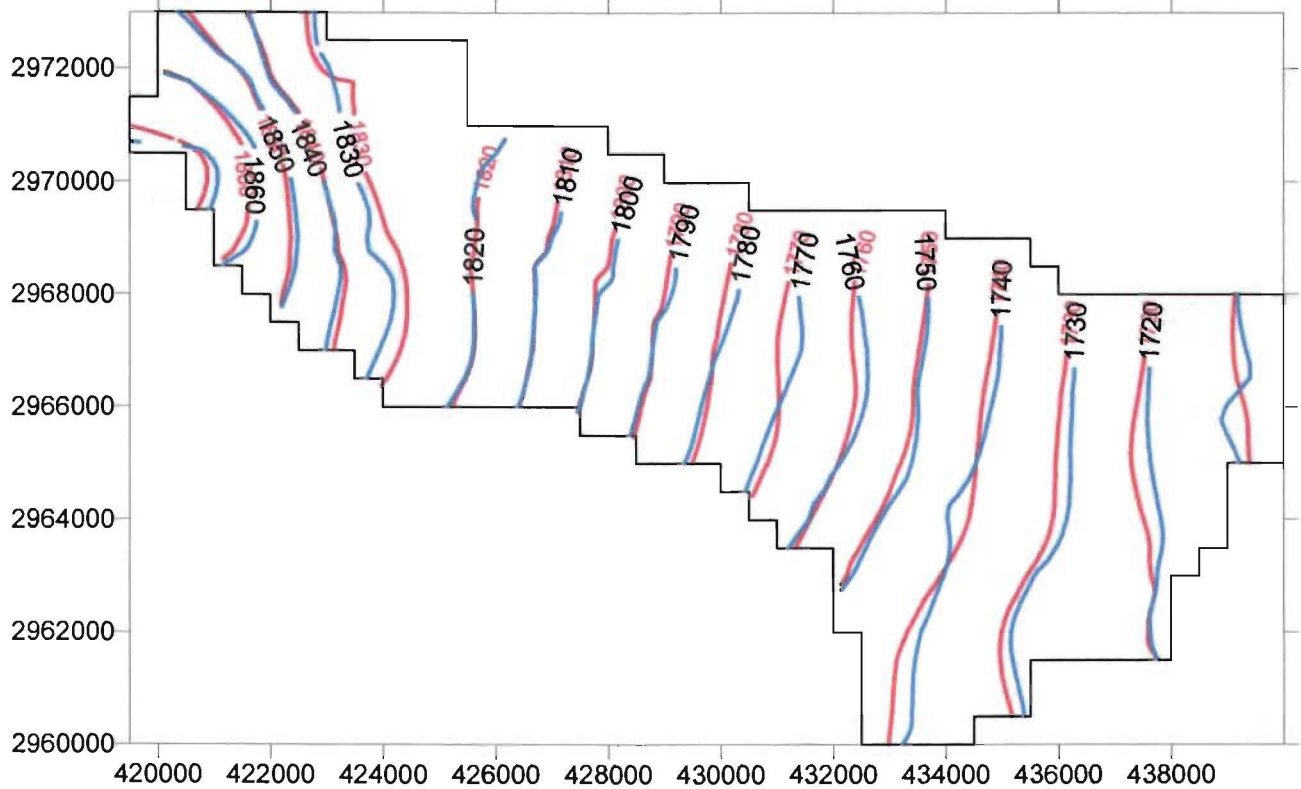
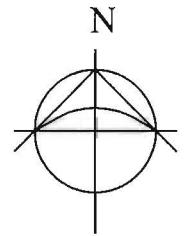


Curva de isovalores (abatimientos)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO			
VALLE DEL VERANO			
<b>ABATIMIENTO AÑO 2000</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.7
C.D.A.G.	MORELOS		



# EVOLUCION PIEZOMETRIA 1982 - 1988



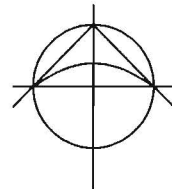
Piezometria medida 1982



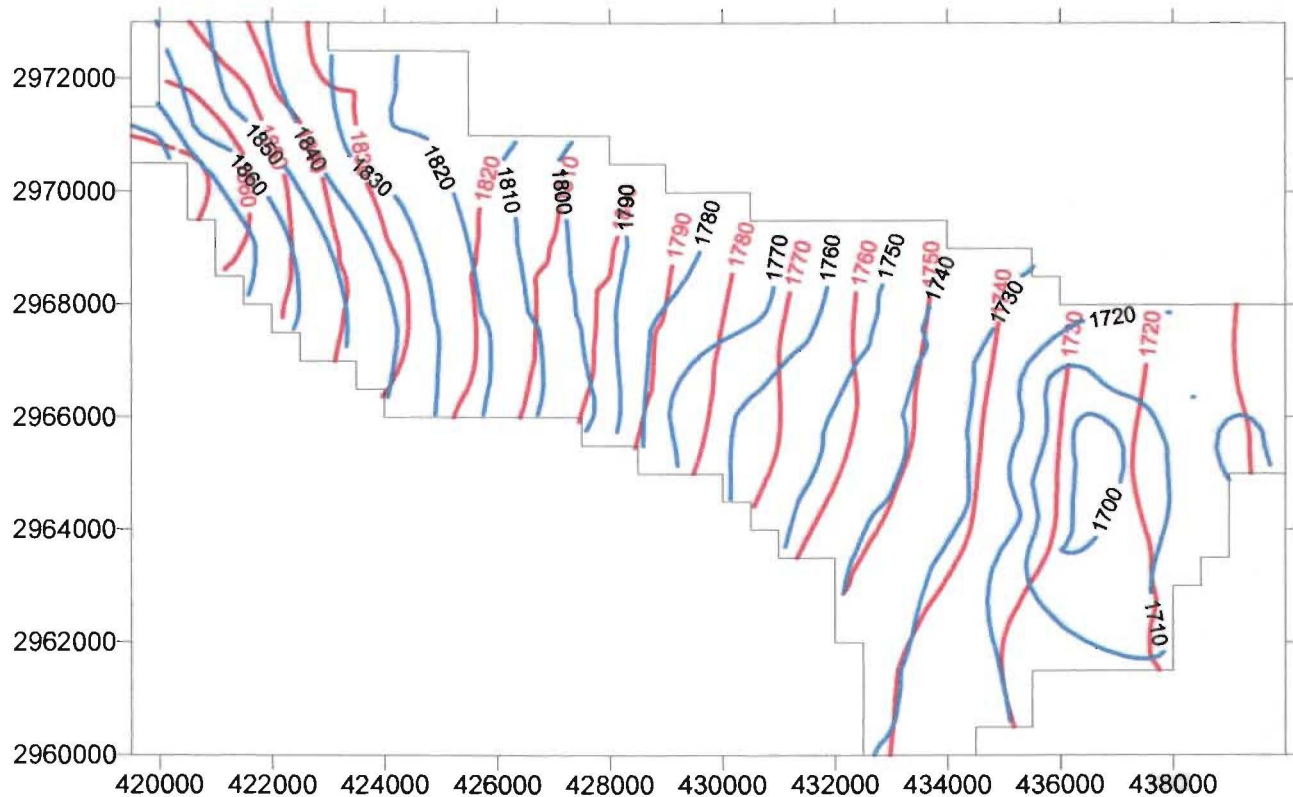
Piezometria medida 1988





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO			
VALLE DEL VERANO			
<b>EVOLUCION PIEZOMETRIA 82-88</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.8
C.D.A.G.	MORELOS		



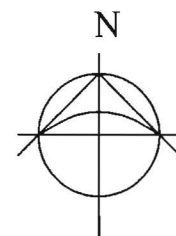
# EVOLUCION PIEZOMETRIA 1988 - 1994



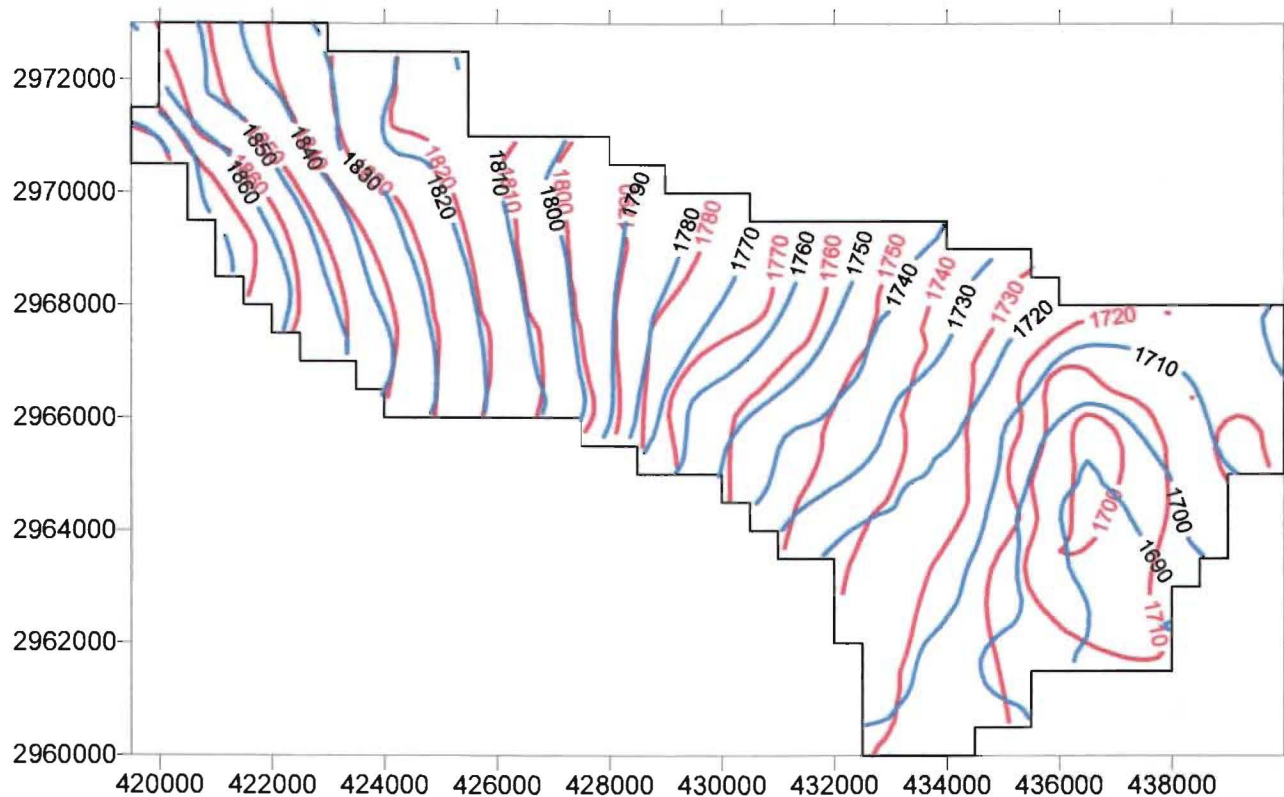
Piezometria medida 1988 

Piezometria medida 1994 

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO			
VALLE DEL VERANO			
<b>EVOLUCION PIEZOMETRIA 88-94</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 3.9
C.D.A.G.	MORELOS		



## EVOLUCION PIEZOMETRIA 1994-2000



Piezometria 1994



Piezometria 2000



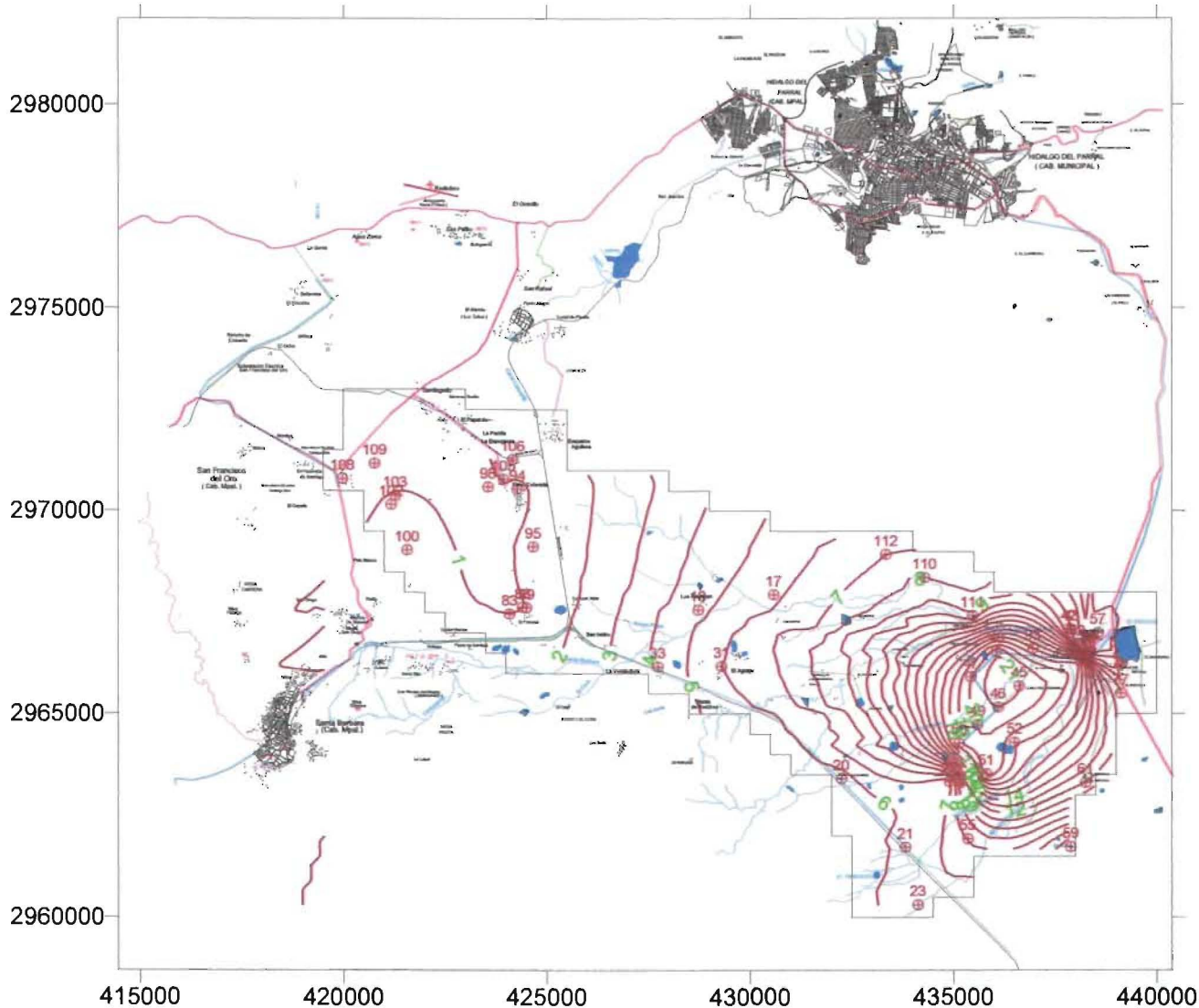
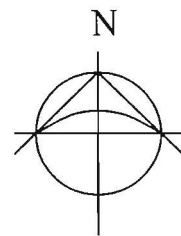
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO  
VALLE DEL VERANO

**EVOLUCION PIEZOMETRIA 94-2000**

DIBUJO C.D.A.G.	JIUTEPEC MORELOS	ABRIL 05	PLANO 3.10
--------------------	---------------------	----------	------------

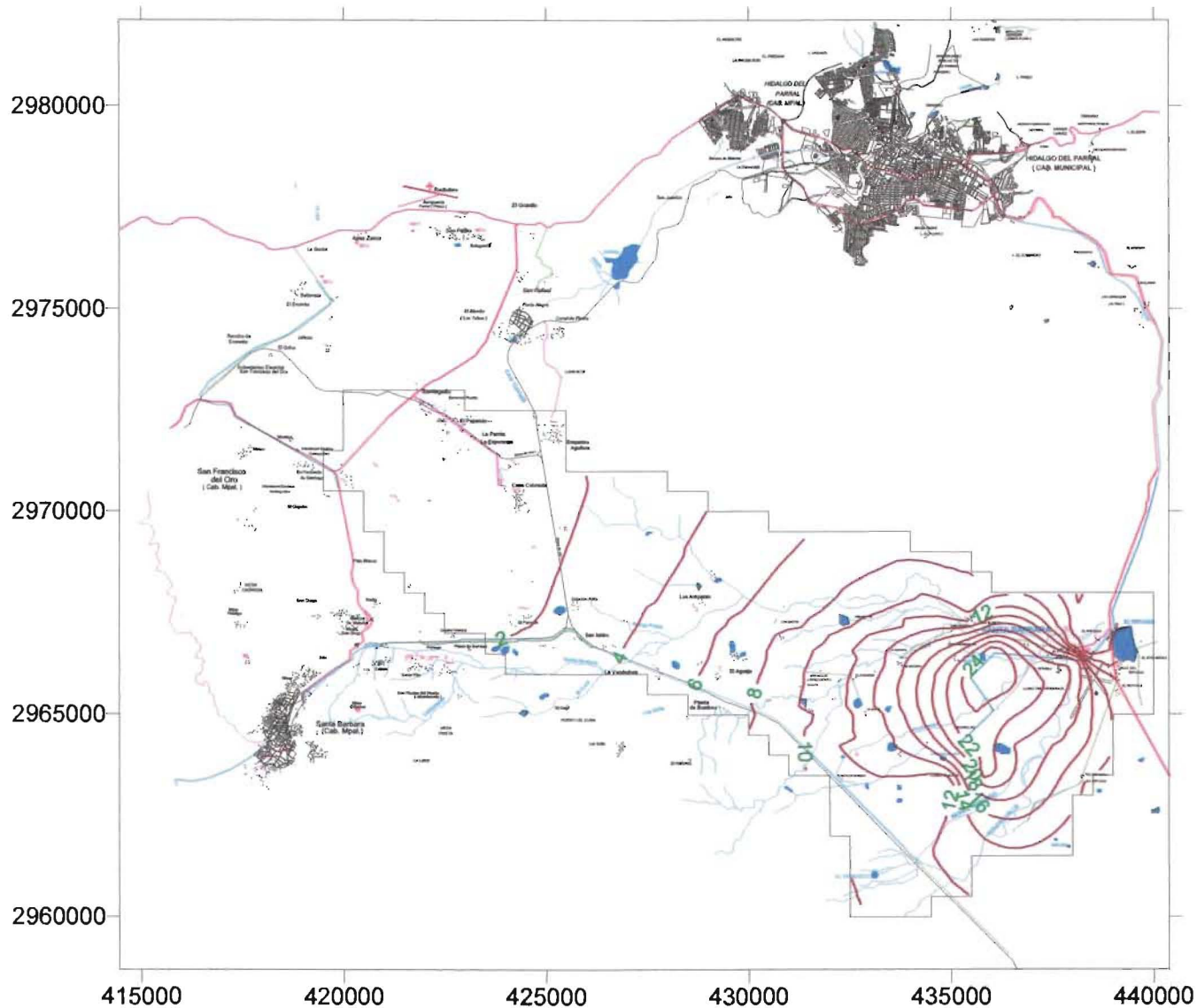
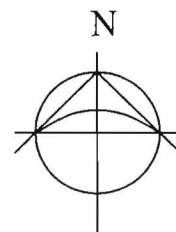
# ABATIMIENTO 2020 DEJANDO LAS TASAS DE BOMBEO IGUAL QUE EN EL AÑO 2000



Curva de isovalores (abatimientos) 

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>ABATIMIENTO 1ER ESCENARIO</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 4.1
C.D.A.G.	MORELOS		

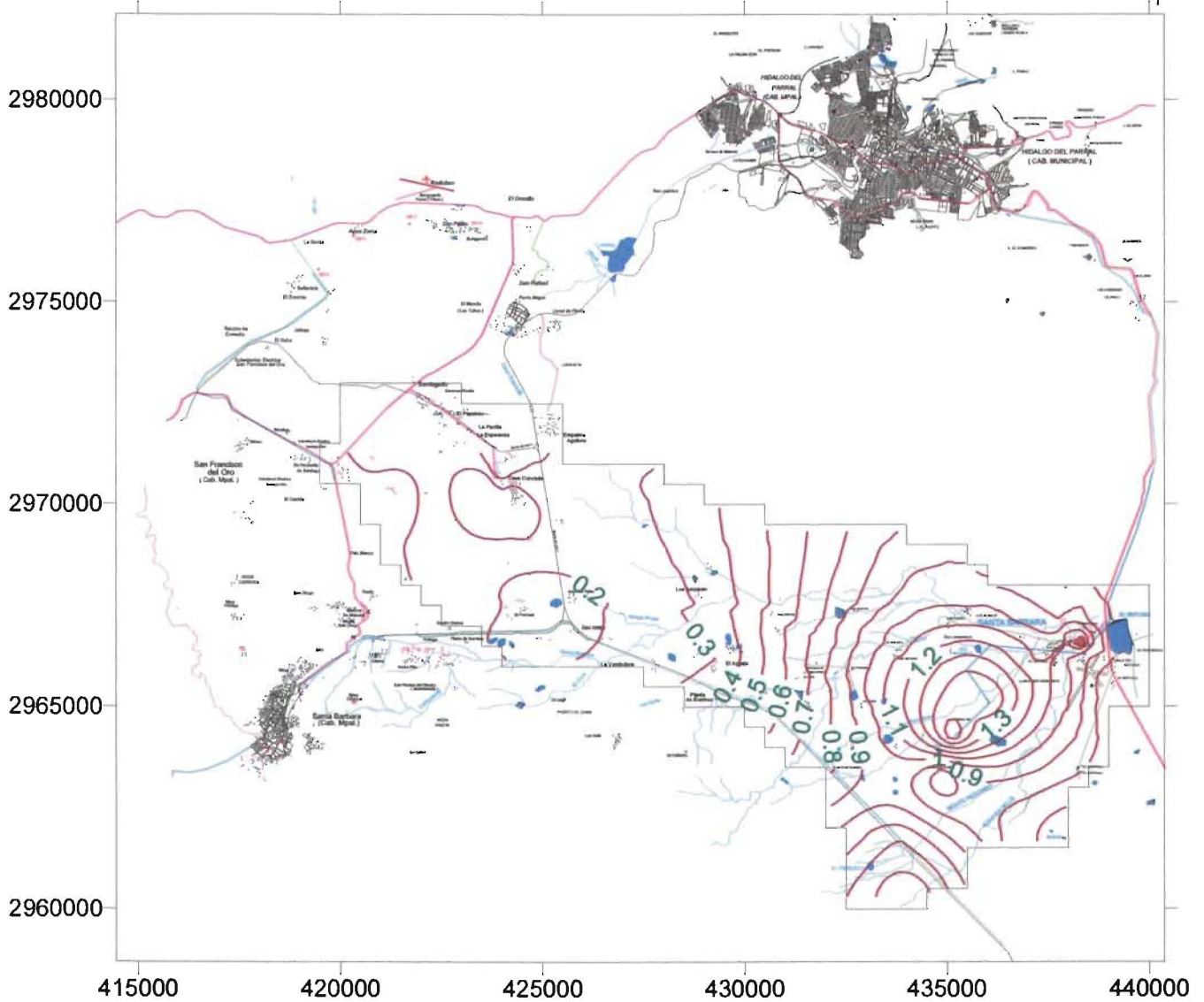
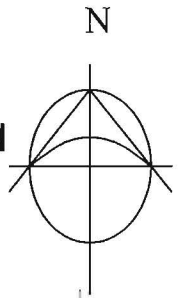
# ABATIMIENTO 2020 AUMENTANDO 2.6 % LAS TASAS DE BOMBEO



Curva de isovalores (abatimientos)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO			
VALLE DEL VERANO			
<b>ABATIMIENTOS 2DO ESCENARIO</b>			
DIBUJO	JIUTEPEC	ABRIL 05	PLANO 4.2
C.D.A.G.	MORELOS		

# ABATIMIENTO 2020 MANTENIENDO EN EQUILIBRIO EL VOLUMEN TOTAL DE EXTRACCION CON EL VOLUMEN DE RECARGA



Curva de isovalores (abatimientos)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO			
MODELACION HIDRODINAMICA DEL ACUIFERO VALLE DEL VERANO			
<b>ABATIMIENTOS 3ER ESCENARIO</b>			
DIBUJO C.D.A.G.	JIUTEPEC MORELOS	ABRIL 05	PLANO 4.3